

# SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE MILHO E DE SORGO NA PROPRIEDADE RURAL

Moacir Cardoso Elias<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico, a urbanização crescente observada na sociedade brasileira, com cada vez menos pessoas no campo produzindo para alimentar cada vez mais pessoas nas cidades, as alterações nos hábitos de consumo da população, a substituição de modelos de produção típicos de subsistência, com comercialização de excedentes, por escalas mais empresariais, dentre outros fatores, ao lado do avanço do conhecimento científico, têm forçado profissionais e produtores à busca do desenvolvimento de tecnologias voltadas para melhorar a conservação dos produtos agropecuários, ampliando conceitos de conservabilidade, com a incorporação cada vez maior de parâmetros qualitativos à idéia quantitativa de perdas que sempre acompanhou a atividade agrícola.

Os modernos e, cada vez mais dinâmicos, sistemas mercadológicos, com os seus novos conceitos de globalização, exigem que os processos produtivos se tornem competitivos quanto à qualidade do produto e ao preço final de mercado. Este preço de mercado precisa cobrir todos os custos de produção e garantir remuneração e margem de lucro a todos os participantes da cadeia produtiva, desde a exploração de jazidas donde saem matérias-primas utilizadas na produção de alguns insumos, até a comercialização dos produtos finais industrializados em nível de consumidor.

No passado, na grande maioria dos sistemas produtivos, acrescentavam-se as margens de lucro desejadas aos custos de produção e tinha-se o preço final do produto. Hoje, a margem de lucro é a variável dependente, e o preço final dos produtos é estipulado pelo mercado, em função das relações entre oferta e demanda. Logo, o principal aspecto a ser trabalhado, quando se quer aumentar as margens de lucro de um sistema produtivo qualquer, é o custo de produção. Isto é, se precisa produzir mais com menos. Isto significa que estão, a cada instante, mais estreitos e escassos os caminhos para aqueles que atuam no mercado com uma postura amadora. Ninguém mais está disposto a pagar pela

---

<sup>1</sup> Professor da Faculdade de Agronomia UFPel, Cx. Postal 354, CEP: 96001-970, Pelotas, RS.  
E-mail: eliasmc@ufpel.tche.br

incompetência dos outros. **Para se produzir bem e sobreviver num mercado competitivo se fazem necessários profissionalismo e competência.**

Milho e sorgo são grãos utilizados predominantemente na alimentação animal. No sul do País, a expansão de seus cultivos está intimamente associada com os avanços da produção de suínos e aves, principalmente. Também dependem da lucratividade dos produtores com outras culturas típicas de cultivo de sequeiro, cuja estrutura de produção é similar e pode usar quase os mesmos insumos e recursos.

Se, por um lado, são observados investimentos na área de produção, em especial os relacionados com a produtividade, por outro pouco se tem investido na conservabilidade dos grãos produzidos, o que resulta em reflexos diretos na comercialização, que enfrenta altos e baixos nos últimos tempos, embora o recente aumento de interesse verificado. Aliado a isso, as condições climáticas adversas, a época de colheita concomitante e aspectos das diferentes safras, a falta de tecnologias específicas de conservação e a estrutura de secagem deficiente, caracterizam elevados índices de perdas; agravantes para o estímulo ao aumento da produção, qualidade do produto para o consumo e valor comercial do milho e do sorgo.

Apesar dos avanços da pesquisa em tecnologia pós-colheita, a secagem ainda é, quase exclusivamente, o único método utilizado para a conservação de grãos no Brasil, assim como o é em quase todo o mundo. Esse fato, associado à deficiente armazenagem em nível de propriedade e a concentração da estrutura existente, nos níveis sub-terminal e terminal, em locais afastados das principais zonas produtoras, determina pontos de estrangulamento na cadeia agroindustrial dos grãos, causando grandes perdas à economia do país.

A utilização do armazenamento em nível de propriedade deve ser vista como uma forma de manter as produções agrícolas de grãos, evitando-se o estrangulamento da comercialização, permitindo a regularização dos fluxos de oferta e demanda, com a manutenção de estoques e a regularização do sistema de transportes, evitando-se, dessa forma, os efeitos especulativos.

Para o agricultor, a armazenagem da produção na propriedade pode representar vantagens, como a redução ou ausência dos custos de transporte ou frete, a comercialização do produto em épocas de menor oferta e maior demanda (entressafra), melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados, bem como a disponibilidade de um produto com mais qualidade e melhor adaptado às condições de consumo e/ou comercialização.

A secagem é a forma mais eficiente de conservação dos grãos e pode ser efetuada antes da colheita, ou após essa, quando se retarda a colheita com o objetivo de colher os grãos já secos. A dependência das condições climáticas, as perdas por tombamento, o ataque de roedores, caturrita e/ou outros pássaros, insetos, a contaminação por microrganismos e o maior tempo de ocupação da lavoura têm sido os principais fatores limitantes à utilização da secagem previamente à colheita. Por outro lado, a necessidade de estrutura adequada, os custos correspondentes e a exigência da adoção de tecnologias compatíveis restringem a utilização da secagem posteriormente à colheita, apesar da sua maior eficiência.

Os pequenos produtores não utilizam ou pouco utilizam a secagem artificial por falta de recursos, de conhecimentos ou de tecnologia compatível com a sua condição. Por outro lado, os produtores com melhores recursos tecnológicos têm, no curto espaço das

safras agrícolas, a necessidade de fazer grandes investimentos nas estruturas de **secagem**, armazenamento e transporte, o que resulta em grande ociosidade do capital investido, uma característica marcante da atividade.

Para alguns casos, há tecnologias que permitem retardar ou mesmo substituir a secagem de grãos para armazenamento. A manutenção da qualidade nutricional dos grãos, a liberação do solo para outros cultivos, a diminuição das perdas do produto, a não necessidade da secagem artificial e as vantagens nutricionais relativas são aspectos vantajosos na conservação de grãos com umidade de colheita, sem secagem, pois permite a utilização da estrutura armazenadora disponível na unidade de produção e a alimentação de animais na entressafra, com um produto de qualidade.

A substituição da secagem pela utilização de ácidos orgânicos de cadeia carbônica curta, como acético e propiônico, associada com a hermeticidade ou não, como método de conservação de grãos, mesmo que por períodos não muito longos, representa uma alternativa eficiente, especialmente para pequenos e médios produtores, que não dispõem de estrutura ou recursos para a instalação de complexos sistemas de secagem e de armazenamento compatíveis. Por outro lado, o retardamento da secagem, para cooperativas, indústrias e grandes produtores, possibilita racionalizar o dimensionamento e a utilização do sistema, sem aumentar as perdas ou mesmo diminuindo-as, através da redução da ociosidade das estruturas de secagem, dos transportes e seus reflexos nos fretes.

Num caso ou noutro, não basta guardar os grãos. É preciso conservá-los. E isso exige cuidados, conhecimento e, acima de tudo, muita dedicação e grande dose de profissionalismo

A boa conservação de grãos começa na lavoura. O ataque de pragas e de microrganismos, antes da colheita, pode reduzir a conservabilidade durante o armazenamento, mesmo que a limpeza e a secagem sejam bem feitas.

Na medida em que avança o processo de maturação, diminui a resistência dos grãos ao ataque das pragas e dos microrganismos. A colheita deve, portanto, ser realizada no momento próprio e de forma adequada, pois o retardamento e as danificações mecânicas podem determinar que sejam colhidos grãos com qualidade já comprometida ou com pré-disposição para grandes perdas durante o armazenamento.

## COLHEITA

A colheita de grãos pode ser realizada tanto manual quanto mecanicamente. A escolha mais adequada depende da espécie cultivada, da extensão e da topografia da área trabalhada, das condições climáticas na época da operação, da disponibilidade de mão-de-obra ou de colheitadeiras, do nível tecnológico empregado na exploração e de outros fatores. Pode haver eficiência em qualquer das situações.

Na colheita manual do sorgo, a panícula é retirada pela utilização de ferramentas adequadas para o corte, como facões ou foices. As panículas cortadas são colocadas em carretas e transportadas para um terreiro, onde permanecem expostas ao sol, para a pré-secagem. Posteriormente, faz-se a trilha, que pode ser executada através de **batedura manual** ou com trilhadeira estacionária. Caso o material tenha sido colhido com baixa umidade, a trilha pode ser efetuada logo após a colheita.

Processada a trilha, recomenda-se completar a secagem. Se não houver outro meio mais rápido e mais eficiente, deve-se expor os grãos ao sol antes do ensacamento e do armazenamento.

A colheita mecânica é realizada através de colheitadeiras automotrizes (as mesmas utilizadas para arroz, soja e trigo), equipadas com cilindro de barra, proporcionando melhor utilização da máquina. A regulagem da plataforma e outros detalhes operacionais, que constituem fatores decisivos no adequado uso das máquinas, devem ser buscados nos manuais técnicos que as acompanham, nos agentes autorizados ou com profissionais da área. Estas observações valem para milho, sorgo, tratados neste trabalho, da mesma forma que ocorre com grãos de outras espécies.

A maturação fisiológica do milho, assim como a do sorgo, ocorre em umidades ao redor de 30%, mas, nesse ponto, a colheita e as demais operações necessárias ao manejo de pós-colheita são muito prejudicadas, com o que se deve esperar um pouco mais para começar a operação. Tanto os grãos de sorgo, como os de milho, podem ser colhidos satisfatoriamente, do ponto de vista mecânico, quando sua umidade se situar entre 18 e 25%. Se o milho for destinado a sistemas de armazenamento em espigas, em paióis secadores-armazenadores, como "Chapecó", ripados, telados, de bambu, ou similares, a colheita deve ser realizada com umidade não superior a 20 ou, excepcionalmente, 22%.

Convém lembrar que a maturação das panículas do sorgo ocorre de cima para baixo, isto é, o terço superior da panícula é a primeira parte que entra em processo de maturação; logo após é o terço médio, e, por último, o terço inferior. Portanto, para se determinar o ponto de colheita, é preciso se observar a fase de maturação em que se encontra o terço inferior da panícula. Com umidade acima de 25%, aumentam as possibilidades de os grãos não se soltarem das panículas, por ocasião da trilha, e, abaixo de 18%, aumentam as perdas na plataforma.

Se, por um lado, a colheita realizada na faixa de umidade citada, minimiza as perdas, por outro lado requer uso da secagem artificial. Caso não haja disponibilidade de secador, aconselha-se aguardar a redução da umidade para valores mais próximos possíveis a 13%. Contudo, é importante realizar a colheita logo que houver condições, pois quanto mais tempo os grãos permanecerem expostos às intempéries, no campo, maiores serão as perdas, por ataque de pássaros, roedores, insetos e fungos. Inexistindo, no entanto, qualquer possibilidade de secagem pós-colheita, é recomendável que se deixe os grãos mais tempo na lavoura, para permitir que percam água naturalmente, mesmo que isso signifique expor os grãos aos riscos de perdas e danos já referidos. Os efeitos da alta umidade dos grãos no armazenamento são mais prejudiciais do que as perdas ocorridas antes da colheita, em especial os relacionados à qualidade e aos efeitos sanitários do metabolismo microbiano, conforme abordado no Item 5.

Durante a operação de colheita, sugere-se que seja avaliado o índice de perdas. Estima-se que uma quantidade entre 180 e 270 grãos por metro quadrado (conforme o tamanho do grão) corresponda a uma perda de um saco (60 Kg) por hectare.

O milho, conforme já referido, também pode ser colhido através de operação manual ou mecanizada. A colheita manual, geralmente feita em pequenas áreas, pode ser precedida de operações que acelerem a maturação no campo, como o desfolhamento, o despendoamento e/ou a dobradura do colmo, após a maturação fisiológica dos grãos. Com isto, a atividade metabólica da planta é reduzida, provoca-se lignificação dos vasos e a alteração da correlação sorção/dessorção de água. Suplementarmente, a inversão da

posição das espigas reduz os efeitos das chuvas. Não havendo secagem forçada, o milho deve sofrer secagem natural na espiga, após a colheita, numa das formas preconizadas.

A colheita mecanizada e a debulha simultânea ou imediata permitem que o milho seja colhido com umidade mais elevada do que a adequada para a sua conservação.

Para grãos consumidos após a sua desintegração física, em forma de farinha, farelo ou outra forma resultante de moagem ou trituração, exige-se elevada integridade física dos mesmos, para não comprometer a sua conservabilidade, durante o armazenamento e a sua utilização no consumo animal e humano. Também são exigidos cuidados quanto aos danos mecânicos (ou mesmo térmicos), em qualquer fase, da colheita ao consumo. Afora os aspectos físicos, o comportamento biológico dos próprios grãos e a ação dos organismos associados, como insetos, ácaros e microrganismos, devem ser considerados, pelo potencial que representam de incidência de defeitos durante o armazenamento, os quais tem na baixa integridade física um acelerador deteriorativo.

De um modo geral, cada espécie e mesmo variedade ou híbrido de grão, apresenta melhor condição de colheita numa determinada faixa de umidade. Na colheita mecânica, umidades elevadas tendem a provocar dificuldades de liberação dos grãos da panícula ou da espiga e esmagamento na colheitadeira, enquanto umidades muito baixas tendem a provocar trincamento, perdas na plataforma e maiores riscos de se colher grãos já atacados por pragas e com integridade biológica comprometida.

O trincamento e a quebra de grãos, especialmente na colheita e na movimentação, antes da secagem, são fatores que reduzem o seu valor comercial, diminuem a sua conservabilidade durante a estocagem, favorecendo o desenvolvimento de fungos e a produção de toxinas, com sérios prejuízos à saúde humana e dos animais quando do consumo.

Danos mecânicos de colheita podem ser minimizados por adequadas regulagens na colheitadeira. As principais são as que dizem respeito à rotação do cilindro de acordo com a umidade dos grãos e ao espaçamento entre o cilindro e o côncavo. Além dos aspectos qualitativos resultantes do trincamento, das fissuras e das quebras dos grãos, essas regulagens também estão relacionadas com as perdas de grãos na colheita. Assim, são importantes as verificações na carreta graneleira, no mecanismo de elevação do sistema de retrilha e na saída da colheitadeira, para serem analisados, respectivamente, a intensidade de ocorrência de grãos quebrados, de retorno do material para o sistema de debulha e das condições em que estão saindo os sabugos, se muito quebrados ou com grãos ainda presos. Situação similar à do milho ocorre em relação ao sorgo, onde as dificuldades de separar os grãos das panículas, variáveis de acordo com o cultivar ou híbrido e a umidade, principalmente, determinam as principais regulagens na colheitadeira e são as maiores responsáveis pelas perdas ocorridas.

Por menores que sejam, perdas de produtos na colheita sempre ocorrerão. Cerca de 4%, no milho, por exemplo, são aceitáveis. Elas são devidas a vários fatores, mas podem ser agrupadas de acordo com sua natureza ou ocorrência em: 1) perdas em espigas, que ocorrem na pré-colheita (por acamamento das plantas, por exemplo) e durante a colheita, na plataforma; 2) perdas de grãos soltos, que ocorrem nos rolos espigador e de separação; 3) perdas de grãos com o sabugo, as quais são dependentes da uniformidade das espigas e da regulagem da distância entre o cilindro e o côncavo; ou se perde maior quantidade de grãos com os sabugos ou se quebra mais grãos, que também representa perda, ainda que de natureza predominantemente qualitativa.

## SECAGEM E LIMPEZA

Os grãos, apesar de características morfológicas de resistência e rusticidade específicas de cada espécie de uma forma geral, estão sujeitos ao ataque de pássaros, roedores, insetos, ácaros, microrganismos e outros animais; às danificações mecânicas, às alterações bioquímicas e às químicas não enzimáticas. Esse conjunto de fatores indesejáveis provoca perdas quantitativas e/ou qualitativas, pelo consumo de reservas e modificações na composição química dos grãos, redução do valor nutritivo, desenvolvimento de substâncias tóxicas e diminuição do valor comercial. Por conseqüência, acaba comprometendo a utilização do produto para o consumo e, mesmo, para industrialização, caso não forem adotadas técnicas adequadas e métodos eficientes de conservação.

A capacidade de manutenção íntegra, durante período de armazenagem, depende não só das condições de produção e colheita, mas das de armazenamento e de manutenção das condições adequadas de estocagem de produto.

Nos grãos destinados ao armazenamento, devem ser considerados os seguintes fatores: integridade biológica, integridade física, estado sanitário, grau de pureza e umidade.

As operações de pré-armazenamento incluem colheita, transporte, recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza e/ou seleção e expurgo preliminar. Tudo isso se destina a preparar o produto para a armazenagem. Nem sempre é necessária a realização de todas as operações. Todavia, a pré-limpeza e a secagem são, geralmente, obrigatórias. Os grãos devem ser submetidos a essas operações assim que cheguem na unidade, com o menor período possível de espera na moega (**Figura 1**), que aliás não deve servir como depósito, muito menos de grãos úmidos.

As operações de armazenamento e de manutenção dependem do próprio sistema de conservação e podem incluir movimentação ou manuseio, aeração, transilagem, intrasilagem, expurgo corretivo, combate a roedores, proteção contra o ataque de pássaros e retificação da secagem e/ou limpeza. O tipo de manutenção a aplicar, sua periodicidade e sua intensidade ficam na dependência de resultados observados ao longo do período de armazenamento, das medidas de controle de qualidade obtidas em teste, devem ser considerados os valores de variação de umidade relativa e temperatura do ar, umidade e temperatura do grão, bem como a avaliação do grau de desenvolvimento de microrganismos, insetos e ácaros, a presença de roedores, a incidência de defeitos e a variação de acidez do óleo, entre outros.

Sempre que possível, devem ser consumidos em primeiro lugar os grãos com menor integridade biológica, com maior danificação mecânica e com estado sanitário mais deficiente, armazenando-se de melhor qualidade.

É importante que a colheita e/ou a recepção sejam programadas, de modo a ser evitada a mistura de diferentes produtos de diferentes qualidades, o que comprometeria todo o sistema. Havendo possibilidade de se realizar secagem forçada, é preferível que os grãos sejam colhidos com umidade mais elevada, observados os parâmetros e a razões assinaladas no item "2 - Colheita". No caso de não ser possível a utilização de nenhum sistema de secagem pós-colheita, nem mesmo o natural ou um dos naturais melhorados e desde que observados os fatores de perdas e de integridade biológica do produto, efetua-se a colheita no teor de umidade dos grãos mais próximo possível a 13%. Em qualquer circunstância, o retardamento da colheita é desaconselhável, pelas perdas quantitativas e

qualitativas que provoca, pelo risco de ocorrência de intempéries e pelo maior tempo de uso da terra.

Quando a colheita, a secagem e a debulha não são mecanizadas (o que se aplica para pequenas quantidades) e todos os fatores são passíveis de controle, pode-se obter maior uniformidade de procedimento, como efetuar a colheita por períodos na lavoura, pré-selecionando os grãos de acordo com a qualidade e com o ponto de colheita. Para quantidades maiores, isso não é possível, exigindo correções após a colheita.

Em nível de propriedade, duas situações devem ser consideradas: a) o produto é seco e limpo na propriedade, mas comercializado imediatamente; e b) o produto é seco, limpo e armazenado na propriedade.

No primeiro caso, devem ser feitas, pela ordem, a pré-limpeza, a secagem e a limpeza ou classificação, até a massa de grãos alcançar teores próximos a 1% de impurezas e/ou materiais estranhos e 13% de umidade, para se adequar às respectivas Portarias do Ministério da Agricultura, acerca de Normas e Padrão Comercial. O resíduo da pré-limpeza e da limpeza, que sempre contém grande quantidade de grãos pequenos e pedaços de grãos, pode ser utilizado na ração animal, imediatamente. O grau de umidade adequado a uma boa conservação do produto é dependente das condições de armazenamento, da espécie, do tempo de estocagem, da finalidade e da forma de consumo dos grãos.

No segundo caso, é recomendável serem executadas pré-limpeza, secagem e armazenamento, nessa ordem, deixando a operação de limpeza para mais tarde. A pré-limpeza pode ser feita até um valor próximo a 5% de impurezas e/ou materiais estranhos, o que é conseguido pela regulagem de fluxo de ar e de grãos, na alimentação da máquina, e pelo uso de uma peneira adequada. Logo após, deve-se secar os grãos até à umidade de estocagem recomendada e armazená-los. A operação de limpeza será efetuada depois do "pique" da safra, quando, então, as mesmas máquinas requeridas para a pré-limpeza serão usadas, desde que trocadas as peneiras, ajustando o fluxo de ar e reduzido o de grãos para valores próximos a um terço daqueles considerados na pré-limpezas.

Outra alternativa é se fazer passarem os grãos em duas máquinas, consecutivamente, com jogos de peneiras mais seletivas. na segunda. Esse procedimento tem o inconveniente de movimentar a massa de grãos, para limpeza, após havê-los armazenados. Contudo, apresenta as vantagens de reduzir a diversificação e a quantidade total de máquinas (Figura 2), diminuindo, também, a ociosidade das instalações. O resíduo da pré-limpeza pode ser utilizado como ração animal, desde que imediatamente, assim como o produto da limpeza, considerado para esta a sua maior duração para o consumo.

Em nível industrial, pode-se adotar, por similaridade, o segundo caso citado para a propriedade rural, ou, se os grãos forem recebidos secos, valer-se de máquinas de limpeza com alta seletividade, removendo os grãos quebrados, para o processamento imediato, armazenando aqueles com boa integridade física e biológica.

Note-se que a operação de limpeza para grãos esféricos serve, também, para remover os grãos quebrados e aqueles com integridade biológica comprometida, pois diferem dos íntegros no formato, nas dimensões e no peso específico, o que nem sempre se consegue em outras espécies.

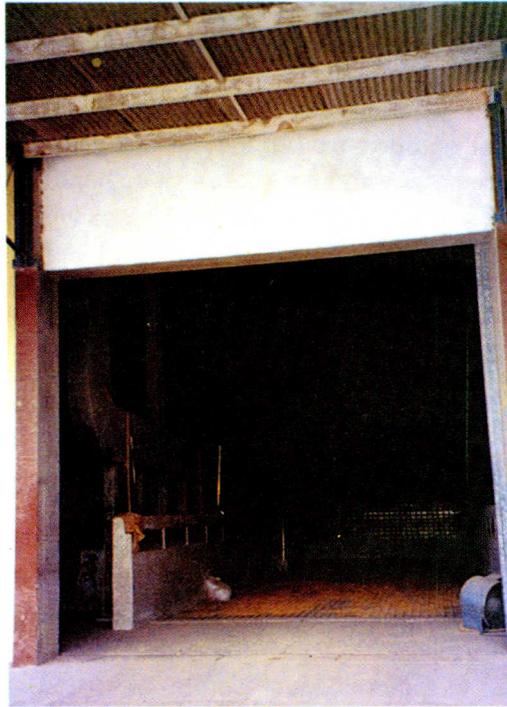


Figura 1. Moega de recepção

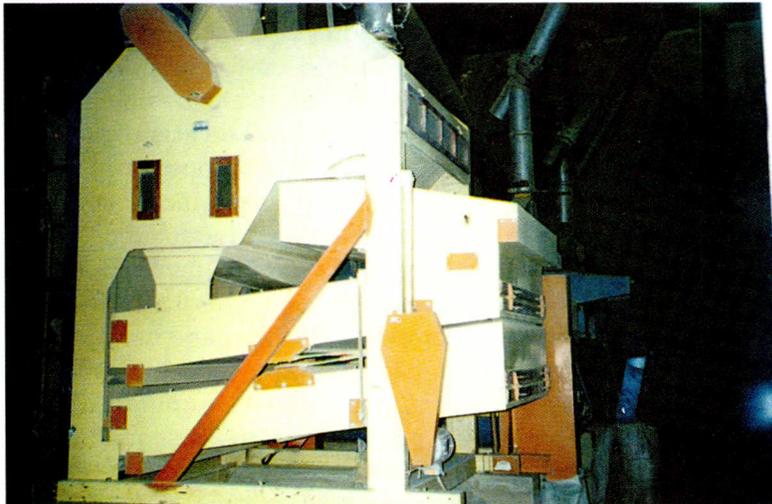


Figura 2. Máquina de ar e peneiras planas, para pré-limpeza, limpeza e/ou seleção de grãos.

Valores superiores a 5-8% de quebrados na massa de grãos podem comprometer a sua conservabilidade durante o armazenamento, já a partir dos 60 dias de estocagem. Para períodos superiores a 120 dias, o percentual de grãos quebrados não deve exceder a 5%, mesmo para armazenamento bem conduzido. E, se o produto for armazenado a granel, o percentual de grãos quebrados é ainda mais crítico. Quanto menores forem os grãos, mais difícil a aeração, maior a tendência à formação de “bolsas de calor” e mais crítico é o efeito de altos percentuais de grãos quebrados na conservabilidade.

Ilustrativamente apresentam-se, na **Tabela 1**, graus de umidade críticos para armazenamento seguro a granel, em sistema de armazenagem com aeração forçada,

**Tabela 1. Grau de umidade (% , em base úmida) recomendado para o armazenamento de grãos, em diferentes períodos e condições padronizadas (20°C e 65% de umidade relativa).**

Grão	Período de armazenamento (meses)			
	06	12	24	60
1. Feijão	14,5	13,5	12,5	11,5
2. Milho	14,0	13,0	12,0	11,0
3. Trigo, sorgo, arroz, centeio, aveia, triticale	13,5	12,5	11,5	10,5
4. Azevém	13,0	12,0	11,0	10,0
5. Soja	12,5	11,5	10,5	9,5
6. Amendoim	12,0	11,0	10,0	9,0
7. Colza/canola	9,0	8,0	7,0	7,0

Para o armazenamento em sacaria, se deve diminuir o grau de umidade em 0,5 a 1,0%, para ser mantida similar conservabilidade.

A umidade de colheita dos grãos quase sempre é maior do que a necessária para o seu armazenamento, o que torna a secagem uma operação praticamente obrigatória.

A secagem pode ser feita por vários métodos, desde o natural e os naturais melhorados, até a secagem forçada (que inclui a estacionária e as convencionais contínua, intermitente e seca-aeração). Outra alternativa, que tem mostrado resultados promissores pela pesquisa, é a substituição da secagem no armazenamento dos grãos com umidade de colheita, pela aplicação de ácidos orgânicos - acético e propiônico, desde que o período de armazenagem não seja muito prolongado.

A secagem natural, que começa na lavoura, pode ser complementada em terreiros ou eiras, com o aproveitamento da energia solar e do vento (eólica). Esse método tanto pode ser aplicado antes da debulha, quando a colheita for manual, como pode ser usado na secagem complementar ou definitiva.

A pré-secagem, antes da debulha, consiste em se espalhar as panículas de sorgo sobre um terreiro ou uma eira em camada fina, até que os grãos tenham sua umidade reduzida, a ponto de facilitar a debulha. Efetua-se, posteriormente, a secagem complementar. É importante que o processo se inicie logo depois da colheita e não seja muito lento, para impedir o desenvolvimento microbiano. Outras alternativas para este método são a pré-secagem em varais ou em estufas-de-fumo, para panículas de sorgo ou espigas de milho com parte da palha, ou ainda também nas estufas-de-fumo, em peneiras colocadas em prateleiras adaptadas para tal. A pré-secagem de milho em espiga, com palha, espalhadas ao sol, sobre o solo em estrados rústicos de madeira ou de tela, quando bem conduzida, também apresenta bons resultados. Lonas também podem ser usadas para esse fim.

Para receberem a secagem complementar ou definitiva, os grãos já debulhados devem ser espalhados no terreiro ou na eira, em camadas não superiores a dez centímetros, e submetidos a três ou quatro revolvimentos diários, durante as horas de maior insolação. À tardinha, tais grãos devem ser amontoados e cobertos, de preferência, com material impermeável. Na manhã seguinte, reinicia-se o processo, repetindo-o até cerca de 13% de umidade dos grãos. Esse método é bastante rudimentar, mas não exige investimentos e, se as condições climáticas forem favoráveis, é eficiente.

Dentre os métodos melhorados de secagem natural, são recomendados o de secagem sobre lonas e o de secagem em barracas plásticas.

A secagem sobre lonas, é, operacionalmente, semelhante à secagem em terreiro ou eira, com algumas vantagens.

Além de não permitir a infiltração de umidade do solo, o fato de possibilitar o fechamento completo da lona, na forma de bolsa, desde duas horas antes de o sol se pôr (num dia), até cerca de duas horas após o aparecimento do sol (na manhã seguinte), determina "suadouros" nos grãos, o que uniformiza e intensifica a secagem. A dependência das condições climáticas, a lentidão do processo e a pequena quantidade de grãos secados, a cada vez, são as principais limitações deste sistema, que, todavia, tem suas características mais positivas na simplicidade, no baixo custo operacional e na eficiência.

A secagem em barracas plásticas consiste em se colocarem os grãos em camadas de até quinze centímetros sobre o piso revestido com barracas rústicas, fazendo-se revolvimentos dos grãos três a quatro vezes ao dia, até se completar a secagem. Essas barracas são semelhantes às de acampamento, em forma de túnel. A estrutura pode ser de bambu, canos plásticos ou outro material similar disponível na propriedade. O piso deve ser forrado com plástico preto, enquanto que a cobertura e as laterais, com plástico transparente. Os plásticos das laterais devem ser fixos na parte superior e possibilitar o sistema basculante, para que se obtenha a maior ventilação possível, durante o dia (quando não estiver chovendo), e se possa fechá-los completamente à noite ou quando chover. A barraca deve ser armada no local mais alto da propriedade, com sua maior dimensão orientadora na direção dos ventos predominantes. Este sistema exige maiores investimentos e proporciona secagem menos uniforme, mais lenta e menos intensa do que a executada em lonas. Contudo, não é tão dependente das condições climáticas. Além disso, é simples e eficiente, aplicável a pequenas quantidades.

A secagem estacionária pode ser feita com ar forçado, na temperatura ambiente, sem aquecimento, ou aquecido a temperaturas de até 45-60°C, para camadas não superiores a 80-150cm. A temperatura do ar pode ser mais elevada, se a espessura da camada de grãos não superar 50cm e se cada camada for removida à medida que fique seca. Caso haja superposições ou sobreposições consecutivas de camadas úmidas, sobre as secas, a temperatura não deve exceder 45-50°C, a partir da segunda camada. Em se tratando de sementes, a temperatura do ar não deverá ultrapassar 45°C (controlada por termostato) e a da massa de sementes, os 40°C, dentro do secador. Encher o silo-secador com material úmido, para depois secá-lo, não é recomendável, nem para sementes, nem para grãos.

As condições de secagem variam para cada espécie de grão e finalidade, conforme pode ser verificado na **Tabela 2**.

**Tabela 2. Temperatura do ar de secagem (°C), na entrada do secador, para grãos, em diferentes sistemas de secagem.\***

Grão	Sistema de secagem			
	Estacionário**	Intermitente	Contínuo	Seca-aeração***
Arroz	30-35	70-115	-	60-80
Trigo, sorgo, centeio, triticale	45-50	70-110	70-120	70-90
Milho, soja	50-60	80-120	90-130	70-90
Feijão	45-55	80-100	80-110	60-80

\* Limites mais utilizados para grãos destinados ao consumo animal (ração) e/ou humano. É importante controlar a temperatura da massa de grãos e evitar os choques térmicos. Quanto mais longo for o período de armazenamento, mais baixas devem ser as temperaturas de secagem.

\*\*Deve ser observada a espessura de camada para cada tipo de grão no silo-secador. Quanto menores forem as dimensões dos grãos, mais delgada deve ser a camada deles para a secagem.

\*\*\*Se as câmaras receberem ar de secagem com temperaturas diferenciadas, a temperatura mais baixa deve ser utilizada na camada superior. Após o repouso, no silo aerador, a temperatura aplicada deve ser a ambiente.

A secagem contínua pode utilizar temperaturas do ar de 70 a 130°C, na entrada do secador, desde que os grãos não contenham muitas impurezas e/ou materiais estranhos, e que seja feita inspeção diária e remoção de poeiras, para evitar incêndio.

A secagem intermitente pode valer-se de temperaturas de 70 a 100°C, na entrada do secador (Figura 4), quando os grãos estiverem muito úmidos, e de até 120°C, no final do processo, observados os mesmos cuidados quanto a incêndios, comentados na secagem contínua. Caso se trate de secagem de sementes, a temperatura do ar não deve exceder de 70°C e a da massa de sementes não deve superar os 40°C.

Na secagem pelo sistema seca-aeração, podem ser empregadas temperaturas de até 60-90°C no ar de entrada nas câmaras de secagem, e um período mínimo de repouso de quatro e máximo de doze horas. No caso de sementes, a temperatura da massa de grãos não deve ultrapassar os 40°C.

Para se calcular a perda de peso, na operação de limpeza, é possível utilizar-se as seguintes fórmulas:

$$Q.i.r. = P.i.p. - \left( \frac{100 - l.i.}{100 - l.f.} \right) \times P.i.p.$$

ou:

$$\% \text{ quebra na limpeza} = l - \left( \frac{100 - l.i.}{100 - l.f.} \right) \times 100, \text{ onde:}$$

ou:

Q.i.r. = quantidade de impurezas removidas;

P.i.p. = peso inicial do produto ou peso do produto sem limpeza;

l.i. = percentagem de impurezas do produto, antes da limpeza;

l.f. = percentagem de impurezas do produto, após a limpeza;

Para se calcular a perda de peso, na operação de secagem, podem ser usadas as fórmulas a seguir:

$$Q.a.r. = P.p.u. - \left( \frac{100 - U.i.}{100 - U.f.} \right) \times P.p.u.$$

ou:

$$\% \text{ quebra na secagem} = l - \left( \frac{100 - U.i.}{100 - U.f.} \right) \times 100, \text{ onde:}$$

Q.a.r. = quantidade de água removida;

P.p.u. = peso do produto úmido ou peso do produto, antes de secagem;

U.i. = percentagem de umidade do produto, antes da secagem;

U.f. = percentagem de umidade do produto, após a secagem.

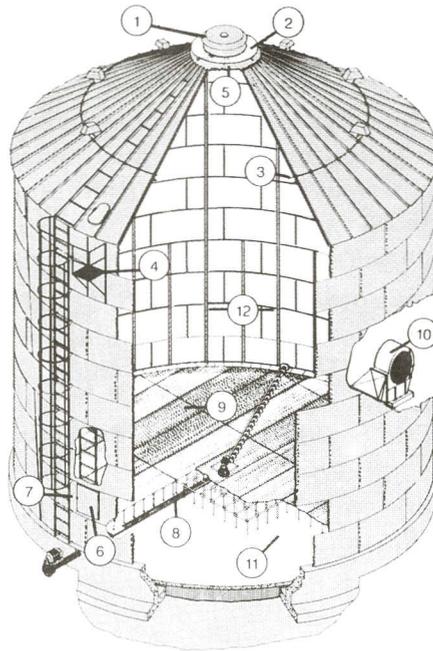


Figura 3. Silo-secador para secagem estacionária de grãos

**Legenda:**

- |  |  |
|--|--|
| 1 – cobertura (chapéu), com tela de proteção         | 7 – fechadura da porta de acesso lateral       |
| 2 – passarela circular                               | 8 – transportador horizontal para descarga     |
| 3 – anéis tensores internos e externos               | 9 – fundo-falso, com chapas perfuradas         |
| 4 – plataforma superior                              | 10 – ventilador/exaustor                       |
| 5 – distribuidor de grãos e de impurezas             | 11 – base de concreto para sustentação do silo |
| 6 - porta para acesso lateral (e da rosca-varredora) | 12 – colunas de sustentação                    |

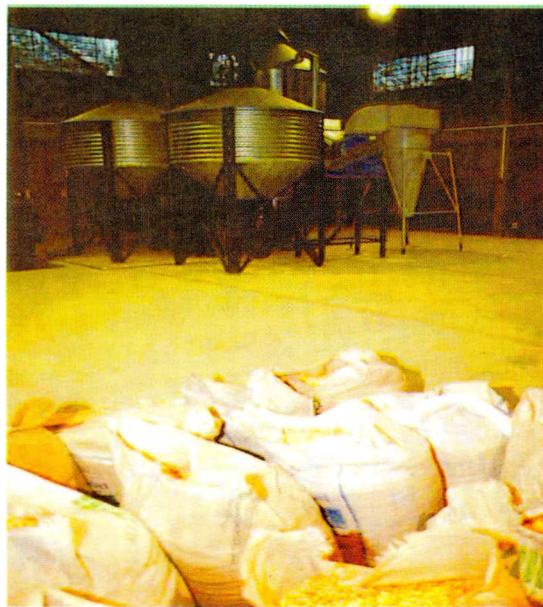


Figura 4. Secador convencional intermitente.

## ARMAZENAMENTO

A qualidade dos grãos, durante o armazenamento, deve ser preservada ao máximo, tendo em vista a ocorrência de alterações químicas (enzimáticas e não enzimáticas), físicas e microbiológicas. A velocidade e a intensidade desses processos dependem da qualidade intrínseca dos grãos, do sistema de armazenagem utilizado e dos fatores ambientais durante a estocagem.

As alterações que ocorrem durante o armazenamento refletem-se em perdas quantitativas e/ou qualitativas. As perdas quantitativas são as mais facilmente observáveis, refletem o metabolismo dos grãos e/ou microrganismos associados, ataque de pragas e outros animais, resultando na redução do conteúdo da matéria seca dos grãos. Já as perdas qualitativas são devidas sobretudo às reações químicas enzimáticas e/ou não enzimáticas, à presença de materiais estranhos, impurezas e ao ataque microbiano, resultando em perdas do valor nutricional, germinativo e comercial, com a possibilidade de formação de substâncias tóxicas no produto armazenado, se o processo não for adequadamente conduzido.

Como organismos vivos, os grãos respiram, possuindo constituição química específica e estrutura interna porosa que lhes conferem características higroscópicas e de má condutibilidade térmica. Através dos espaços intergranulares da massa de grãos, durante o armazenamento, permanecem em constantes trocas de calor e umidade com o ar no ambiente de armazenagem.

Trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura. Esse processo ocorre por sorção ou dessorção de umidade pelos grãos, em função do diferencial de pressão de vapor de água e/ou de temperatura entre esses e a atmosfera intergranular. Tais condições, expressas na atividade de água ( $a_w$ ) dos grãos, estão estreitamente relacionadas com o metabolismo dos mesmos e o desenvolvimento microbiano, de ácaros e de insetos durante a armazenagem.

O grau crítico de umidade dos grãos, em equilíbrio higroscópico, para o desenvolvimento de microrganismos associados, é de 14%, enquanto para os insetos e ácaros está entre 8 e 10%.

As condições de elevada umidade dos grãos em equilíbrio higroscópico e a temperatura do ar ambiente aumentam o metabolismo dos grãos, o que favorece o crescimento microbiano e das pragas, acelerando a sua atividade. Aumentos graduais da umidade e da temperatura da massa, em função de diferentes volumes estáticos de grãos, sob tais condições de armazenamento, originam um conjunto de processos físico-químicos específicos e acumulativos na deterioração dos grãos, conhecido como efeito de massa, altamente correlacionado com o desenvolvimento e a sucessão microbiana e de pragas durante o armazenamento.

Reduções nos conteúdos de carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas, durante o armazenamento, resultam em perda de material orgânico, em redução da massa específica, em diminuição da matéria seca e perda do valor comercial e nutritivo dos grãos.

Os carboidratos são constituintes dos grãos de milho diretamente consumidos pelo próprio metabolismo e de microrganismos associados, refletindo-se em decréscimo do seu conteúdo total durante o armazenamento. A fração protéica sofre reações de hidrólise, de descarboxilação, de desaminação e de complexação com outros componentes químicos dos próprios grãos durante o armazenamento. A desaminação dos aminoácidos conduz à formação de ácidos orgânicos e compostos amoniacais, enquanto a descarboxilação origina, principalmente, aminas, as quais caracterizam o processo de putrefação dos grãos,

conferindo-lhes odores fortes e desagradáveis. Essas transformações provocam o escurecimento dos grãos, a complexação com açúcares redutores, a diminuição do teor de nitrogênio protéico e o aumento do conteúdo de nitrogênio não protéico.

Os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos durante o armazenamento, seja pela redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais. As ações de lipases, galactolipases e fosfolipases dos próprios grãos e produzidas pela microflora associada, por ácaros e/ou por insetos contribuem para o rompimento das ligações éster dos glicerídeos neutros, aumentando o teor de ácidos graxos livres. O menor grau de integridade física dos grãos acelera o processo hidrolítico, através do contato das enzimas com a matéria graxa.

A ocorrência de ácidos graxos livres, ou mesmo constituintes de triglicerídeos e fosfolipídeos, predispõe à deterioração da matéria graxa, por vias hidrolíticas, oxidativa ou cetônica. As lipoxidases constituem o grupo das enzimas mais ativas no processo de oxidação de lipídeos, podendo ter origem nos próprios grãos ou serem produzidas por microorganismos associados. A redução do teor de extrato etéreo e o aumento do teor de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e a intensidade do processo deteriorativo dos grãos. A avaliação desses índices constitui-se num eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento.

A rancificação oxidativa consiste na incorporação do oxigênio aos glicerídeos e ácidos graxos livres, especialmente nestes, com a formação de peróxidos, ácidos, aldeídos, polímeros e outros. A presença de luz, oxigênio, íons metálicos, em altas temperaturas, acelera o processo. Já a rancidez cetônica decorre da ação de alguns fungos que, na presença de umidade elevada e material nitrogenado, produzem metil-cetonas, entre outros metabólitos, dando origem ao odor característico da rancificação.

O conteúdo mineral, representado pelo teor de cinzas, é, dos constituintes químicos dos grãos, a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento. As atividades metabólicas dos grãos e dos organismos associados consomem a matéria orgânica, metabolizando-a até CO<sub>2</sub>, água, calor e outros produtos, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida.

Vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis são constituintes dos grãos de milho altamente afetados durante o armazenamento, mesmo em condições adequadas. Entre as vitaminas hidrossolúveis, a riboflavina, a tiamina e a niacina são as que sofrem as maiores perdas. A redução do teor e da disponibilidade das vitaminas lipossolúveis é acelerada pelo aumento da acidez e da oxidação do óleo dos grãos.

A integridade física dos grãos, pelas correlações com a sua conservabilidade, é um fator importante no armazenamento. Menores proporções de grãos quebrados possibilitam melhores índices de conservação, enquanto as superiores comprometem-na.

As determinações de peso seco e/ou peso volumétrico, composição química, umidade e temperatura dos grãos, contaminação microbiana, presença e ataque de pragas, características higrométricas do ar, teor de micotoxinas, valor nutricional, germinação das sementes e avaliação sensorial dos grãos armazenados constituem importantes parâmetros no controle da conservabilidade durante o armazenamento.

O armazenamento de grãos em pequenas quantidades pode ser efetuado em tonéis, bombonas plásticas, caixas, tulhas e sacaria. Deve-se evitar os sacos plásticos não ventilados convencionais.

O armazenamento em tonéis metálicos ou em bombonas plásticas admite as formas não herméticas, herméticas com ar normal e/ou aerobiose mínima. Na armazenagem não hermética, em tonéis metálicos, bombonas plásticas ou caixas de madeira, a umidade dos grãos deve ser próxima a 13%. Os tonéis não devem ser expostos à insolação.

Existem outras alternativas, como a conservação de grãos com umidade de colheita (sem a necessidade de secagem), através de incorporação de ácidos orgânicos - acético e propiônico ou a mistura de ambos ou, a armazenagem de grãos secos com a mistura de areia (seca) ou cinzas.

O armazenamento hermético, em tonéis ou bombonas, oferece bons resultados, superando um ano, se a umidade dos grãos estiver próxima a 13%. É possível reduzir-se a aerobiose, queimando um chumaço de algodão embebido em álcool, fechando-se o recipiente enquanto o algodão queima. Nesse caso, é possível a conservação de grãos com até 18% de umidade. Grãos com teores de umidade entre 18-25%, especialmente os destinados à alimentação animal, podem ser armazenados, com boa conservabilidade, por períodos até 12 meses, com a incorporação de até 2% dos ácidos orgânicos já citados ou da sua mistura.

Pequenas quantidades podem, também, ser mantidas em sacaria, em galpões bem arejados. Nesse caso, os grãos devem conter 1% menos de umidade do que a recomendada para silos aerados. Para períodos de 90-120 dias, os grãos sem secagem podem, igualmente, ser armazenados nesse sistema, também, pela mistura de até 2% dos ácidos orgânicos ou mistura citados anteriormente.

Os galpões devem dispor de proteção anti-ratos. É conveniente que os de madeira e os de tela ou bambu sejam construídos sobre pilares dotados de "chapéus chinês" ou "saia de lata". Nos galpões de alvenaria, tanto o piso como as partes inferiores das paredes devem ser bem reforçadas. Estas, além disso, precisam ser bem reforçadas e ser bem lisas. Tais medidas servem para impedir a construção de galerias e/ou subida de ratos pelas paredes. Nas janelas - todas altas e voltadas para o lado oposto aos ventos predominantes, devem ser colocadas telas para evitar a entrada de pássaros, deixando-as abertas enquanto não estiver chovendo. As portas devem ficar na direção dos ventos predominantes e dispor de escada removível.

Cuidados como estes, na construção, facilitam a entrada de ar frio e a saída de ar quente, melhorando a conservação do produto. As pilhas de sacos, colocadas sobre estrados de madeiras, facilitam a aeração e reduzem os problemas de infiltração da umidade.

O armazenamento em sacaria, para ser eficiente, requer grãos secos, locais bem ventilados e pilhas com 4,5 - 5,5m de altura e 19m de comprimento, no máximo, por questões de segurança e operacionalidade. As pilhas devem ficar afastadas cerca de 50m das paredes.

A armazenagem convencional, extensivamente utilizada no Brasil, usa estruturas como armazéns e/ou depósitos de construção relativamente simples, de alvenaria, na quase totalidade, com o acondicionamento dos grãos em sacaria. A maior área específica de trocas térmicas e hídricas; o maior espectro de contaminação microbiana e ataque de insetos, ácaros e roedores durante o armazenamento, o custo da embalagem e a menor operacionalidade são importantes limitações da estocagem convencional em relação a granel.

A tradição, a versatilidade de utilização das instalações, permitindo o armazenamento, na mesma construção, de mais de uma espécie e/ou cultivar de grãos, com destinos distintos, e a utilização das edificações para outros fins que não o armazenamento, como a guarda de maquinaria agrícola e adubos, os custos do

investimento bastante inferiores em relação ao silo ou armazém graneleiro caracterizam o sistema convencional, ainda o predominante em nível de propriedade rural.

Este é o sistema convencional de armazenagem, cuja principal vantagem está na versatilidade, na medida em que permite a estocagem de vários produtos, na mesma construção, embora não aceite automatização no manuseio, nem o controle da qualidade durante o armazenamento, por termometria.

Neste sistema, não é possível se fazer aeração forçada. Assim, os grãos devem ser armazenados com cerca de 1% menos de umidade do que a admitida para silos aerados nas mesmas condições ambientais, a fim de manter a sua qualidade durante o armazenamento.

A armazenagem de grãos pelo sistema convencional exige tratamentos e cuidados contra pragas. Este assunto está contemplado em capítulo (5) específico.

A armazenagem a granel é mais adequada para grandes quantidades, em armazéns graneleiros (Figura 5) de alvenaria ou silos de concreto, ou, em médias ou pequenas quantidades, em silos metálicos (Figura 6). Ainda assim, para manutenção da qualidade, são necessários dispositivos de aeração e controle de temperatura.

A armazenagem a granel se caracteriza pela dispensa do uso de embalagem, utilizando, para a estocagem dos grãos, estruturas como silos, armazéns graneleiros e/ou granelizados, metálicos ou de concreto, ou materiais de construção disponíveis ou adaptados, principalmente em situações emergenciais, providos ou não de sistemas de aeração forçada. O maior aproveitamento do espaço disponível e a menor dependência de mão-de-obra são aspectos vantajosos em relação ao sistema de armazenagem convencional.

O comportamento de grãos pequenos num silo ou graneleiro é semelhante para todos os grãos de cereais, diferenciando-se, em relação aos grãos de maior tamanho, principalmente, pela maior tendência à compactação e pela maior resistência à passagem do ar, durante a aeração. Tais problemas podem ser corrigidos através de intrassilagem parcial ou total da carga de silo e/ou transsilagens periódicas, durante o armazenamento, a cada período de 60 dias ou, no máximo, 90 dias. A intrassilagem parcial é feita interrompendo-se o carregamento enquanto a altura da camada de grãos atingir entre um terço e a metade da capacidade estática do silo. A seguir, os que se encontram no terço inferior (fundo) são retirados e recolocados novamente no silo. Assim, a compactação fica reduzida e os grãos, que se quebraram ao impacto com o piso, são redistribuídos, o que evita sua concentração na base do silo, possibilitando-se, conseqüentemente, maior eficiência da aeração forçada. Por outro lado, a quebra de grãos, durante o carregamento, pode ser atenuada, ligando-se o ventilador no sentido da insuflação, no início da carga.

Diariamente, durante o armazenamento, a temperatura deve ser controlada, por termometria. O aumento de temperatura da massa de grãos requer a adoção de cuidados para o seu controle. Quando essa elevação chegar a 5°C, deve-se acionar a ventilação forçada, até que a diferença seja reduzida para 1-2°C de maneira uniforme. De outro modo, sugere-se a utilização de parâmetros constantes em diagrama de aeração de cereais.

O milho pode ser armazenado em espiga, com palha. Para isso é importante que esteja bem seco e que o local de armazenamento seja bem ventilado.

Os paióis tradicionais podem ser melhorados pelo aumento da ventilação e pela colocação de protetores anti-ratos. A limpeza dos paióis e dos arredores é indispensável para o controle de roedores e de pragas.

Os paióis tradicionais podem ser melhorados pelo aumento da ventilação e pela colocação de protetores anti-ratos. A limpeza dos paióis e dos arredores é indispensável para o controle de roedores e de pragas.



Figura 5. Interior de um armazém graneleiro, com ductos de aeração e cabos de termometria, para manejo de controle de qualidade dos grãos durante o armazenamento.



Figura 5. Interior de um armazém graneleiro, com ductos de aeração e cabos de termometria, para manejo de controle de qualidade dos grãos durante o armazenamento.

Paióis de tela, se bem construídos, podem continuar a secagem natural do produto após a colheita. Os ripados (**Figura 8**) e os construídos com materiais disponíveis nas propriedades, como bambu, podem também ser utilizados com excelente conservabilidade do produto.



Figura 7. Galpão tradicional de madeira, para armazenamento de grãos, geralmente milho em espigas, com estrutura de construção inadequada para um bom funcionamento.



Figura 8. Paiol ripado para armazenamento de grãos em espigas, na palha, com ventilação por convecção natural e dispositivo anti-rato na forma de saia de lata ou chapéu chinês

## PRAGAS E MICROFLORA

Os fatores de perdas em grãos armazenados podem ser agrupados em autodecomposição, ataque microbiano, ação de pragas e físicos. Embora existam estreitas correlações entre eles, é possível se estabelecer predominância de características diferenciadas para cada origem. Estudados isoladamente, ou em conjunto, representam aspectos quantitativos e qualitativos. Os dois primeiros são predominantemente, enquanto os dois últimos são essencialmente quantitativos.

A autodecomposição é caracterizada pelo metabolismo dos próprios grãos. Os grãos armazenados são organismos vivos, por isso respiram, consumindo reservas nutritivas, produzindo calor, umidade e gás carbônico. Além da respiração, outras reações químicas e bioquímicas provocam consumo e/ou transformação dos compostos químicos,

resultando em perdas do produto. Se não forem removidos da massa de grãos, o calor e a água produzidos durante o armazenamento aceleram as reações de autodecomposição favorecendo o desenvolvimento de microrganismos e a produção de toxinas, além de insetos e ácaros, que depreciam o produto. Temperatura e umidade elevadas, dos grãos e/ou do ambiente, intensificam as reações de autodecomposição.

Os fatores que influenciam a qualidade do grão são:

- a) Características de espécies e variedades;
- b) condições de desenvolvimento das culturas;
- c) época e condição de colheita;
- d) métodos de secagem;
- e) sistema de armazenamento e métodos de conservação.

As propriedades desejáveis para a conservação e/ou consumo do produto são:

- a) Graus de umidade uniformes e relativamente baixos;
- b) baixa percentagem de grãos quebrados, brocados, danificados e de materiais estranhos;
- c) baixa suscetibilidade à quebra;
- d) alto peso específico;
- e) alto rendimento em amido (moagibilidade)
- f) boa conservabilidade do óleo;
- g) elevado valor protéico;
- h) alta viabilidade (semente);
- i) baixos índices de contaminação por microrganismos;
- j) alto valor nutricional.

Embora importantes, nem todas as propriedades são essenciais para todas as situações. Aos produtores de sementes interessa especialmente o item h. Aos moageiros, os itens e, f, e g. Aos fabricantes de rações, os itens i, j, e aos comerciantes os itens a, b, c, e d.

### **Pragas**

Os grãos armazenados são atacados por pragas (roedores, insetos e ácaros), que causam sérios prejuízos qualitativos e quantitativos. Há necessidade de se dar a devida atenção a esses seres vivos, pois pouco adiantam todos os cuidados e despesas para o controle dos danos na lavoura, se o produto for atacado e destruído nos depósitos.

No Brasil, estima-se que as perdas de grãos, causadas por pragas e roedores, estão na faixa de 20 a 30% devidas, sobretudo, às precárias condições de armazenamento.

### **Roedores**

Os ratos e as ratazanas representam um problema muito sério no processo de manejo e conservação de grãos armazenados. Estes roedores destroem produtos em quantidades dez vezes maiores do que realmente podem consumir como alimento. Um casal de ratos num armazém consome cerca de 14 Kg de alimento entre o outono e o inverno. O mais grave, porém, é que neste período (meio ano) expelem como excremento, correspondente quantidade de resíduos sólidos e mais de 5,5 litros de urina, além de perderem milhares de pêlos, contaminando os produtos dos quais se alimentam.

Em muitas comunidades do mundo, estima-se que a população de roedores se iguala à humana e que eles podem destruir, anualmente, uma quantidade de alimentos correspondente ao consumo de 10 milhões de pessoas.

Estes animais se reproduzem de 6 a 12 vezes por ano com uma média de 8 crias por parto, que por sua vez atingem a capacidade de reprodução na idade de 3 a 4 meses.

Os ratos, por serem roedores, também causam danos nos encanamentos, instalações elétricas, paredes de madeira, barro, tijolos e até concreto, podendo causar incêndios (curtos-circuitos), além de danos a embalagens e equipamentos.

A importância dos roedores também é ressaltada pelo fato destes animais constituírem um sério perigo à saúde humana e a de animais domésticos, pois são portadores ou transmissores de, pelo menos, dez graves doenças, como tifo endêmico, peste bubônica, icterícia, poliomielite, raiva, entre outras, seja por mordedura direta, pela urina, pelos excrementos ou através de seus parasitos internos e externos.

Os roedores mais importantes para o armazenamento são: a ratazana (*Rattus norvegicus*), o rato-dos-telhados (*Rattus rattus*) e o camundongo (*Mus musculus*). Todos se alimentam, preferencialmente, à noite e resistem a mudanças radicais de alimentos. A ratazana e o camundongo se afastam somente cerca de 20 a 30 metros de suas tocas, enquanto o rato dos telhados tem área de disposição mais ampla.

### **Controle de roedores**

A efetividade no combate a roedores apóia-se basicamente, no conhecimento de sua biologia e hábitos. O combate deve ser sistemático e constante.

Na primeira aplicação de raticida, deve ser exterminado o máximo possível da população, pois esse decréscimo significará uma vantagem nas operações subseqüentes, facilitando a manutenção do restante em níveis que não representam dano econômico importante.

Nos armazéns deve-se fechar bem as aberturas de modo a dificultar o acesso de ratos. É importante tapar com cimento e pedaços de vidro todos os buracos utilizados pelos roedores dentro ou ao redor do armazém.

a) Armadilhas - são usadas geralmente como complemento de outros métodos de controle. Deve-se colocá-las em lugares estratégicos: caminho habitual, saída de tocas e caminho de acesso a outros compartimentos do armazém. No começo é conveniente colocar-se poucas armadilhas e bem distribuídas, aumentando-se o seu número conforme a eliminação dos roedores. Este método requer o exame diário de cada armadilha e a sua preparação para o funcionamento contínuo.

b) Iscas envenenadas - devem ser atrativas e agradáveis aos roedores. Raticidas insolúveis devem estar bem pulverizados no material portador (farinha, pão moído, amido, farinha de batata, farinha de peixe com casca de arroz, grãos quebrados, grãos cozidos e macerados, cenoura, etc). Raticidas solúveis devem ser primeiramente dissolvidos em água, misturando-se após em suspensão com o material portador.

É aconselhável evitar o uso de gorduras que rancifiquem rapidamente e tornem a isca ineficiente. Deve-se usar antioxidante para preservar e prolongar a ação tóxica da isca.

Recomenda-se o uso da isca oferecendo-a sem o material tóxico por 2 a 4 dias, a fim de conquistar a aceitabilidade pelos roedores. Esta estratégia proporciona excelentes resultados sobretudo no caso de usar-se produtos tóxicos severos e de ação rápida, que causam a morte somente com uma ingestão.

c) Fumigação - este método aplicado nas tocas apresenta bons resultados. O uso de cianureto de cálcio em doses de 30 a 50 gramas por toca, fechando-as após com a mistura de cimento, terra e vidros, é muito eficiente para o combate de roedores dentro e fora de armazéns.

O bissulfeto de carbono, em doses de 30-60 gramas por toca apresenta bons resultados, porém é inflamável, podendo apresentar perigo de incêndio. Sua utilização é restrita para aplicações fora de construções ou no campo.

A fumigação das tocas nunca deve ser efetuada em construções habitadas pelo homem ou animais domésticos pois pode ser fatal.

d) Controle natural - o emprego de predadores (cachorros, gatos, corujas, microrganismos) ou repelentes apresenta bons resultados mas é de difícil utilização prática. Entretanto, a manutenção de inimigos naturais, além de predar, espanta os roedores, dificultando também sua reprodução.

e) Controle preventivo - Outra medida de grande eficácia no combate aos roedores é a construção de armazéns e paióis anti-ratos. No caso de paióis de madeira, devem ser elevados, com distância mínima entre o piso e o solo de 1m, sendo que os esteios devem possuir saias de lata ao redor para impedir que o rato suba pelos mesmos.

Para construção de alvenaria, as paredes devem ser recobertas com argamassa até a altura de 30 cm e, de 60 cm de espessura de concreto, apoiando-se diretamente sobre o terreno.

Toda vegetação alta em volta dos armazéns, bem como entulhos e esconderijos para os ratos devem ser eliminados.

Deve-se vedar todos os buracos, fendas e as aberturas. As janelas e aberturas de ventilação devem ser protegidas com telas metálicas.

### **Insetos**

O resultado da ação de insetos em grãos armazenados traduz-se em perda de peso e poder germinativo, desvalorização comercial do produto, disseminação de fungos e origem de "bolsas de calor", durante o armazenamento.

Os insetos encontrados nos produtos armazenados podem ser classificados, segundo suas características biológicas e de ecossistema, em pragas primárias e secundárias, pragas associadas e de infestação cruzada.

As pragas primárias são aquelas que atacam os grãos íntegros e sadios, as pragas secundárias caracterizam-se por se alimentarem de grãos já danificados por insetos primários, quebrados e/ou com defeitos na casca.

As pragas associadas não atacam diretamente o grão. Alimentam-se dos resíduos resultantes do ataque das pragas primárias e secundárias e dos fungos associados aos grãos, prejudicando o aspecto e a qualidade do produto armazenado.

As pragas de infestação cruzada são aquelas que atacam o produto tanto na lavoura como durante armazenamento.

Os grãos de sorgo, milho, arroz e trigo, assim como os de outros cereais e seus subprodutos, podem ser atacados por mais de trinta espécies de insetos. Os que causam maiores danos são também conhecidos como gorgulhos e traças dos cereais.

Os gorgulhos são coleópteros (cascudos, besouros) que, quando adultos, possuem corpo alongado e cabeça com uma projeção anterior, em cuja extremidade estão as peças bucais. As larvas desses insetos são de coloração amarelo-clara ou esbranquiçada e desprovidas de pernas.

As espécies mais importantes são: *Sitophilus zeamais* (Mots. 1855), gorgulho-do-milho, *Sitophilus granarius* (L. 1758), gorgulho-do-trigo e o *Sitophilus oryzae*, gorgulho-do-arroz. Esses insetos podem atacar qualquer tipo de cereal.

As traças são insetos da ordem lepidóptera, predominantemente de hábitos noturnos, como as mariposas, e atacam somente a superfície da massa de grãos. Destas, as espécies que representam maiores prejuízos para os cereais são: *Sitotroga cerealella* (Oliver, 1897) – traça-dos-cereais e *Plodia interpunctella* (Huebner, 1813) – traça-indiana-dos-cereais. A infestação pode ser verificada pela presença desses insetos voando pelo armazém, sendo que a traça indiana é mais ativa à noite. Somente as larvas atacam os grãos.

Outras pragas como *Tribolium castaneum* (Herb, 1797) caruncho-castanho-da-farinha e *Oryzaephilus surinamensis* (L. 1758) – besouro-roedor-dos-grãos, também são de ocorrência bastante comum, mas não causam tanto dano como as anteriormente citadas.

## MÉTODOS TRADICIONAIS DE CONTROLE

São os métodos de controle mais adequados para pequenas quantidades de produtos armazenados em túneis ou tulhas, em nível de pequena propriedade rural.

a) Exposição regular ao sol - a maior parte dos insetos dos produtos armazenados levanta vôo quando estes ficam expostos ao sol. Fazem-se necessárias exposições freqüentes para que, aos poucos, as larvas localizadas no interior dos grãos passem à fase adulta e saiam da massa de grãos através do vôo.

b) Mistura com plantas repelentes - existem certas plantas que exercem efeito repulsivo sobre os insetos e que, quando misturadas aos grãos, exercem algum controle, como folhas de fumo e de eucalipto.

c) Pó abrasivo - utilizam-se cinzas, areia, calcário, cal, etc. Os espaços intergranulares ficam ocupados pelo material misturado aos grãos, dificultando a aeração e a movimentação dos insetos. A morte dá-se por desidratação, quando na tentativa de movimentarem-se entre os grãos, devido à destruição da camada cerosa que os protege contra a perda de água, pela ação abrasiva do pó.

## MÉTODOS QUÍMICOS DE CONTROLE

Antes de escolhermos os inseticidas a serem aplicados deve-se ter em conta o destino final do produto (semente, consumo humano, consumo animal, indústria, etc.), pois disto depende o método de aplicação e o tipo de inseticida a ser empregado.

### A) Controle com inseticidas fumigantes

Neste método de controle de pragas, também conhecido por hermético, é introduzido o inseticida, que libera aos poucos o gás recomendado. Esse gás, chamado de fumigante, é letal para os insetos de grãos armazenados. Nos insetos adultos e fases jovens (larva e pupa), age através do seu sistema respiratório, enquanto na fase de ovos, a difusão de gás dá-se através da membrana ou canais respiratórios.

A fumigação, se bem executada, tem uma eficiência de 100%, matando os insetos em todas as suas fases - ovo, larva, pupa e adulto. - já estabelecidos nos grãos.

A eficiência do fumigante utilizado depende de inúmeros fatores, entre eles pode-se citar: a temperatura, a umidade, área de contato do grão com o fumigante, tipo de estrutura usada no armazenamento e tempo de exposição da massa de grãos ao inseticida. Neste último influem a concentração do inseticida, a espécie do inseto e a sua fase biológica. A densidade do fumigante depende da concentração do inseticida e de sua uniformidade na massa de grãos. Quanto menos denso, maior a difusão do gás. Gases

muito densos podem sedimentar-se, sendo necessário forçar a distribuição através de ventilação forçada.

O controle feito através da fumigação ou expurgo é de caráter curativo, mas não é preventivo, podendo ocorrer novas infestações com o passar do tempo. Deve-se então repetir o processo periodicamente ou complementá-lo com métodos preventivos eficientes.

Os principais fumigantes, usados para tratamento de grãos armazenados, são a fosfina e o brometo de metila. Esse último em desuso, devido aos prejuízos causados à camada de ozônio. Sua fabricação está proibida no Brasil (assim como em outros países) e seu uso está restrito aos estoques ainda disponíveis, também não sendo permitida a importação.

### **Fosfina**

É encontrada, no comércio, nas formas de pastilhas ou tabletes e comprimidos (Gastoxim B., Phostoxim). É um produto altamente tóxico, extremamente eficiente para o controle de insetos de grãos armazenados. O gás despreendido, inodoro, se origina da hidrólise do fosfeto de alumínio em contato com a umidade do ar ambiente, sendo-lhe adicionado um revelador, que cheira fortemente a carbureto, servindo de alerta durante a fumigação. Pode afetar a germinação, dependendo da umidade das sementes, do tempo e da temperatura de exposição.

### **Maneiras de realização do expurgo**

a) *Grãos a granel* – geralmente, quando se trabalha com fumigantes sólidos, a distribuição é feita durante a operação em que o produto está sendo armazenado, isto é, os comprimidos ou tabletes são colocados em intervalos regulares sobre a correia transportadora, durante o carregamento. No caso em que a unidade armazenadora estiver carregada, os tabletes ou comprimidos poderão ser aplicados através de sonda. As unidades armazenadoras devem estar perfeitamente vedadas durante o expurgo.

b) *Grãos ensacados* - a operação de expurgo poderá ser feita através de câmaras móveis ou lençóis plásticos, permitindo a fumigação de cada pilha separadamente. O lençol plástico (PVC) deve ser impermeável aos gases e apresentar certa resistência aos choques mecânicos (0,2 mm). O sistema de vedação, no ponto de contato do lençol com piso, é feito com "cobras de areia" (20 cm de largura x 1,5 a 2,0 m de comprimento). A seguir, distribuem-se os comprimidos ou tabletes dentro de uma caixinha ou envelope nos cantos das filas. O tempo de exposição varia de 72 a 120 horas. Ao se retirar o lençol, as janelas e portas devem estar abertas, para melhorar a exaustão dos gases. Pessoas e animais domésticos não devem permanecer no local e nem nos arredores.

c) *Milho em espiga, com palha* - coloca-se uma quantidade conhecida de milho em palha sobre uma área cimentada ou sobre uma lona plástica, cobre-se o milho com lençol plástico (PVC com 0,2 mm de espessura); distribui-se o fumigante em local pré-determinado; imediatamente após, faz-se a vedação com "cobras de areia" ou outro material de similar eficiência. O tempo de expurgo deve ser de 72 horas.

Nas Tabelas 3, 4 e 5, apresentam-se características de aplicação e as dosagens dos principais fumigantes utilizados para o expurgo de grãos de sorgo e de milho, armazenados a granel e em sacaria e milho em espiga (com palha).

**Tabela 3. Principais inseticidas (fumigantes) e suas características de utilização no expurgo de grãos armazenados a granel.**

FUMIGANTES	Ingrediente ativo na formulação (%)	Características do Silo	Horas de Expurgo	Dosagem
Fosfeto de Alumínio (tabl. 3g)	57	qualquer tipo de silo	72	1 a 3 tabl./t. de grãos.
Fosfeto de Alumínio (compr. 0,6g)	57	qualquer tipo de silo	72	3 a 6 compr./t. grãos

compr. = comprimido; tabl. = tablete;

**Tabela 4. Principais inseticidas (fumigantes) e suas características de utilização no expurgo de grãos ensacados.**

FUMIGANTES	Temperatura do grão (°C)	Duração do expurgo (h)	Dosagem
Fosfeto de Alumínio (tabl. 3g)	acima de 25	72	1 a 3
	de 16 a 25	96	tabl./15
	de 10 a 15	120	a 20 sc.
Fosfeto de Alumínio (compr. 0,6g)	acima de 25	72	1 compr./
	de 16 a 25	96	3 a 4 sc.
	de 10 a 15	120	

Tabl. = tablete; compr. = comprimido; sc = saco

**Tabela 5. Principais inseticidas (fumigantes) e suas características de utilização no expurgo de milho em espiga (com palha).**

FUMIGANTES	Ingrediente ativo na formulação (%)	Duração do expurgo (h)	Dosagem
Fosfeto de Alumínio (tabl. 3g)	57	72	0,5 tabl.
Fosfeto de Alumínio (compr. 0,6g)	57	72	3 compr.

compr. = comprimido; tabl. = tablete.

### **Controle com inseticidas não fumigantes**

Estes produtos são utilizados na formulação em pó ou líquido e são aplicados de diferentes maneiras.

a) *Pulverização residual* - o inseticida é pulverizado internamente nas paredes, pisos, estrados e tetos dos silos e de outros depósitos vazios e limpos. Seu uso objetiva o extermínio de insetos abrigados em depressões, vãos e fendas. Geralmente tem efeito residual prolongado.

b) *Pulverização e polvilhamento preventivos* - o inseticida é pulverizado ou polvilhado diretamente, sobre os grãos a granel, na esteira, durante o transporte para o silo; sobre sacos e outros invólucros, milho em palha, etc., com a finalidade de prevenir a infestação, e não de matar os insetos estabelecidos na massa de grãos.

c) *Pulverização e nebulização do ambiente de armazenamento* - é considerado um tratamento corretivo, porém, só elimina os insetos na forma jovem (larva e pupa) e adulta, que se encontram na superfície e no ambiente, não atingindo os insetos em qualquer fase de crescimento, em esconderijos ou contidos na massa de grãos. Deve ser aplicado em ambiente fechado e assim permanecendo por duas horas, no mínimo. Em seguida, ventila-se bem o ambiente antes de entrar.

O inseticida deve ser bastante volátil ou ser nebulizado, ou seja, misturado em óleo e aplicado por máquinas especiais (**Figura 9**) que produzam gotículas extremamente pequenas, permanecendo em suspensão, no ar, por certo tempo. Os principais inseticidas não fumigantes usados no controle dessas pragas são: Deltametrina, Diclorvós, Malation e

**Tabela 6. Características de formulação e de utilização dos principais inseticidas (não fumigantes) empregados no controle de pragas de grãos armazenados.**

INSETICIDAS	formulação	Pulverização residual	Pulverização		Pulverização ambiente	Nebulização ambiente
		(mL/m <sup>2</sup> )	granel (mL/ton)	ensacados (mL/m <sup>2</sup> )	(mL/m <sup>2</sup> )	(mL/100m <sup>2</sup> )
Deltametrin	10 E 2,5E	0,3	20,0	0,4	--	2-
Diclorvós	50 E	-	20,0	2,0	2,0	5
Pirimifós metílico	50 E	1,0	8,0	0,5	0,5	5

(a) - água + inseticida = 100mL/m<sup>2</sup>;

(b) - água + inseticida = 1 litro/tonelada.



Além dos citados, existem outros produtos para o controle de insetos em grãos armazenados, como, também, é possível a utilização de mistura de dois ou mais produtos, observadas as especificações e recomendações técnicas de cada um.

Devem ser tomados cuidados especiais na aplicação, tais como, ler o rótulo e seguir as instruções recomendadas, usar equipamento adequado, não fumar nem comer durante a aplicação, tomar banho e vestir roupas limpas após o trabalho. O operador nunca deve trabalhar sozinho.

## OUTROS MÉTODOS DE CONTROLE

a) *Quarentena* - Tem por objetivo evitar a introdução e disseminação de novas pragas. Refere-se às proibições ou restrições impostas ao transporte de produtos armazenados supostamente infestados por pragas.

b) *Sanitização das colheitas* - São medidas de higiene que visam evitar, eliminar ou reduzir a multiplicação e/ou dano causado por insetos em grãos destinados ao armazenamento. Complementam as medidas de controle e são realizadas antes do armazenamento. Envolvem as seguintes operações: colheita na época própria; desinfestação das máquinas; limpeza de grãos e depósitos; não mistura de colheitas de safras diferentes, entre outras.

c) *Manejo de temperatura e umidade* - Estes fatores limitam a produção e a sobrevivência de muitas espécies de insetos. Umidade dos grãos menor que 9% inibe a reprodução da maioria das pragas, mas este limite é difícil de ser mantido devido ao equilíbrio higroscópico entre a umidade relativa ambiente (atmosférica) e a da massa de grãos, além de ser antieconômico para algumas espécies de grãos. A reprodução das pragas é favorecida, quando o teor de umidade dos grãos estiver entre 12 e 15%. Acima disto, são favorecidos os fungos e bactérias.

A temperatura ótima de desenvolvimento dos insetos é de 23 a 35°C, sendo a ideal de 28°C. Em temperaturas menores que 21°C, por muito tempo, a maioria dos insetos não se reproduz e, acima de 38°C, a maior parte morre.

Com base no que foi exposto, deve-se secar uniformemente os grãos, mantê-los em temperaturas mais baixas possíveis, por ventilação ou aeração e transilá-los a fim de dispersar, remover ou distribuir a umidade acumulada.

d) *Gases inertes* - O produto armazenado deve, necessariamente, estar contido em um depósito hermético. O controle é feito reduzindo-se a concentração de oxigênio a um nível tal que mate a praga ou paralise o seu desenvolvimento. É feito por um período prolongado e utiliza-se gás nitrogênio ou carbônico.

Existem outros métodos de controle, como: uso de envoltórios resistentes à penetração das pragas, evitando-se a infestação, uso de feromônios para a localização e monitoramento das populações de insetos ou a associação de feromônios com patógenos, armadilhas luminosas, etc. Sempre que possível, deve-se obter uma integração entre os métodos de controle e lograr, dessa forma, melhores resultados.

É indispensável seguir uma seqüência lógica na execução das medidas de controle, iniciando com limpeza e a desinfestação dos depósitos destinados ao armazenamento, das máquinas e equipamentos utilizados em todo o processo e aplicação de um inseticida residual que previna a reinfestação das unidades armazenadoras. Em seguida, deve-se usar

um método corretivo para controlar os insetos que já se encontram nos produtos armazenados, em diferentes fases de desenvolvimento.

A última fase do processo de controle é procurar prevenir nova infestação, utilizando um método que atenda a tal exigência.

### **Ácaros**

Os ácaros atacam todo o tipo de grão, predominantemente os danificados. Mais de oitenta espécies de ácaros podem ocorrer em grãos armazenados, especialmente em clima temperado.

Os danos causados por esses seres vivos em grãos de cereais não têm sido ainda extensivamente estudados comparativamente aos de outras pragas, principalmente insetos.

Os ácaros requerem umidade de armazenamento dos grãos mais elevada (13,5 a 15%) do que os insetos e podem permanecer ativos em temperaturas relativamente mais altas, de até 45°C. As perdas em grãos armazenados por infestações de ácaros podem ser minimizadas pelo armazenamento dos grãos com baixa umidade e em baixa temperatura.

O sucesso no controle dessas pragas requer um conhecimento profundo de sua biologia, hábitos, interações com fatores do ambiente e condições de armazenamento, além da avaliação econômica dos danos causados.

### **Microflora**

Os fungos fazem parte das principais causas de deterioração dos grãos armazenados, sendo superados apenas pelos insetos. Insetos e roedores são controlados no armazenamento comercial, mas provavelmente sejam os fungos os principais deterioradores como agentes, pois no primeiro estágio de germinação podem ser suficientes para destruir a viabilidade de sementes. Danos e aquecimento são sintomas típicos de ataque fúngico, apesar de sua ação invisível. É importante conhecer os prejuízos causados pelos fungos, mas o mais importante, porém, é conhecer as condições para o seu desenvolvimento. Umidade e temperatura elevadas, aliadas a métodos inadequados de armazenamento e manuseio dos grãos, são fatores combinados que resultam em maior desenvolvimento fúngico, resultando em maior desenvolvimento fúngico, com maiores perdas quantitativas e qualitativas nos grãos armazenados.

Cerca de cem espécies de fungos já foram isolados em grãos. Eles necessitam de um mínimo e um ótimo de umidade relativa e temperatura para se desenvolverem. A temperatura ótima para o desenvolvimento dos fungos de grãos armazenados está situada entre 25 e 30°C. Alguns fungos se desenvolvem bem ao redor de 37°C. A temperatura mínima, no entanto, é específica e pode ser bastante diferente para cada espécie. Existem fungos capazes de suportar até temperaturas de congelamento.

A faixa de umidade relativa que os fungos suportam é mais importante do que a temperatura ótima. Baixa integridade biológica e danificação mecânica limitam a armazenagem de grãos com graus de umidade mais elevados. O mínimo de umidade para a germinação de esporos é 65%, porém, alguns exigem 93%. Diminuir a umidade relativa para valores abaixo de 65%, significa reduzir a atividade da maioria dos fungos.

Os principais danos causados por fungos são:

- a) Diminuição do poder germinativo;
- b) Descoloração e manchas;
- c) Aquecimento e emboloramento;
- d) Alterações da composição química;
- e) Produção de toxinas;

e) Perdas de matéria seca.

Todas essas alterações podem ser visíveis ou não. Os fungos podem contaminar durante a produção ou após a colheita.

Os fungos do campo são representados principalmente pelos gêneros: *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Phoma* e *Aspergillus*.

Fungos do campo podem ser completamente destruídos durante a secagem dos grãos. Se adequadamente secos, permanecem dormentes; com secagem insuficiente, se desenvolvem os fungos de armazenamento e não os de campo.

A contaminação por fungos dá-se antes da colheita, enquanto as plantas estão crescendo no campo ou depois que o grão é colhido ou antes do seu armazenamento. Uma exceção comum para isso é o milho armazenado úmido na espiga, em caixotes, que pode ser atacado por um típico fungo de campo. A maioria dos fungos requer um grau de umidade alto, da ordem de 22 a 23% (em base úmida), que se equilibra com uma umidade relativa de 90 a 100%. Os fungos em grãos armazenados podem causar a descoloração da semente ou do grão, enfraquecer ou matar o embrião ou causar o enrugamento da semente, causar a perda do poder germinativo, apodrecimento da raiz e outras doenças na germinação destas sementes e na fase jovem da planta. Eles morrem rapidamente em grãos em equilíbrio com a umidade relativa do ar da ordem de 70 a 75%.

Testes com amostras, em relação à umidade e fungos, dão informações sobre as condições de estocagem que não podem ser obtidas através dos registros do armazém.

Os fungos de armazenamento mais importantes são representados por algumas espécies dos gêneros *Aspergillus*, *Penicilium* e *Fusarium*. O dano causado pelos fungos de armazenamento é bem maior que o produzido pelos fungos do campo. Poucos esporos dos fungos de armazenamento estão presentes nos grãos antes da colheita.

Os fungos de armazenamento são abundantes ao redor das propriedades, em restos de grãos mofados em armazéns, silos e em elevadores de grãos; assim, poucos lotes de grãos estão livres da sua contaminação.

Quando as condições de umidade e temperatura são propícias, os esporos germinam e crescem, causando o mofamento de grãos durante o armazenamento.

As condições que possibilitam o desenvolvimento dos fungos de armazenamento são:

- a) O conteúdo de água do grão e a umidade relativa do ar;
- b) A temperatura do grão e a do ar;
- c) As condições de armazenamento;
- d) A quantidade de impurezas na massa de grãos;
- e) Presença de organismos estranhos.

A maioria das espécies de fungos se desenvolve com umidade relativa acima de 70%. Algumas espécies de *Aspergillus*, que são as mais resistentes dentre os fungos de armazenamento, se desenvolvem com umidade relativa de 65%.

O grão, a 27°C, com umidade mínima de 12,5%, está altamente propenso a ter infestações de fungos.

Um fato importante, para o qual se deve dar ênfase, é que a umidade média dos grãos no silo não determina a segurança de armazenamento, uma vez que, embora haja tendência de os grãos equilibrarem a umidade durante o armazenamento, o tempo para que isso aconteça é longo e a uniformidade de umidade com que os grãos são armazenados é mais importante do que seu valor médio. O dano pode ocorrer em locais isolados no silo, onde a umidade é mais alta. Grãos armazenados com uma umidade média relativamente

baixa (13%), **mas desuniforme, com** variações entre 10 e 16%, por exemplo, não estão a salvo do ataque microbiano durante a estocagem, que pode ocorrer na parte dos grãos que estejam com umidade excessiva (16%).

As condições do grão, no início do período de estocagem, afetam o período seguro de armazenamento. Além da umidade e da temperatura ambientais favoráveis, os fungos de armazenamento requerem um produto como suprimento alimentar. Um grão com tegumento em bom estado previne um fácil acesso dos fungos ao amido do endosperma. Portanto, um grão com tegumento intacto terá melhores condições de armazenamento do que aquele que esteja trincado ou quebrado. Acelerar excessivamente a secagem, para prevenir o desenvolvimento de fungos, acaba por danificar o grão.

Os grãos que foram quebrados durante a colheita, secagem ou operações de transporte ou armazenamento, juntamente com insetos, sementes de invasoras e partes de plantas, constituem as impurezas de uma massa de grãos. A presença de impurezas e de outros organismos contribui para o desenvolvimento dos fungos de estocagem. Insetos e ácaros geralmente aumentam o conteúdo de umidade e assim há maior probabilidade de contaminação com fungos e desenvolvimento de mofo.

Os principais fungos de armazenamento do gênero *Aspergillus* são: *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus glaucus*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus ochraceus* e *Aspergillus flavus*. Outros gêneros importantes são *Penicilium* e *Fusarium*.

Os fungos atacam os grãos com umidade a partir de 12% para soja; de 13% para milho, trigo e sorgo.

Os efeitos causados são a descoloração do embrião, partes do grão ou todo, danificação ou morte do embrião (caso de semente). Alguns causam as manchas do "olho azul", mofamento e endurecimento do grão.

Alguns fungos produzem substâncias tóxicas, durante o armazenamento. A aflatoxina, que é produzida principalmente por *Aspergillus flavus*, é a mais importante delas. Embora seja mais comum em amendoim, torta-de-amendoim, algodão e torta de soja, também pode ocorrer em outros grãos armazenados, como trigo, milho, sorgo, centeio e arroz. Esta toxina é letal para animais jovens, já tendo ocorrido também casos de morte de crianças (raro); tanto por ingestão direta do alimento contaminado, como através do leite.

A aflatoxina sendo consumida com regularidade ao longo do tempo pode causar vários tipos de câncer, os mais comuns são os de fígado e de rins.

A aflatoxina é considerada uma das mais potentes substâncias cancerígenas naturais. O câncer se manifesta nos casos em que os animais sensíveis consomem pequenas quantidades da toxina, porém, doses elevadas, podem levar à morte em poucos dias. Também se mostra letal para cobaias, patinhos e peruzinhos de um dia alimentados com leite de vaca que tenha ingerido rações contaminadas pela toxina.

A aflatoxina passa das mães às crias do leite, com efeito cumulativo, fazendo mal aos animais jovens, ainda que o adulto não mostre sinais de toxicidade. Esta toxina é muito resistente ao calor, sendo possível destruí-la com substâncias químicas, como SO<sub>2</sub>, cloro gasoso, oxipropileno, ácidos e álcalis.

O *Aspergillus ochraceus* produz a ocratoxina, substância também bastante tóxica, semelhante à aflatoxina.

Nem todo o alimento contaminado por fungos possui a toxina, mas como sua presença é invisível a olho nu, muitas vezes uma aparência de produto sadio pode não significar a inexistência de substâncias tóxicas. Por isso, é interessante ser controlada, ao máximo possível, a contaminação por fungos.

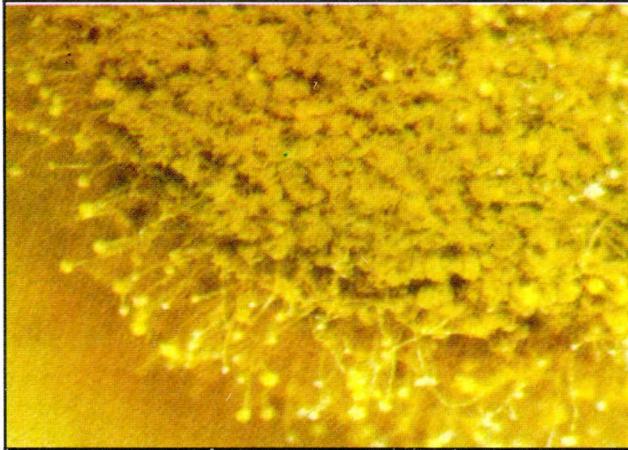


Figura 11 Colônia de *Aspergillus flavus* em milho

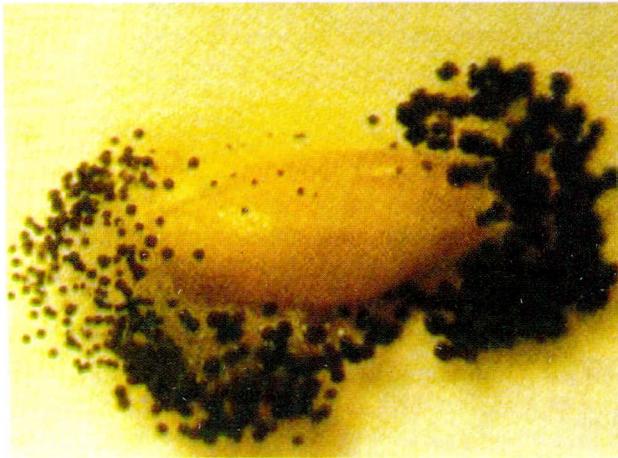


Figura 12 Colônias de *Aspergillus niger* em milho

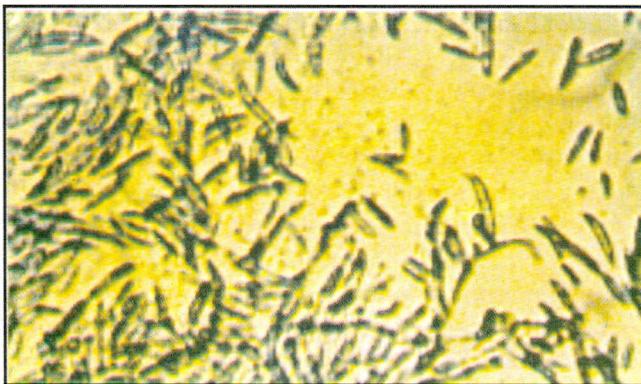


Figura 13 *Fusarium* (DON)

Existem outras toxinas, associadas a doenças de fígado, de sangue, de rins, que também causam convulsões e vômitos, que tingem o arroz de amarelo. As rubrotoxinas, produzidas por *penicilium rubrum*, tingem o produto de vermelho, não são cancerígenas, mas causam principalmente hemorragias: estão associadas à ingestão de produtos, como feno e grãos mofados.

O fungo *Fusarium culmorum* também tem sido relacionado a surtos de toxicose em gado leiteiro, devido à ingestão de milho contaminado. Os sintomas envolvem queda de lactação e perda de apetite.

Há vários fungos que produzem a zearalenona, substância tóxica relacionada com o efeito de hiperestrogenismo, que ocorre principalmente em suínos, alimentados com rações mofadas. Esta toxina pode também provocar infertilidade e aborto, além de anomalias em machos.

Uma das evidências da presença de fungos em grãos armazenados é o aquecimento da massa respectiva, mas alguns fungos não causam aquecimento, tornando difícil detectar sua presença, uma vez que não são visíveis a olho nu.

Outros fungos causam problemas de aquecimento rápido da massa de grãos, como por exemplo *A. flavus*, podendo ser controlados por ação rápida de aeração, transilagens, intrassilagem e/ou retificação de secagem.

Por centenas de anos têm-se observado as diferentes alterações que ocorrem no sabor e na qualidade dos alimentos devidas ao crescimento de fungos. Algumas destas transformações são desejáveis e mesmo necessárias a alguns alimentos, como ocorre com o sabor e o odor dos diferentes tipos e variedades de queijos. Entretanto, em muitos casos, os fungos podem causar transformações indesejáveis aos alimentos, produzindo sabores e odores desagradáveis, além da decomposição em graus variáveis. A decomposição que ocorre nos alimentos *in natura* e em produtos alimentícios nem sempre se caracteriza apenas nas propriedades sensoriais, mas pode, eventualmente, acarretar conseqüências danosas e prejudiciais à saúde do homem e dos animais.

Substâncias tóxicas associadas a vegetais ou a produtos de origem vegetal, utilizados para alimentação humana e de animais, têm sido noticiadas desde tempos bíblicos. Um exemplo é o ergotismo, doença causada pela ingestão de toxinas produzidas pelo fungo *Claviceps purpurea*, o qual infesta cereais e outras gramíneas e cujos relatos datam de 600 a.C.

Os fungos podem ser saprófitos ou parasitas. Os saprófitos podem causar a deterioração dos mais variados produtos e subprodutos agrícolas, tais como sementes, grãos, rações, fibras e alimentos, embalados ou não. Os parasitas causam doenças nas culturas no campo, como ferrugem, oídio, giberella, septoria, carvão e outras tantas.

Dentre os fungos de depósito ou armazenamento, algumas espécies dos gêneros *Aspergillus* e *penicilium* constituem os fungos que mais proliferam nos grãos armazenados. Fungos desses gêneros, juntos com os de *Fusarium*, são os maiores produtores de micotoxinas. São capazes de se manterem em desenvolvimento com baixa umidade, produzindo toxinas que reduzem a qualidade nutritiva dos grãos e seu valor de mercado.

Fungos de armazenamento estão sempre presentes em alto número em todo o tipo de material como ar, poeira, água, e são constituintes normais da película de grãos e sementes.

Análises, realizadas pela *Food and Drug Administration* (FDA), revelam aumentos anuais de 20% na incidência de amostras de grãos contaminados com aflatoxina que ultrapassam os níveis aceitáveis para o consumo humano e diário para animais de 20ppb.

Desde sua descoberta, mais de 17 compostos designados como aflatoxinas já tiveram suas estruturas químicas elucidadas e são metabólitos fúngicos secundários ou produtos de biodegradação. Porém, o termo aflatoxinas se refere a 4 compostos fumarínicos substituídos, contendo um dehidrofurano fusionado e diferentes radicais, os quais determinam sua classificação em: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, e M<sub>2</sub>, encontradas naturalmente nos alimentos.

Purificadas, estas substâncias se apresentam como cristais incolores ou levemente amarelados, intensamente fluorescentes quando observados em luz ultravioleta de comprimento de onda longo (366 nm) e se diferenciam pela cor da fluorescência emitida. As aflatoxinas B emitem fluorescência azul (blue), enquanto as aflatoxinas G emitem fluorescência verde (green). Os sub-índices 1 e 2 indicam a mobilidade cromatográfica relativa. As aflatoxinas M<sub>1</sub>, e M<sub>2</sub> apresentam fluorescência azul-violeta, quando observadas em luz ultravioleta de 366 nm.

As estruturas químicas das aflatoxinas foram elucidadas na segunda metade do Século XX, na década de 60. O nome aflatoxina se originou do somatório da letra a, proveniente do gênero do fungo produtor (*Aspergillus*), fla, originário da espécie (*flavus*), acrescido da palavra toxina.

Tabela 7 - Micotoxinas, fungos produtores e riscos para a saúde

MICOTOXINAS FUNGOS PRODUTORES	PRODUTOS	EFEITOS
Aflatoxina ( <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> )	milho, sorgo, amendoim, arroz, oleaginosas	Cancerígeno, doenças do fígado e outros efeitos nocivos para o homem, para aves, suínos e bovinos
Deoxivalenol ( <i>Fusarium graminearum</i> e espécies aparentadas)	Trigo, milho, cevada, aveia	Toxicoses humanas agudas, perturbações internas, inibição no crescimento dos suínos
Citrinina ( <i>penicilium spp.</i> )	Cereais em geral	Doenças do fígado no homem e nos suínos
Fumonisina ( <i>Fusarium moniliforme</i> e espécies aparentadas)	Milho	Suspeita de causar câncer no esôfago, doenças em eqüinos, suínos e aves.
Ocratoxina ( <i>penicilium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> )	Sorgo, cevada, trigo	Cancerígeno, doenças do fígado e outros efeitos nocivos em suínos e aves.
Zearalenona ( <i>Fusarium graminearum</i> e espécies aparentadas)	Milho, trigo	Possivelmente cancerígeno para o homem, prejuízos na produção suína.

A zearalenona também teve sua estrutura elucidada em época semelhante, através do isolamento de um composto uterotrófico de milho contaminado por *Gibberella zeae*. Apesar de a estrutura química ter sido estabelecida somente na década de 60, relatos datando de 1928 já relacionam problemas de vulvovaginites em suínas com a ingestão de milho deteriorado. O nome Zearalenona é derivado parcialmente do nome da espécie da planta hospedeira (zea- *Zea mays*) ral de *resorcylic acid lactone*, en da dupla ligação C:1'-2' e ona de cetona.

As aflatoxinas são pouco solúveis em água (10-30 µg/ml), insolúveis em solventes apolares e bastante solúveis em solventes orgânicos moderadamente polares, tipo clorofórmio, metanol e dimetil sulfoxido. São instáveis quando expostas à luz ultravioleta, na presença de oxigênio, a agentes oxidantes ou a valores de pH extremos menores do que 3 e maiores do que 10. O anel lactona das aflatoxinas é suscetível à ação de álcalis fortes. A aflatoxina também é degradada através da reação com amônia ou hipoclorito de sódio.

O armazenamento é fator determinante na formação de micotoxinas. Produtos armazenados com baixa umidade, temperatura adequada e protegidos da ação de insetos e roedores têm menor possibilidade de contaminação por micotoxinas. Os principais fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos durante o armazenamento de sementes, grãos e rações são: umidade, temperatura, período de armazenamento, nível de contaminação, impurezas e matérias estranhas, insetos, nível de oxigênio, condições físicas da semente ou do grão e condições sanitárias da semente, do grão ou das rações.

Por muito tempo, julgou-se que o *Aspergillus flavus* era o único fungo produtor de aflatoxina. *Aspergillus parasiticus* também é capaz de produzi-la, assim como há relatos de produção de aflatoxina por uma espécie rara, o *Aspergillus nomius*.

A proporção com que as aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> estão presentes nos cereais é dependente da espécie de *Aspergillus* presente. *Aspergillus flavus* produz aflatoxinas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, enquanto o *A. parasiticus* produz as quatro aflatoxinas: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>. O *Aspergillus flavus* está adaptado aos grãos e à parte aérea dos cereais, enquanto o *A. parasiticus* está mais adaptado ao solo. Por esta razão, o *A. flavus* é mais comum em milho e sorgo, por exemplo, enquanto o *A. parasiticus* mais comum em amendoim.

A fosfina, gerada pela reação do fosfeto de alumínio com água, além da conhecida eficiência no controle de insetos, também pode provocar redução de fungos quando expostos a diferentes concentrações desse fumigante, em grãos e *in vitro*.

A produção de aflatoxina pode ocorrer em temperaturas extremas de 12 a 42°C, sendo a temperatura ótima de 27-30°C. Algumas pesquisas relatam a influência da temperatura e da umidade relativa na produção de aflatoxina em amostras de milho contaminado com *A. flavus*, concluem que a toxina é produzida pelo fungo, a 15°C, em umidade relativa de 86,5%, a 25°C, em todas as umidades relativas testadas (64%, 85% e 98%) e a 40°C, nas umidades relativas de 61,5% e 96%.

A zearalenona é um metabólito secundário produzido por várias espécies de *Fusarium*. Entre todas as espécies, o *F. graminearum* é o maior produtor. *F. crookwellense* e *F. semitectum* também são considerados produtores de zearalenona.

A melhor temperatura para o crescimento de *Fusarium* spp. é 25°C, porém a maior produção de zearalenona ocorre com temperaturas entre 12-18°C.

Há possibilidades de formação de aflatoxina em milho estocado com 13% de umidade e um posterior reumedecimento, devida à condensação pelo calor. Fungos do gênero *Aspergillus*, por terem características xerofílicas, resistem às condições de estocagem de 13% e após o reumedecimento crescem rapidamente.

A maior parte da aflatoxina responsável pelas intoxicações, tanto em humanos quanto em animais, é absorvida no trato digestivo. Também é possível a absorção através da pele e das vias respiratórias. Estudos recentes demonstram a capacidade da aflatoxina em atravessar a barreira placentária em humanos.

A contaminação máxima permitida para aflatoxinas, na maioria dos países, para alimentos destinados ao consumo humano, varia de 5 a 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  e de 20 a 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para alimentos destinados ao consumo animal. A legislação brasileira tem como limite máximo 30  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (30ppb) para a soma das aflatoxinas B<sub>1</sub> e G<sub>1</sub>, em alimentos destinados ao consumo humano.

Os níveis de tolerância considerados aceitáveis para a contaminação de milho por zearalenona também dependem de cada país. O Brasil tolera até 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a União Soviética 1000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  e a Romênia 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Períodos longos de armazenamento tendem a oferecer melhores condições para o desenvolvimento de fungos que crescem em graus de umidade mais baixos. *A. haphilicus* e *A. restrictus* são fungos que crescem vagarosamente e precisam de um período mais longo de armazenagem para que sua presença seja observada assim como seus danos. Deve ser tanto menor o grau de umidade dos grãos no armazenamento, quanto maior for o período de armazenagem no lote, assim como os índices de grãos quebrados, partidos, impurezas, matérias estranhas e contaminação fúngica. Para armazenamento em longo prazo, é necessário que o lote esteja em boas condições físicas e sanitárias. Outros fungos que não são considerados de armazenamento, como *Helminthosporium*, *Colletotrichum* e *Cercospora*, podem resistir a períodos longos de armazenamento, sem contudo haver registros de que produzam toxinas.

## PROTEÇÃO CONTRA PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS EM PAIÓIS, ARMAZÉNS CONVENCIONAIS, ARMAZÉNS GRANELEIROS E SILOS VERTICAIS

Este item foi baseado em textos elaborados pelo Prof. Alci Enimar Loeck da disciplina Pragas de Grãos Armazenados, da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da UFPel, ainda não publicados.

**PAIÓIS:** Tudo deve começar com uma boa limpeza. O piso, as paredes, as portas, as janelas e, principalmente, os cantinhos devem ser varridos. O telhado deve ser revisado para evitar goteiras. Embaixo e ao redor do paiol, a limpeza deve ser rigorosa para evitar a presença de insetos e ratos. Antes de guardar o produto, o paiol deve ser pulverizado com inseticida de ação residual, tanto pelo lado interno como pelo lado externo. Para eliminar os insetos que vem do campo nas fases de ovo, larva ou pupa, deve ser realizado expurgo. Para realizar esta operação, os sacos devem ser empilhados sobre uma lona de plástico e a pilha coberta por outra. Muito importante é a utilização de lonas apropriadas, que não deixem escapar o gás (mínimo de 0,2mm de espessura) e que não apresentem furos. A vedação deve ser feita com cobras de areia, devendo ser utilizados 10 comprimidos ou 2 pastilhas para cada m<sup>3</sup> de pilha. O tempo de exposição deve variar de 72 a 120 horas, de acordo com a temperatura e a umidade relativa do ar (**Seed News**, Edição n<sup>o</sup> 2, novembro de 1997). Após a operação de expurgo, a lona deve ser retirada e toda a superfície da sacaria deve ser pulverizada com inseticida, devendo ser observado seu efeito residual, findo o qual deve ser reaplicado, assim como nas paredes internas e externas.

**ARMAZÉNS CONVENCIONAIS:** O primeiro passo é a limpeza do armazém. Após, todas as superfícies internas e externas devem ser pulverizadas com inseticida de ação residual. Também é muito importante a limpeza da parte externa. Se existir área de pré-armazenamento, como de pré-limpeza, secagem, limpeza e/ou seleção, essa deve ser rigorosamente limpa, incluindo as moegas, com auxílio de aspiradores. Devem ser eliminados todos os detritos de elevadores, calhas, rosca-sem-fim e similares, nas máquinas de limpeza, secadores e demais equipamentos. Também é muito importante o controle de ratos na redondeza do armazém. Outro detalhe de grande importância é a limpeza, a lavagem e a secagem dos estrados, após o que devem ser expurgados com fumigantes à base de fosfeto de alumínio e posteriormente também pulverizados com inseticidas residuais.

Após o empilhamento, o primeiro passo é o expurgo, que se realiza cobrindo-se as pilhas com lonas de plástico e utilizando-se 10 comprimidos ou 2 pastilhas de fosfeto de alumínio por m<sup>3</sup> de pilha, por um tempo que varia de 72 a 120 horas. Após esta operação, toda a superfície da pilha, inclusive o topo, deve ser pulverizada com inseticida de ação residual. É importante se observar o período residual, findo o qual a operação deve ser repetida.

**ARMAZÉNS GRANELEIROS:** Para facilitar o manuseio e as práticas fitossanitárias, os armazéns graneleiros são divididos em septos. Como sempre, o processo de limpeza é fundamental. Os detritos acumulados na área de recebimento e pré-armazenamento, assim como nos pés dos elevadores, nas calhas, nas máquinas de limpeza, secadores e nos demais equipamentos devem ser eliminados. O controle de ratos é muito importante, devendo-se colocar raticidas ao redor do armazém. Todos os buracos e fendas deverão ser

calafetados. Após a limpeza e preparação, todas essas superfícies devem ser pulverizadas com inseticida de ação residual. As paredes também devem ser pulverizadas, tanto do lado interno como externo, com especial atenção para o túnel de descarga/aeração, onde a operação deve ser repetida a cada 30 dias. Após as operações de pré-armazenamento, durante o carregamento, é conveniente se fazer a pulverização com inseticida na correia, para serem prevenidas futuras infestações. Essa operação não dispensa o expurgo, pois há necessidade de eliminar ovos, larvas e pupas no interior dos grãos. Antes de se cobrir a massa de grãos com lona própria para expurgo, é necessário se fazer o nivelamento. A vedação pode ser feita com cobras-de-areia e com fitas adesivas, principalmente junto às paredes e aos cabos de termometria. É importante não se esquecer de vedar as entradas do sistema de aeração. A dosagem segura do fosfeto de alumínio é de 2g i.a./m<sup>3</sup>, lembrando que uma pastilha de 3,0g libera 1g i.a. e um comprimido de 0,6g libera 0,2g i.a. Como a dosagem é calculada pelo volume da massa de grão, pode-se seguir a seguinte correlação para os principais produtos armazenados:

Produto	kg/m <sup>3</sup>
milho	750
soja	800
trigo	800
feijão	775
arroz em casca	580
café coco	370
café beneficiado	640

Em graneleiros com túnel de descarga/aeração, 20% da dosagem devem ser aplicados nestes locais, fazendo-se em seguida uma boa vedação. Após o expurgo, todas as vedações devem ser retiradas e, após algumas horas, o sistema de aeração deve ser ligado. Toda a superfície da massa armazenada deve ser pulverizada com inseticida, operação que deve ser repetida a cada 30 dias, incluindo, também as estruturas internas e externas.

**SILOS VERTICAIS** - Entre os diversos tipos de unidades armazenadoras, os silos verticais, e em especial os metálicos, requerem maior atenção em relação ao controle de pragas dos produtos armazenados, principalmente quando não são adotados os procedimentos corretos. Trata-se de um sistema que dificulta a vedação completa, o que normalmente requer maior dosagem do fumigante para compensar as perdas de gás.

Sabe-se que os problemas com a eficiência dos fumigantes e a resistência de pragas aos mesmos estão, em sua maioria, relacionados com a má vedação do local de expurgo. Além disso, trata-se de uma estrutura muito exposta, o que requer cuidados especiais em relação ao tempo de exposição de acordo com a temperatura e umidade relativa do ambiente.

O uso da Fosfina requer importantes cuidados com relação à temperatura e à umidade relativa, pois esses fatores são determinantes da sua eficiência. O tempo mínimo de exposição do produto armazenado com o gás deve ser de 72 horas, para temperaturas superiores a 20°C; 96 horas para temperaturas de 16 a 20°C e de 120 horas para a variação de 10 a 15°C. Abaixo de 10°C, a Fosfina não deve ser utilizada, porque o expurgo não será eficiente. Períodos de 72 horas de exposição são recomendados quando

a umidade for superior a 50%; de 96 horas para 40 a 50% e de 120 horas para 25 a 40%, desaconselhando-se o expurgo em situações de umidade relativa inferior a 25%. Os períodos indicados se referem ao tempo mínimo necessário para o funcionamento adequado do gás, entretanto, se as condições permitirem o prolongamento do processo, maior será a segurança de eficiência, principalmente quando as pragas estiverem em fases de desenvolvimento de difícil controle, como ovos e pupas, ou apresentarem indícios de resistência. Neste particular, quando se tratar de silos verticais metálicos, recomenda-se a utilização de 2g i.a/m<sup>3</sup> de fosfeto de hidrogênio e um tempo de exposição de 10 dias, independentemente das condições ambientais anteriormente referidas.

Durante a operação de expurgo, é importante que alguns procedimentos sejam adotados: a) antes da fumigação, todas as fendas, assim como dutos de aeração, com exceção da boca de carregamento, devem ser fechadas ou seladas; b) determinar-se o tempo de exposição de acordo com a temperatura e a umidade relativa do ar; c) calcular-se o número de pastilhas necessárias e a frequência com que devem ser adicionadas, de acordo com a velocidade de carregamento; d) aplicarem-se as pastilhas manualmente ou através de dosador automático sobre as correias ou boca de carregamento. A adição deve ser de maneira contínua, para gerar boa distribuição das pastilhas na massa armazenada, o que, conseqüentemente, resulta em distribuição homogênea de gás; e) ao término da operação, para os silos com boa vedação na parte superior, basta vedar a boca de carregamento, caso contrário, toda a superfície do produto armazenado deve ser coberta com lona ou papel betuminado, tendo-se o cuidado de se promover boa vedação junto à parede do silo. A operação exige qualificação e treinamento de pessoal, pois terá de ser executada rapidamente em função do início do desprendimento do gás, havendo, portanto, necessidade do uso de equipamento protetor. Devem ser usadas máscaras de proteção respiratória providas de filtro próprio para fosfeto de hidrogênio, quando a concentração do gás atingir até 15 ppm, ou para evacuação rápida de áreas com até 1.500 ppm. Acima de 15 ppm, ou quando a concentração for desconhecida, deve ser usado aparelho de respiração autônomo, provido de cilindros de oxigênio ou semelhante.

Silos cujos carregamentos demoram mais de 12 horas não devem ser fumigados pelo método de adição de pastilhas. Neste caso, aconselha-se aplicar as pastilhas ou os comprimidos através de sondas, método mais difícil, além de não propiciar boa distribuição do gás na massa do produto armazenado. É sempre preferível adaptar uma pequena corrente na extremidade da sonda, o que evitará aglomeração das pastilhas ou comprimidos num mesmo lugar. Caso isso ocorra, haverá a formação de uma bolsa de ar ao redor das mesmas, impedindo a liberação do gás. Neste caso, para melhorar a eficiência, se recomenda a aplicação de 70% da fosfina na superfície, via sonda, e 30% no duto de aeração na parte inferior.

Em qualquer caso, após o tempo de exposição requerido, toda a superfície exposta deve ser protegida, uma vez que não restará nenhum poder residual após a saída do gás. A proteção pode ser física ou química.

A proteção física consiste na utilização de tela fina nos dutos de aeração inferior e superior, bem como na parte inferior, local de entrada de ar nos silos aerados ou silos-secadores, como os utilizados para secagem estacionária e/ou para seca-aeração, cujo único objetivo é o de impedir a entrada de insetos que normalmente são atraídos para a periferia do silo.

A proteção química consiste na pulverização ou atomização de inseticida sobre todas as superfícies expostas, devendo ser dada especial atenção para seu poder residual,

findo o qual a operação deve ser repetida. Desta forma, o inseto ao entrar em contato com a superfície tratada, morrerá ou será repellido, impedindo o início de nova infestação.

Em expurgos bem sucedidos, a possibilidade de reinfestação será sempre periférica. Reinfestações generalizadas e no centro da massa armazenada são indícios de expurgos mal sucedidos.

É comum ocorrerem reinfestações localizadas na parte superior da massa armazenada nos silos em que os dutos de respiração não estão protegidos com tela fina. Neste caso, a operação de expurgo deve ser repetida com auxílio da sonda, tendo-se especial atenção com a vedação, principalmente da parte superior. Havendo a possibilidade de transilagem, esta deve ser preferida e executada simultaneamente, pois permite a distribuição uniforme das pastilhas de fosfina, garantindo o efetivo controle de toda a massa armazenada.

De todos os cuidados que devem ser tomados, as medidas preventivas são as mais importantes e as mais simples de executar, sendo de menor custo; contudo, geralmente são as menos praticadas dentro das unidades armazenadoras. Trata-se da eliminação de todos os resíduos das instalações, seja no silo que receberá o produto a ser armazenado, nos corredores, nas passarelas, nos túneis, nos elevadores, nas moegas, etc. Esses locais devem ser varridos, e os resíduos queimados para se evitar a proliferação de insetos e de fungos que reinfestarão as unidades armazenadoras. Após a limpeza, esses locais devem ser pulverizados com inseticidas para eliminar possíveis insetos presentes nas paredes, nos rodapés e nos equipamentos. Os inseticidas indicados para essa finalidade oferecem bom poder residual e protegem dos insetos que migram para seu interior.

Têm-se observado melhorias na estrutura dos silos, muitas delas relacionadas com a melhor adequação do produto a ser armazenado, assim como proteção contra a entrada de pássaros, ratos, etc.; entretanto, com relação aos insetos ainda deixam a desejar.

A proteção de grãos contra pragas de armazenamento pode ser feita com operações simples. Entretanto, em muitos casos, nem a metade delas são realizadas, vindo daí tantos resultados desastrosos.

Para se controlar pragas, no entanto, são necessários conhecimentos de sua biologia e domínio das tecnologias. Ao se efetuar expurgos, ou outra forma de controle químico, é necessária a utilização de produtos tóxicos e, aí, outros conhecimentos também são necessários. Por essa razão, essa operação, obrigatoriamente resultante de prescrição do respectivo receituário agrônômico, deve orientada e executada sob responsabilidade de Engenheiro Agrônomo, profissional técnica e legalmente habilitado para tal.

## BIBLIOGRAFIA

- CALDASSO, L.H.S. **Ácidos orgânicos e sistemas de armazenamento na conservação de milho em pequena escala.** Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. Dissertação (Mestrado), PMCTA-FAEM-UFPEL. Pelotas, 1998. 60p.
- CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. **Mycroflora.** In: Christensen, C.M, ed. Storage of cereal grains and their products. Minnesota, American Association of Cereal Chemist. Ine. St. Paul, 1974, p.158-92.

- CHRISTENSEN, C.M.; SAUER, D.B. **Mycroflora**. In: Christensen, C.M., ed. Storage of cereal grains and their products. Minnesota, American Association of Cereal Chemists. In. St. Paul, 1982, p.219-40.
- CORREIA, B. **Simpósio Internacional sobre Micotoxinas e Micotoxicoses em Aves**. USP-São Paulo 1995.
- DIONELLO, R.G. **Método de secagem e sistema de armazenamento na qualidade de grãos e na ocorrência de micotoxinas em milho**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. Dissertação (Mestrado), PMCTA-FAEM-UFPEL. Pelotas, 2000. 51p.
- ELIAS, M.C. **Secagem e armazenamento de grãos de sorgo: Sistemas, Processos e Métodos**. Pólo de Alimentos-FAEM-UFPEL. Editora da UFPEL. Pelotas, 2000. 84p.
- ELIAS, M.C.; FORLIN, F.J.; GUTKOSKI, L.C.; LODI, C.; BERTUZZI, A.; GOIN, R. **Efeito da Integridade física na conservabilidade de grãos de sorgo granífero, armazenados com diferentes percentuais de grãos quebrados**. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 18, Pelotas, 1989. Anais. Pelotas, EMBRAPA-CPTAB.
- ELIAS, M.C.; FORLIN, F.J.; BRANÇÃO, N.; ROMBALDI, C.V.; PETER, M.Z. **Conservabilidade de grãos de sorgo granífero armazenados sob hermeticidade, com umidade de colheita, aerobiose modificada e incorporação de ácidos orgânicos**. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 19, Bagé, 1990. Anais. Bagé, EMBRAPA.
- ELIAS, M.C.; ROMBALDI, C.V.; DIAS, A.R.G.; NORA, L. **Secagem e armazenamento de grãos de sorgo**. In: **Sorgo granífero: Cultivo e Utilização**. EMBRAPA-CPTAB, Pelotas, 1989. p.32-8. (Boletim Técnico - Associação Brasileira de Milho e Sorgo).
- FORLIN, F.J. **Conservabilidade na conservabilidade de grãos de sorgo granífero, armazenados com umidade de colheita e incorporação de ácidos orgânicos, nos sistemas convencional, a granel e hermético**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 1991. 109p. Dissertação (Mestrado), PMCTA-FAEM-UFPEL. Pelotas.
- FRISVAD, J.C.; SAMSON, R.A. **Filamentous fungi and feeds: ecology, spoilage and mycotoxins productions**. In: Handbook of Applied Mycology, volume 3. Foods and Feeds, ed. Dilip K. Arora, K.G. Mukerji, Emer H. Marth. Marcel Decker, Inc. New York, 1991, p.31-68.
- JAY, J.M. **Microbiologia Moderna de Los Alimentos**. 1ª ed. Zaragoza Espanha, 1973. 319p.
- LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes e rações**. Curitiba. 1993. 140p.
- LEITÃO, M.F. **Microbiologia de Alimentos**. In: tratado de Microbiologia, ed. Isaac Roitman, Luiz R. Travassos, João Lúcio Azevedo. Ed. Manole, Ltda., vol.1, 1988.

- LIEWEN, M.B. **Antifungal food additives**. In: Handbook of Applied Mycology. Volume 3: Foods and Feeds, ed. Dilip K. Arora, K.G. Mukerji, Elmer H. Marth. Marcel Decker, Inc. New York, 1991, p.31-68.
- LILLEHOJ, E.B.; ZUBER, M.S. **Distribution of toxin-producing fungi in mature maize kernels from diverse environments**. Trop. Sci., 28.19-24, 1988.
- LOECK, A.E. **Expurgo em silos verticais**. In: Cadeia do milho. Seed News, 2:1999.
- MERCH, R.F.; GOMES, N.K. **Beneficiamento e armazenamento de grãos**. Porto Alegre, CESA, 1982. 104p.
- ORSI, R.B., CORRÊA, B., POZZI, C.R., NOGUEIRA, J.R. **Microbiota fúngica em três híbridos de milho recém-colhidos e armazenados**. III Seminário sobre a Cultura do Milho "safrinha". Assis, 1995.
- PAYEN, I. **Mycoflora toxique. Mycotoxines**. Cahiers de nutrition et de diététique, Supl. Aux fascicule 2, Société de nutrition et de diététique de langue française, 1975.
- POZZI, C.R.; CORRÊA, B.; GAMBALE, W., PAULA, C.R., CHACON-RECHE, N.O, MEIRELLES, M.C.A. **Post harvest and store corn in Brazil: mycoflora interaction, abiotic factors and mycotoxins occurrence**. Food Additives and Contaminants. 1995.
- PUZZI, D. **Conservação dos Grãos armazenados** Ed.. Agronômicas CERES Ltda., S. P. 1973.
- RADÜNZ, L.L. **Métodos de armazenamento e qualidade de grãos de milho**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. Dissertação (Mestrado), PMCTA-FAEM-UFPEL. Pelotas, 2000. 56p.
- RICHARD, J.L. **Introduction to some public health aspects of the micotoxins- micotoxico-ses problem**. VI International Conference of the mycoses. OPAS/OMS Scientific Publication 479, Washington. DC, USA, 1986. p.43-81.
- SALGADO, I.M.; CARVALHO, P.C.T. **Fungos toxigênicos associados a cereais**. Levantamento da microflora associada a milho, trigo e arroz. Ver. Microbiol (São Paulo), 11:60-3, 1980.
- WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SOBESTIANSKY, I.; SANTOS, C.R.M.; REES, V. **Fusariotoxicose e estrogenismo em suínos**. Comuni. Tec. CNPSA/EMBRAPA, 24:1-3, 1981.