

PÓS COLHEITA E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS

¹Profa. Marisa A. B. Regitano d'Arce
Depto. Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP

1. INTRODUÇÃO

Embora em outros países como a França, Argentina e Estados Unidos, a armazenagem em nível de fazenda represente de 30 a 60% da safra, no Brasil, esta prática não é muito difundida, apresentando um percentual pouco expressivo de aproximadamente 5-%. Diversos fatores contribuem para esse baixo índice, destacando-se dentre eles, o econômico,. Este ano o Governo Federal está liberando R\$500 milhões de reais para o MODERINFRA, financiamento que visa a renovação ou a instalação de novos armazéns particulares.

Em outros países, onde a produção de grãos constitui uma das principais fontes de divisa, a seqüência do sistema de armazenagem principia na fazenda e evolui para os armazéns coletores, intermediários e terminais. No Brasil observa-se exatamente o contrário, porque a estrutura de armazenagem principia nos terminais e intermediários coletores, geralmente representados pelas cooperativas, resultando numa atividade tipicamente urbana.

De uma previsão de uma colheita de 130 milhões de grãos para a safra 2003/2004, a capacidade de armazenamento estática está em 94 milhões, o que confere-nos, um déficit de 36 milhões. Além disso, há que se considerar que 51% da capacidade estática cadastrada na CONAB é de armazéns convencionais e 49% de armazéns e silos graneleiros; b) ainda há depositado nos armazéns e silos, excedentes não comercializados de outras safras, o que significa que essa capacidade anunciada não está totalmente disponível para a safra desse ano, e c) o fato de que os armazéns não estão adequadamente localizados nas regiões de maior demanda, um problema cada vez mais grave nas regiões de fronteiras agrícolas.

Acredita-se, que uma unidade armazenadora, técnica e convenientemente localizada, constitui uma das soluções para tornar o sistema produtivo mais econômico. Além de propiciar a comercialização da produção em melhores períodos, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita, a retenção de produto na propriedade, quando bem conduzida, apresenta inúmeras vantagens. Dentre elas devem ser citadas:

- Minimização das perdas quantitativas e qualitativas que ocorrem no campo, pelo atraso da colheita ou durante o armazenamento em locais inadequados.

- Economia do transporte, uma vez que os fretes alcançam seu preço máximo no "pico de safra". Quando o transporte for necessário, terá o custo diminuído, devido à eliminação das impurezas e do excesso de água pela secagem.

- Maior rendimento na colheita por evitar a espera dos caminhões nas filas nas unidades coletoras ou intermediárias.

- Melhor qualidade do produto, evitando o processamento inadequado devido ao grande volume a ser processado por período da safra, por exemplo a secagem à qual o produto é submetido, nas unidades coletoras ou intermediárias.

- Obtenção de financiamento por meio das linhas de crédito específicas para a pré-comercialização.

Avaliação das Perdas

Perdas durante a colheita mecânica

O emprego das colhedoras mecanizadas, combinadas veio solucionar o problema da colheita de grãos, em grande escala. Entretanto, é importante observar que o produtor, após cobrir todas as despesas com mão-de-obra, aquisição de sementes, fertilizantes, defensivos e equipamentos, pode perder no campo, com a colheita mecânica, 50% do lucro líquido.

No caso da soja, 10% ou mais dos grãos pode permanecer no solo, após a colheita, em decorrência da falta de regulagem e velocidade não correta da colhedora. Há problemas, também, com relação ao porte da planta. Assim, para variedades de soja precoce, que produzem vagens a pouca altura do solo, as colhedoras devem ser equipadas com barra de corte especial e que, nem sempre é empregada, segundo observações de técnicos no setor.

Perdas após a colheita

Nos países desenvolvidos, os problemas da colheita, armazenamento e manuseio (secagem, limpeza, movimentação, etc.) de grãos, constituem objeto de estudo permanente, visando prolongar a vida comercial dos produtos. Uma prioridade das nações mais pobres deve ser a redução do trágico desperdício que se verifica a partir das colheitas; por falta de silos adequados, secagem mal processada, transporte inadequado,

controle de qualidade, etc. As técnicas destinadas a resolver tais problemas são, em geral, simples e não muito dispendiosas.

Os investimentos realizados na implantação de silos adequados, com sistema de aeração e o emprego correto de defensivos, produzem efeitos substanciais e rápidos na ampliação do suprimento de grãos. O que seria aproveitado com melhores condições de armazenamento nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, corresponderia ao total de alimentos necessários para atender a população subnutrida do mundo.

Para avaliar as perdas que ocorrem nos grãos, devemos distinguir dois tipos de danos que, de modo geral, são classificados da seguinte forma: a perda física ou quebra e a perda de qualidade.

Perda física ou quebra: ocorre quando o produto sofre uma perda de peso pelos danos causados, principalmente por ataque de insetos. Outros agentes como os roedores e pássaros apresentam, regra geral, níveis baixos de ação quanto à perda de peso.

Perda de qualidade: é aquela que ocorre quando as qualidades intrínsecas, essenciais do produto, são alteradas, principalmente, pela ação de fungos, os quais causam fermentações, modificações organolépticas (alterações do gosto e cheiro natural do produto) e redução do valor nutritivo dos grãos. As contaminações por matérias estranhas e outros danos que afetam a qualidade da matéria-prima para a agroindústria estão incluídas entre as perdas de qualidade.

Deve-se considerar, outrossim, que o ataque de insetos afeta, também, a qualidade do produto, pois favorece as infestações de fungos, em virtude das perfurações, que permitem a penetração desses microrganismos. O envoltório externo ou casca dos grãos constitui uma barreira natural às infestações dos fungos. Por outro lado, o ataque de fungos, acelerando o processo deteriorativo, produzindo grãos ardidos e mofados, reduz consideravelmente o peso dos grãos. Um grão de milho ardido pesa menos da metade de um grão sadio do mesmo tamanho.

2. PRINCÍPIOS DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE CEREAIS

Em grãos armazenados o organismo mais importante é o próprio grão. Embora esteja em estágio de dormência, tem todas as propriedades de um organismo vivo.

Num sistema ideal de armazenagem o grão e os microrganismos estão normalmente em estado de dormência; os insetos, ácaros, ratos estão ou deveriam estar ausentes. Ao contrário, o ambiente abiótico está sempre presente e é alterável. Ainda que lentamente, os níveis de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, CO₂ e O₂

sobem e descem. Uma variação anormal em qualquer um desses fatores pode criar condições favoráveis ao desenvolvimento e à multiplicação daqueles seres dormentes.

Processos deteriorativos têm lugar em grãos de cereais independentemente de como eles são armazenados. Enquanto a gordura animal é neutra quando o animal é morto, o óleo no grão já pode ter sofrido hidrólise quando a grão amadurece e é colhida. Nesta fase a pressão de síntese e quebra diminui, porém a grão sob boas condições de armazenamento vai apresentar 0,5% de ácidos graxos livres. Diferentes fatores abióticos e bióticos estão freqüentemente envolvidos em diferentes combinações nesses processos. Sob condições adequadas o grão pode ser armazenado por muitos anos com taxa mínima de deterioração, porém, em condições desfavoráveis de armazenagem, ele sofre danos consideráveis em poucos dias.

A taxa de deterioração depende da atividade das variáveis bióticas que, por seu turno, é afetada, principalmente, pela interação da temperatura e umidade. É baixa no início, porém, quando combinações favoráveis dessas variáveis são estabelecidas e o período de armazenagem é prolongado, podem ocorrer perdas significativas na qualidade dos produtos.

A deterioração do grão é, portanto, resultante da ação de microrganismos, insetos, ácaros, etc., que utilizam nutrientes presentes no grão para o seu crescimento e reprodução. Pode ocorrer, também, devido ao aquecimento do grão, produzido pelo calor despreendido na respiração do próprio grão e microrganismos associados - quanto maior a umidade, maior o risco de deterioração.

2.1. Características dos grãos armazenados

a) Massa porosa

Os grãos quando armazenados em silos ou em sacos, formam uma massa porosa constituída dos próprios grãos e do ar intersticial. O espaço ocupado pelo ar intergranular é de 40% a 45%. Pode ser determinado, facilmente, colocando-se uma certa quantidade de grãos em um recipiente graduado e, em seguida, derrama-se um líquido que não seja absorvido pelos grãos; óleo, por exemplo. Medindo-se a quantidade do líquido necessário para encher os espaços vazios até a superfície dos grãos, temos o volume do espaço intergranular.

O oxigênio existente no espaço intergranular é utilizado no processo respiratório dos grãos.

b) Condutibilidade térmica

Algumas substâncias apresentam determinada condutibilidade térmica, que é medida pela intensidade do calor que passa de uma região mais quente para uma mais fria. No caso de um metal, o calor passa rapidamente de maneira uniforme em todas as direções e independentemente do tamanho e forma do material condutor, entretanto, uma massa de grãos porosa apresenta uma condição diferente.

O calor se propaga de um ponto para outro por condução, convecção e irradiação. O calor em uma massa de grãos é propagado por condução de grão para grão que se encontra em contato, é também conduzido por micro-convecção, em decorrência do fluxo de ar intergranular que se desloca. A massa de grãos é um bom isolante, oferecendo uma resistência ao fluxo de calor da ordem de $1/3$ da resistência da cortiça.

Uma camada de trigo de 1 cm de espessura tem uma capacidade isolante comparável a 9 cm de concreto, aproximadamente. Em um silo situado em Port Arthur, Canadá, onde a variação média da temperatura diária foi de $41,7^{\circ}\text{C}$, constatou-se uma variação no centro da massa, situado a 3,95m da periferia, de apenas $0,5^{\circ}\text{C}$. Uma diferença de 13°C , na parede de uma célula de um silo, fica reduzida a $0,7^{\circ}\text{C}$ na massa de cereal situada a 25 cm dessa parede.

c) Equilíbrio higroscópico dos grãos

Os grãos, como qualquer material higroscópico, mantêm equilíbrio de sua umidade com determinada umidade relativa do ar, a uma dada temperatura. Isto é, eles têm a capacidade de ceder ou absorver umidade de acordo com a baixa ou alta umidade relativa do ar contido no espaço intersticial da massa de grãos. Portanto os grãos em contato com um ambiente onde a umidade relativa oscila, ganharão ou perderão umidade. No ponto de equilíbrio, a pressão de vapor d'água dentro do grão é igual à pressão de vapor d'água contido no ar. Quando o grão e o ar, que o envolve, apresentam diferentes pressões de vapor, a umidade se movimenta da substância com maior pressão de vapor para aquela que possui menor pressão até atingir um ponto de equilíbrio. Neste ponto cessa o transporte da umidade.

Devido a esta propriedade, que se constitui numa das características mais importantes, os grãos armazenados em recipientes permeáveis, como o saco de juta, tem o seu teor de umidade freqüentemente alterado pelas oscilações da umidade relativa do ar atmosférico. Em recipientes hermeticamente fechados, dá-se o fenômeno inverso, isto é, a umidade relativa do ar do recipiente é que será afetada pela umidade do grão.

Para fins práticos, desde que a variação de temperatura não seja muito acentuada, pode-se dizer que o equilíbrio higroscópico não é afetado pelas mudanças de temperatura. O teor de umidade do grão de trigo diminui, aproximadamente, 0,7% para

cada 10°C de aumento de temperatura. Para uma variação de 5,6°C, outro autor encontrou uma variação ainda menor para o trigo, de 0,15% a 0,25%. Entretanto, verifica-se que nas variações de temperatura, de grande amplitude, o equilíbrio higroscópico é influenciado de modo significativo. Nas curvas de equilíbrio higroscópico, observa-se que, para uma mesma umidade relativa, o teor de umidade de equilíbrio dos grãos apresenta a tendência para um valor mais baixo à medida que a temperatura sobe.

- Tempo necessário para atingir o equilíbrio higroscópico dos grãos:

Uma pequena camada de grãos, exposta à atmosfera, entra em equilíbrio com a umidade relativa do ar dentro de um período relativamente curto. Entretanto, um grande volume de grãos com desníveis de umidade levará um período muito longo para ficar uniforme em seu teor de umidade.

É um erro admitir que um pequeno lote, com alto teor de umidade, existente em um grande volume de grãos com baixo teor de umidade, alcance, em tempo curto, o mesmo nível de umidade apresentado pela grande massa. Em um armazém, uma pilha de sacos, onde circula o ar com facilidade, alguns sacos que apresentam grãos úmidos, permanecem neste estado por longo tempo.

- Migração da umidade

Uma massa de grãos depositada em um silo, apresenta normalmente, desníveis de temperatura. As camadas de grãos que se encontram próximas das paredes dos silos e na superfície, adquirem uma temperatura mais alta ou mais baixa, pois, as estruturas de armazenamento, concreto ou metálica, são afetadas pela temperatura externa.

O ar intergranular de uma massa de grãos não é estática, encontra-se em um contínuo movimento através de correntes de convecção, causadas pela diferença de densidade do ar quente e frio. Quando o ar intergranular se move das regiões mais quentes para as partes mais frias, o ar quente, arrefecendo na região mais fria, apresenta, maior aumento de umidade relativa e o ar cede parte da umidade para os grãos, até atingir o equilíbrio higroscópico. Este fenômeno é denominado migração da umidade, em razão dos desníveis do teor de umidade dos grãos, apesar de que, inicialmente, a massa era constituída, unicamente, de grãos que apresentavam o mesmo nível de umidade.

A migração da umidade ocorrerá se a pressão de vapor parcial sobre o grão (P_s) for maior do que a pressão do ar (P_a), causando a dessecação (dessorção da

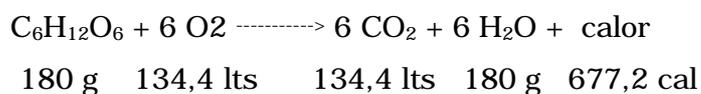
umidade) da grão. Por outro lado, o efeito reverso é obtido quando $P_a > P_s$, causando a condensação-absorção da umidade. Se $P_s = P_a$, surge o equilíbrio dinâmico, caracterizado pelo equilíbrio da umidade.

Em suma, os gradientes de temperatura no interior de silos causam correntes convectivas de ar que transferem umidade de uma parte do silo a outra. Durante os períodos frios a umidade é deslocada dos grãos quentes, localizados no centro do silo, para a superfície onde os grãos estão a temperaturas mais baixas. Durante os períodos quentes há uma inversão do processo e a região mais crítica passa a ser o fundo do silo. Esta movimentação de umidade pode ocorrer mesmo que o grão tenha sido armazenado com teor de umidade adequado, conforme observado com grãos de soja armazenados com 12 a 13% de umidade em silos de 70 m³ de capacidade. Este fenômeno, devido ao gradiente de temperatura, pode também ocorrer por difusão de vapor d'água. Estes acúmulos localizados de umidade podem proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento de organismos responsáveis por deterioração.

2.2. Processo Respiratório (geração, evolução de CO₂) e Aquecimento da Massa de Grãos.

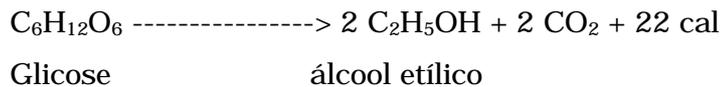
Os grãos, depois de colhidos, continuam a viver e, como todos os organismos vivos, eles respiram. Através do processo respiratório, os grãos estão sujeitos a transformações contínuas.

Sob condições aeróbias, carboidratos e lipídeos são oxidados a CO₂ e H₂O, liberando energia na forma de calor. A glicose quando desdobrada por uma combustão completa produz:



A equação apresenta apenas uma forma simplificada de traduzir o processo respiratório. Na realidade, é quimicamente bem mais complexa, desenvolvendo-se em fases distintas e com a presença de enzimas. A intensidade de respiração aeróbia é medida pelo consumo de O₂ ou de CO₂ gerado.

Sob condições anaeróbias, como no caso de silos herméticos, os produtos finais de respiração compõem de gás carbônico e alguns compostos orgânicos simples como o álcool etílico. As fermentações são processos de respiração anaeróbia. O processo ocorrendo na presença de microrganismos é o seguinte:



A quantidade de calor liberado por unidade de substrato consumido é consideravelmente menor que nos processos aeróbios.

FATORES QUE AFETAM A INTENSIDADE DE RESPIRAÇÃO

O processo respiratório é acompanhado de um desgaste das substâncias nutritivas do produto, com a conseqüente produção de CO₂. É através da determinação da sua concentração que muitos parâmetros podem ser avaliados na conservação de grãos.

Para armazenar grãos de cereais com sucesso, o grão e a atmosfera presentes devem ser mantidos sob condições que inibam ou previnam o crescimento de microrganismos e insetos que causam deterioração.

a) Umidade dos grãos

Grãos secos e frios mantêm melhor a qualidade original do produto. O teor de umidade é considerado o fator mais importante no controle do processo de deterioração de grãos armazenados. Se a umidade puder ser mantida a níveis baixos, os demais fatores terão seus efeitos grandemente diminuídos. Condições de armazenamento que promovem um aumento da intensidade da respiração dos grãos são prejudiciais porque produzem mudanças nas suas propriedades físicas e químicas que os tornam inúteis para o consumo "in natura" ou processamento industrial.

Sob baixos teores da umidade, a intensidade é baixa. Isto é explicado pelo baixo teor de H₂O capturada, viscosidade do gel citoplasmático mais alta, impedindo os processos de difusão.

O processo respiratório nos grãos armazenados é acelerado pela própria reação, a qual aumenta o teor de umidade do produto e temperatura. O aumento da umidade dos grãos tem origem com a presença da água metabólica resultante das transformações químicas da respiração.

Grãos inteiros com baixo teor de umidade apresentam uma intensidade respiratória de 0,1 ml CO₂/g sem/dia. Grãos quebrados ou danificados com alto teor de umidade, 5,0 ml CO₂/g/dia.

b) Temperatura

A temperatura é outro fator que afeta a armazenagem de grãos. Juntamente com a umidade, ela é considerada um fator crucial à interação de fatores bióticos e abióticos que promovem a deterioração de grãos. Como o grão é comumente colhido seco ou pode ter seu teor de umidade reduzido a um nível de segurança, este passa a ter um papel menos importante que o da temperatura.

Foi estudada a influência da temperatura entre 25°C e 45°C sobre a respiração da soja com alto teor de umidade, 18,5% e sob condições de aeração. A atividade respiratória foi calculada em miligramas de CO₂ produzidas por 100 g de matéria seca, durante 24 horas:

Temperatura °C	Respiração mg CO ₂ /24h
25	33,6
30	39,7
35	71,8
40	154,7
45	13,1

Um outro efeito da respiração que ocorre concomitantemente é a geração de calor. Ele eleva a temperatura de uma grande massa de grãos e acelera a deterioração.

A respiração aumentou rapidamente quando a temperatura foi aumentada de 30 para 40°C, acima da qual houve um acentuado declínio no nível de 45°C. Regra geral, uma elevação de temperatura pode acelerar a respiração de 2 a 3 vezes até certo limite, acima do qual, diminui, até que, em temperaturas muito elevadas, a respiração cessa como resultado dos efeitos destruidores que a alta temperatura tem sobre as enzimas.

A importância da temperatura em sistemas de armazenagem de grãos pode ser destacada de diversas maneiras:

- os gradientes de temperatura no interior de silos, causam correntes convectivas de ar que transferem umidade de uma parte a outra do silo, provocando a migração da umidade.

- as reações químicas catalíticas e não catalíticas são mais aceleradas a medida que a temperatura aumenta. Os teores de açúcar total e de ácido graxo livre tendem a aumentar a hidrólise de amido e gordura, ativados pelas temperaturas e

umidades altas. O teor de ácido graxo livre do produto, em vista disso, mostra-se como um indicador de deterioração.

- existe uma relação direta entre a temperatura de grãos armazenados e o número de insetos que os infestem, bem como, com a intensidade de infecção fúngica de grãos úmidos.

O efeito da temperatura no crescimento de microrganismos é o seguinte: os fungos mais comuns de armazenagem se desenvolvem mais rapidamente a temperaturas de 28 a 32°C; abaixo destes valores ele cai sensivelmente e, a 4,5°C, pode-se ter um controle bastante efetivo sobre o mesmo. Há microrganismos que crescem mesmo quando submetidos a cerca de 46°C.

A maioria dos insetos se mantém dormentes a temperaturas inferiores a 10°C e são mortos quando elas são superiores a 37,5°C. A temperatura ótima para seu desenvolvimento e reprodução é de aproximadamente 20°C, tendo sido demonstrado que se resfriando este grão a menos de 20°C, reduz-se grandemente os riscos de ataque de insetos e a 17°C, já está protegido contra a maioria das espécies.

AQUECIMENTO DOS GRÃOS

O aquecimento dos grãos é produzido pelo processo respiratório dos grãos úmidos associados aos fungos. O aquecimento, produzido por estes microrganismos, ocorre quando o teor de umidade dos grãos se encontra acima do nível considerado satisfatório para o seu armazenamento. Respiração e aquecimento de uma massa de grãos são considerados em conjunto porque são partes de um mesmo processo biológico, do qual resultam as principais deteriorações do produto.

Quando o aquecimento se apresenta em determinada região de uma massa de grãos, armazenada a granel, forma o que se denomina bolsa de calor, devido ao fato de uma massa de grãos possuir baixa condutibilidade térmica. O calor produzido pode acumular-se na região, mais rapidamente do que se desprender. Isto leva a um rápido aumento de temperatura da zona aquecida, pois, a respiração é acelerada, acentuadamente quando a temperatura e o teor de umidade dos grãos aumentam. A bolsa de calor pode originar também de um foco de infestação de insetos.

CONTROLE DO AQUECIMENTO DOS GRÃOS - TERMOMETRIA

A perda de qualidade dos grãos armazenados acha-se sempre em perigo e o produto deve ser periodicamente examinado. O método mais seguro é examinar com frequência amostras obtidas em diversos pontos da massa armazenada. Entretanto,

torna-se difícil obter, periodicamente, amostras representativas de uma grande quantidade de grãos armazenada em uma célula de um silo ou armazém graneleiro.

Felizmente, todos os fatores que ameaçam a perda de qualidade dos grãos, causam um aumento de temperatura. Assim, o registro constante da temperatura dos grãos pode impedir um processo de deterioração.

A temperatura dos grãos armazenados é um bom índice do seu estado de conservação. Toda variação brusca de temperatura deve ser encarada com bastante cautela, pesquisando-se o mais rápido possível sua causa e procurando saná-la através da aeração ou transilagem.

A aeração, homogeneizando a temperatura dos grãos, impede a migração da umidade e a formação de bolsas de calor. A transilagem, transferência da massa de grãos de uma célula para outra, passando o produto pelo ar, pode também, prevenir os danos provocados pelo aquecimento. Faz-se importante controlar a temperatura nas células de um silo e nos compartimentos de um armazém graneleiro, para em tempo hábil, evitar a deterioração do produto.

Os silos e outros depósitos que recebem o produto a granel devem ser equipados com dispositivos sensores à base de pares termoeletrônicos, através dos quais será possível obter a temperatura em diferentes alturas e regiões do interior da massa com bastante exatidão e rapidez. Também podem ser empregados tubos perfurados, dispostos no meio da massa, por onde é introduzido o termômetro. Apesar de não ser um processo tão perfeito quanto o anterior, serve para uma indicação das condições térmicas em diferentes regiões onde são colocados os tubos perfurados, com o termômetro em seu interior.

Grãos armazenados a valores de umidade acima da umidade crítica, sofrem degradação de proteínas, carboidratos, de fosfolípidos, etc., produzindo compostos lipossolúveis que contaminam o óleo com impurezas que não estão usualmente presentes. Estas afetam a cor, o odor, e o sabor. Além disso, o processo de deterioração é invariavelmente acompanhado da hidrólise de triacilgliceróis.

c) Suprimento de oxigênio

Um ou mais grupos de microrganismos estarão sempre presentes em sistemas de armazenagem visto que eles podem ser anaeróbios, aeróbios e anaeróbios facultativos. Com relação aos insetos, o maior problema de grãos secos em condições tropicais, tem havido um certo consenso de que a remoção de oxigênio da massa de grãos constitui um fator letal para o seu desenvolvimento e multiplicação. Em geral, os insetos são mortos quando o oxigênio do ar intergranular cai a cerca de 2%. Em grãos secos, altamente

infestados, a redução de O_2 se dá em poucos dias pela respiração dos insetos. Resultados experimentais indicaram que pode ocorrer um abaixamento no teor de O_2 de 15,8% para 0,8% em um dia de armazenagem em silo trincheira revestido com lona plástica. Este nível pode ser mantido por uma semana e o controle sobre os insetos foi totalmente eficiente. A redução do teor de O_2 foi testada para reduzir o aquecimento por ser um processo aeróbio. O CO_2 da respiração parece retardar a deterioração do grão. Em laboratório a aeração acelerou a respiração.

d) Condição inicial do grão e integridade da casca

É a condição geral do grão por ocasião da armazenagem, o conjunto de características físicas, químicas, biológicas e sensoriais que definem a qualidade original do material que vai ser armazenado. É estabelecido por ocasião da colheita, estando relacionada aos processos de colheita e às técnicas de limpeza. Define a capacidade do grão resistir ao ataque de insetos e microrganismos.

Durante a colheita, secagem, limpeza e transporte em elevadores, os grãos estão sujeitos a impactos mecânicos que podem levar a rachaduras e quebras, as quais servem de entrada para a invasão de fungos e insetos. Grãos não descorticados se conservam melhor do que os descorticados, e a deterioração é rápida quando o grão é preparado para a extração.

ARMAZENAMENTO DE GRÃOS A GRANEL

A implantação do manuseio e armazenagem de grãos a granel constitui uma tendência universal. Nos países desenvolvidos, a manipulação a granel é generalizada e integrada desde a colheita. À medida que o agricultor melhora o nível de tecnificação, utilizando combinadas nas colheitas, verifica-se a tendência de manipular a sua produção a granel, como acontece em algumas regiões do sul e sudeste do país.

Basicamente os depósitos destinados ao armazenamento de grãos a granel são classificados em silos elevados e silos horizontais segundo a forma da estrutura de armazenamento. Os silos elevados são os depósitos cuja altura é maior que o diâmetro. São os bin, upright storage e vertical storage. Os silos horizontais ou armazéns graneleiros tem altura menor que a base e são denominados horizontal storage ou flat storage.

- Silos elevados de concreto

São depósitos de concreto de média e grande capacidade, constituído de duas partes fundamentais, torre e conjunto de células e entrecélulas. Na torre acham-se instalados os elevadores, secadores, exaustores, máquinas de limpeza, distribuidores, etc.. Os grãos circulam na torre através de fluxos pré-determinados para as operações de limpeza, secagem e distribuição nas células armazenadoras. As células e entrecélulas são de grande altura com o fundo em forma de cone para facilitar a descarga dos grãos. As células variam de tamanho e número, segundo a capacidade desejada e estimativa do índice de rotatividade.

Face à grande movimentação dos grãos, nas diversas etapas que antecedem a carga nas células e entrecélulas, forma-se, no ambiente interno do silo (com compartimentos da torre e na parte superior), grande quantidade de pó que polui o ar interno da unidade. O pó, além de ser um poluente para a respiração dos operadores, constitui um perigoso agente de explosões e deve ser extraído para a parte externa através de exaustores e outros dispositivos.

Nos silos, de média a grande capacidade, o funcionamento automático é realizado através de um painel de controle. Os caminhos seguidos pela massa de grãos, as passagens, operações, válvulas, balanças, etc. são figuras que iluminam nesse quadro. Um operador, por meio de botões e chaves, recebe, pesa, limpa, seca e guarda o produto nas células do silo. Emprega pouca mão-de-obra para todas as operações. As operações são ajustadas visando o movimento da massa com o mínimo de interrupção, empregando-se equipamentos que atendem o fluxo de grãos. A visualização do conjunto é facilitada pelos fluxogramas que são representações gráficas de todas as operações, onde símbolos e setas indicam os equipamentos e o sentido do fluxo.

À chegada, o produto entregue em caminhões ou vagões, é pesado. Posteriormente, é procedida a descarga da massa na moega de recepção de onde é transportada por diversos sistemas elevadores (canecas ou pneumáticos) e transportadores horizontais para as células de estocagem. A saída é feita através de um transportador horizontal inferior, onde o produto é descarregado das células por gravidade e de onde, também por gravidade, é despejado nos caminhões ou vagões, que ao deixarem o silo são submetidos a pesagem. Havendo necessidade de limpeza e secagem, o produto pode ser recebido numa das células da unidade e submetido àquelas operações.

A despeito do alto investimento inicial, o silo elevado de concreto apresenta baixo custo de manutenção e vida de utilização muito longa. Proporciona um sistema de manipulação dos produtos de forma rápida, econômica e condições de armazenar diferentes espécies e variedades de grãos.

- Silos metálicos

Os silos de média e pequena capacidade, em geral, são metálicos, de chapas lisas ou corrugadas, de ferro galvanizado ou alumínio, fabricados em série e montados sobre um piso de concreto. Os silos de ferro galvanizados são pintados de branco para evitar a intensa radiação solar.

Para que sejam evitados o fenômeno da condensação de vapor d'água nas paredes internas do silo e a migração de umidade, são equipados com sistema de aeração.

O equipamento de carga e descarga dos grãos pode ser portátil, empregando-se elevador de caçamba, helicóides (rosca) ou pneumático. Nos silos de fundo chato o equipamento pneumático facilita a operação de descarga.

Os silos metálicos de ferro galvanizado exigem uma constante conservação nas regiões próximas do mar. Nas construções deve-se ter em vista uma vedação perfeita contra as intempéries, sendo os interstícios das portas e alçapões à prova de umidade.

Durante o verão, o calor solar pode aumentar a temperatura dos grãos armazenados nos silos e armazéns graneleiros metálicos. A incidência dos raios solares no teto e nas paredes das estruturas não é diretamente responsável pelas mudanças de temperatura na massa dos grãos, pois estes, apresentam baixa condutibilidade térmica. Entretanto as superfícies refletoras das estruturas externamente podem melhorar as condições térmicas da unidade armazenadora.

Silos com paredes isoladas, termicamente podem evitar ou minimizar a migração da umidade. Silos metálicos com espaço de ar entre as paredes duplas, quando localizados em clima onde a amplitude anual da temperatura é grande, não tem apresentado um grau de isolamento térmico satisfatório. As tentativas visando aumentar o isolamento térmico desses silos, colocando-se entre as paredes, material isolante, apresentam um alto custo que impossibilitam economicamente o seu uso. Os silos metálicos herméticos de média e grande capacidade com isolamento térmico de chapas de fibra de madeira tipo Eucatex e revestimento com lâminas de Duratex, para oferecer a resistência às grandes pressões que os grãos exercem sobre as paredes, apresentam viabilidade econômica.

- Armazéns graneleiros

Face ao seu baixo custo em relação ao silo elevado e rapidez na construção, o interesse sobre o emprego de armazém graneleiro tem sido crescente em muitos países. Este tipo de estrutura apresenta algumas limitações funcionais, destacando-se a necessidade de manter a massa de grãos com teor de umidade mais baixo que no silo elevado, emprego freqüente da aeração mecânica e dificuldades na descarga do produto armazenado.

São caracterizados por grandes compartimentos de estocagem de concreto ou alvenaria onde a massa de grãos é separada por septos divisórios, geralmente em número de dois, que dividem a unidade em depósitos iguais. Os septos divisórios objetivam maior rapidez de movimentação e melhores condições para o controle preservativo do produto. A unidade apresenta fundo em forma de V possuindo equipamento automático para carga e descarga. As aberturas laterais que apresentam esses graneleiros, além de permitir a entrada de insetos, causando reinfestações constantes, não apresentam condições para um possível arejamento. Seu perfil mostra que o ar quente que é mais leve é que tem acesso no interior do depósito. O armazenamento a longo prazo é problemático, tendo em vista a dificuldade para o expurgo. Os riscos de deterioração são maiores em vista da grande massa do produto estocado. Nem sempre o sistema de termometria consegue ser instalado eficientemente.

- Silos herméticos

Os silos herméticos podem manter os grãos livres de insetos e impedir o desenvolvimento de fungos. Podem armazenar grãos úmidos para a alimentação animal, desde que seja consumido logo após sua retirada do silo. O princípio básico do armazenamento hermético é o mesmo em relação aos grãos secos ou úmidos, e baseia-se no seguinte: redução da taxa de oxigênio a um nível que causa a morte ou deixa inativos os insetos e fungos, antes que esses organismos nocivos proliferem a ponto de prejudicar o produto. Em decorrência do processo respiratório dos grãos e daqueles organismos, há uma redução de oxigênio do ar confinado.

Um recipiente hermético, cheio de grãos úmidos apresenta, após um breve período, uma mudança acentuada nas proporções de oxigênio e gás carbônico, existente no ar intergranular da massa armazenada. Em decorrência, principalmente do processo respiratório dos grãos e dos fungos associados à massa, verifica-se um rápido consumo de oxigênio e um aumento acentuado da taxa de gás carbônico. A respiração dos grãos secos é baixa. Entretanto quando infestados por insetos, rapidamente consomem o oxigênio disponível e ficam asfixiados. A taxa de redução de oxigênio e do aumento de gás carbônico é determinada pelo grau de infestação de insetos e da temperatura.

Escolha do tipo de unidade armazenadora

Os principais parâmetros que devem ser verificados para escolher a unidade armazenadora a ser implantada são:

- tipo de produto a ser armazenado;

- fatores técnicos e econômicos;
- custo de instalação e de operação;
- finalidade a que se destina a unidade;
- localização.

Devido aos inúmeros parâmetros, serão mostradas, a seguir, as vantagens e desvantagens de cada tipo de unidade armazenadora a granel.

Silo metálico

Vantagens:

- fundações mais simples e baratas
- custo por tonelada inferior ao silo de concreto
- células de capacidade média permitindo maior flexibilidade operacional

Desvantagens:

- possível infiltração de água
- possibilidade de vazamento de gases durante o expurgo
- transmissão de calor ambiente para dentro da célula, podendo ocorrer condensações
- maior custo de instalação que os graneleiros

Silo vertical de concreto

Vantagens:

- menor espaço ocupado, devido seu desenvolvimento vertical
- paredes espessas, evitando transmissão de calor para a massa de grãos
- melhor conservação dos grãos, permitindo armazenagem por longo tempo

Desvantagens:

- alto custo de implantação e longo tempo para construção
- torre de serviço cara
- grande altura de queda dos grãos, causando quebra

Armazém granelizado

Vantagens:

- baixo custo de instalação
- rapidez de execução
- aproveitamento da capacidade ociosa de armazéns convencionais

Desvantagens:

- menor versatilidade de movimentação dos grãos
- baixa capacidade dinâmica
- grande quantidade de mão-de-obra para movimentar os grãos
- grande possibilidade de infiltração de água
- funcionamento inadequado do sistema de aeração, quando existente.

Armazém graneleiroVantagens:

- baixo custo por tonelada instalada
- rapidez de execução
- grande capacidade em pequeno espaço

Desvantagens:

- pequena versatilidade na movimentação de grãos
- pequeno número de células
- grande possibilidade de infiltração d'água
- possibilidade de ocorrer dificuldade de aeração