



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Tecnologia

Departamento de Engenharia de Produção

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NA LOGÍSTICA E
PROCESSAMENTO DE GRÃOS DE SOJA**

Emanuel Afonso de Oliveira

TCC-EP-25-2010

**Maringá-Paraná
Brasil**

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NA LOGÍSTICA E PROCESSAMENTO DE GRÃOS
DE SOJA**

Emanuel Afonso de Oliveira

TCC-EP-25-2010

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá.

Orientador (a): *Prof^a*. Dra. Mara Heloisa N. Olsen Scaliante

Maringá - Paraná

2010

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais que com muito esforço e amor proporcionaram apoio efetivo e financeiro para que eu pudesse concluir meus estudos, ao meu irmão que me deu como base escolher esse curso, aos meus familiares mais próximos e aos verdadeiros amigos que acompanharam toda minha jornada durante a faculdade.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado a vida e tudo que tenho de bom;

Aos meus pais, irmãos e familiares próximos, pela compreensão nos momentos de desequilíbrio;

Aos amigos e companheiros de classe, pelas ajudas em aula e trocas de amizades;

A Professora e Amiga Mara Heloísa pela tão grande ajuda com o meu trabalho;

A Professora Dra Márcia Samed e Professora Dra Gianini Luz, por aceitarem fazer parte da avaliação deste trabalho.

.

RESUMO

O presente trabalho foi elaborado com base em estudo de casos sobre os aspectos de ferramentas da engenharia de produção aplicados no processamento de grãos, tendo como foco perdas voltadas aos processos (campo, transporte, secagem e armazenagem), que alteram a produtividade final de grãos de soja.

Devido à soja ser um produto agroindustrial de grande importância econômica e produzido em larga escala no Brasil, o trabalho mostra problemas que geram perdas desse grão antes mesmo de chegarem às indústrias para serem processados, ou seja, problemas decorridos no campo e nas beneficiadoras de grãos.

Palavra chave: Processos de Secagem, Armazenamento, Logística, Lavoura.

SUMÁRIO

RESUMO	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE QUADRO E TABELA	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivo Específico	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Aspectos gerais da produtividade de grãos	5
3 Perdas de grãos no campo	7
3.1 Colheita no momento adequado	8
3.2 Seleção de regiões propícia para sementes	8
3.3 Épocas apropriadas para semeaduras	9
3.4 Cultivares para sementes de alta qualidade	10
3.5 Aplicação de fungicidas foliares	12
3.6 Perdas de grão na colheita	14
4 Perda de grãos nos processos	16
4.1 Secagem de Grão	17
4.1.1 Fundamentos do Processo de Secagem	19
4.2 Métodos de secagem	20
4.2.1 Método de secagem natural	20
4.2.2 Método de secagem artificial	21
4.2.3 Método de secagem artificial em baixas temperaturas	22
4.2.4 Método de secagem artificial em Alta temperatura	22
4.2.5 Secador artificial em alta temperatura tipo leito fixo	23
4.2.6 Secador artificial em alta temperatura tipo fluxo cruzado	24
4.2.7 Secador Artificial em alta temperatura tipo contracorrente	24
4.2.8 Secador artificial de alta temperatura tipo Cascata	25
4.2.9 Secador artificial em alta temperatura de fluxo contínuo	26
4.2.10 Método de secagem artificial de fluxo estacionário	28
5 Armazenamento de grãos	29

5.1	Tipos de armazenadores de grãos	34
5.2	Higienização para recebimento do grão.....	36
6	Transporte	38
7	Controles da qualidade da soja	39
8	CONCLUSÃO.....	42
9	REFERÊNCIAS	43

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representa um fluxograma das etapas de processamento do Grão.	6
Figura 2 - Mostra o zoneamento do Estado do Paraná para a produção de sementes de melhor qualidade.	9
Figura 3 - Mostra a imagem do grão de soja enrugado devido a ocorrência de altas temperaturas.	11
Figura 4 - Mostra sementes de soja por danos causados por picadas de percevejos.	12
Figura 5 - Imagem de uma lavoura de soja contaminada pela Ferrugem Asiática.	13
Figura 6 - Imagem de uma lavoura de soja contaminada pela Ferrugem Asiática.	15
Figura 7 - Demonstração do processo de secagem.	20
Figura 8 - Secador pequeno porte tipo leito fixo.	23
Figura 9 - Secador de fluxos cruzados.	24
Figura 10 - Esquema de um silo secador de fluxos contracorrentes.	25
Figura 11 - Representa secador de grãos de fluxo de ar misto da marca Carlos Becker.	26
Figura 12 - Imagem de um secador de fluxo contínuo, tipo fluxo de ar perpendicular ao fluxo de grãos.	27
Figura 13 - Representa o esquema do aparato experimental de fluxo estacionário.	29
Figura 14 - Imagem de um silo vertical de acionamento interno.	35
Figura 15 - Imagem de um silo horizontal coberto.	36
Figura 16 - Imagem de caminhão graneleiro com capacidade de carga de 40 à 45 toneladas de soja.	38
Figura 17 - Diagrama do monitoramento da qualidade de sementes de soja em suas etapas. ...	39

LISTA DE QUADRO E TABELA

Quadro 1 - Valores médios de teor de água de equilíbrio dos grãos de soja armazenados a 20, 30 e 40 oC, durante 180 dias. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 1 - Teor de água por período de armazenamento. 33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARD	Valores médios percentuais de grãos ardidos
AVB	Valores médios percentuais de grãos avariados
CLS	Classificação de grãos de soja
cm	Centímetros
Dp	Desvio padrão
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FRB	Percentual de grãos avariados acima do limite de referência básico
h	Horas
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
km	Quilômetro
m	Metros
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
min	Minutos
mm	Milímetros
N ^o	Número
PIB	Produto Interno Bruto
RB	Percentual de grãos avariados dentro do limite de referência básica
rpm	Rotações por minuto
T	Temperatura

t	Tempo
UBS	Unidade de base úmida
UR	Umidade relativa
URac	Umidade relativa do ar de secagem
URae	Umidade relativa do ar de exaustão
URe	Umidade relativa de equilíbrio
URG	Umidade relativa do grão
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a agricultura brasileira é um dos setores financeiros de fundamental importância para a nossa economia iniciada com o Plano Real, no decorrer do ano de 1994. Sua grande participação e o forte efeito multiplicador do complexo agroindustrial no Produto Interno Bruto (PIB), o alto valor dos produtos de origem agrícola na pauta de exportações e a contribuição para o controle da inflação são alguns exemplos da importância da agricultura para o desenvolvimento da economia brasileira no decorrer dos próximos anos.

De acordo com uma matéria publicada no site (Canal Rural, 2010), a agricultura representa um aumento de cerca 4,2% do (PIB) nacional neste ano. Quando se usa o conceito moderno de *Agro Business* (que abrange a soma total das operações de produção e distribuição de insumos e novas tecnologias aplicadas à agricultura, sua produção propriamente dita, plantio, cultivo, colheita, transporte, armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e seus derivados), a participação do complexo agroindustrial alcança mais de 35% do PIB, com possíveis aumentos no futuro, isso mostra o efeito multiplicador que esse setor contribui para sobre a economia como um todo para boa parte do País.

Um dos principais produtos agroindustriais e de muita importância para economia brasileira, que contribui com crescimento do (PIB), é a soja. Esta é um grão rico em proteínas, cultivado como alimento tanto para humanos quanto para animais. A soja pertence à família das leguminosas, assim como o feijão, a lentilha e a ervilha. O seu processamento é iniciado com o esmagamento do grão, onde se separa o óleo bruto (aproximadamente 20% do volume do grão), e o restante é farelo e sendo fundamental como suplementação animal. Logo, o óleo bruto passa por um processo de refinamento até assumir propriedades ideais ao consumo como óleo comestível (Canal Rural, 2010).

Atualmente no Brasil a soja teve um explosivo crescimento na sua produção, sendo um número quase trinta vezes maior no transcorrer de apenas três décadas, determinando uma série de mudanças sem precedentes na história da economia brasileira. Foi a soja, sendo no começo auxiliada pelo trigo, a grande responsável pelo surgimento da agricultura comercial no Brasil. A soja apoiou ou foi a grande responsável pela aceleração da mecanização das lavouras brasileiras, implantação de novas tecnologias, pela atualização do sistema de

transportes, aumento das fronteiras agrícolas, profissionalização e incremento do comércio internacional, modificação e enriquecimento da dieta alimentar dos brasileiros, aceleração da urbanização do país, adaptação de outras culturas (como a produção de milho), e impulsionando a agroindústria nacional contribuindo no desenvolvimento da avicultura e suinocultura do Brasil (Canal Rural, 2010).

A soja foi caracterizada por ter seu aumento muito rápido, de nada menos que aproximadamente 30% da área plantada com grãos, no decorrer dos últimos anos, sendo radicalmente diferente do padrão que prevaleceu durante toda a década de 1990, onde a área agrícola total com lavouras permaneceu constante, e todo o aumento da produção agrícola vegetal veio de aumentos de produtividade da terra (Canal Rural, 2010).

No Brasil, a safra de grãos no ano de 2007/2008 foi cerca de 145 milhões de toneladas, um recorde para a agricultura interna; desse total, foram produzidos 60 milhões de toneladas de grãos de soja, ou seja, 41,4% da produção nacional (Brasil, 2008).

A qualidade dos grãos é um parâmetro bastante relevante para comercialização e processamento, podendo afetar o valor do produto. Apesar de toda tecnologia disponível à agricultura brasileira, as perdas qualitativas e quantitativas, originadas durante o processo de pós-colheita, ainda não são bem controladas e, durante o armazenamento, a massa de grãos é constantemente submetida a fatores externos, os quais podem ser físicos, como temperatura e umidade; químicos, como fornecimento de oxigênio, e biológicos, como bactérias, fungos, insetos e roedores (Brooker *et al.*, 1992). Para Villa e Roa (1979), os parâmetros temperatura, teor de água, tempo de armazenamento e porcentagem de grãos quebrados, são fatores que podem acelerar ou retardar o processo de deterioração do produto.

Logo, a soja tornou-se um produto de grande importância econômica no mercado interno e também externo. Assim, este trabalho tem o intuito de realizar um estudo de caso com objetivo principal de avaliar os métodos na capacidade e viabilidade de armazenagem nas indústrias, com a finalidade de usar metodologias adequadas para que não ocorram problemas futuros devido às condições inadequadas de armazenagem desse grão, priorizando sua qualidade.

1.1 JUSTIFICATIVA

À medida que a globalização é uma realidade mundial e aumenta a competitividade de abastecimento de alimentos para um consumo cada vez maior, e sendo o Brasil um país tradicionalmente agrícola, torna-se uma prioridade produzir e armazenar alimentos cada vez melhor. Nestes processos a qualidade da matéria-prima é fundamental, pois os produtos alimentares apresentam sua qualidade condicionada à qualidade da matéria-prima que lhes deu origem. O armazenador de grãos deve ter como objetivo principal a preservação da qualidade dos produtos sob sua responsabilidade. Portanto, entender como as perdas ocorrem durante o armazenamento com e sem sistema de aeração, em diferentes níveis de umidade; verificar a variação do teor de óleo, proteína e acidez e obter modelos matemáticos para prever o comportamento da soja em função dos indicadores de qualidade é relevante para o processo produtivo desse cereal.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo geral a realização de um levantamento bibliográfico a fim de avaliar as perdas na produtividade de grãos em unidades armazenadoras, buscando compreender com a logística de armazenagem as operações aplicadas a abrigar, manter adequadamente estocado e em condições de uso, protegendo e abrigando o produto para uma melhor qualidade final.

1.2.2 Objetivo Específico

A fim de se atingir o objetivo proposto no presente trabalho, será realizado um levantamento bibliográfico abordando os seguintes tópicos:

- Perdas no campo, durante colheita e no processamento;
- Secagem de grãos;
- Armazenamento e transporte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será apresentado um levantamento bibliográfico a partir de dados publicados em livros e revistas relacionadas ao assunto, além de materiais coletados na internet. Por meio de estudo de casos, onde serão relatados fatos sobre logística com objetivo voltado para qualidade de grãos onde suas perdas são ocasionadas por alto teor de umidade, deficiência no plantio e colheita da soja, onde esses acabam afetando toda produtividade final desse grão.

2.1 Aspectos gerais da produtividade de grãos

As perdas médias de grãos no Brasil, estimadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Companhia Nacional de Abastecimento e (FAO) *Food and Agriculture Organization*, são de aproximadamente 10% do total de grãos na qual são produzidos durante todo o ano. Dependendo de qual ano a safra foi produzida, isso pode representar cerca de 8 a 9 milhões de toneladas, porém as perdas em qualidade podendo ser ainda maiores, pois comprometem o uso do grão ou o classificam para uso com menor valor agregado devido sua péssima qualidade (Barberato, 2001). Como exemplo o grão com baixa qualidade é destinado para produção de Biodiesel e não para produção de derivados de uso humano.

Os grãos, no ambiente de armazenamento, comportam-se como um ecossistema, no qual os elementos bióticos (grãos, insetos e microflora) e abióticos (impurezas, ar intergranular, vapor d'água e estrutura de armazenagem) são afetados, tanto química como biologicamente, por fatores ambientais, como temperatura, umidade e composição do ar. Esses componentes são as variáveis do sistema e estão continuamente interagindo entre si (ATHIÉ *et al.*, 1998).

A perda da qualidade do grão se dá em diversos momentos, tais como no campo, colheita, processamento e armazenagem. Dependendo das condições nas quais o grão se encontra num determinado estágio como mostra a (Figura 1), este poderá afetar significativamente o estágio seguinte.

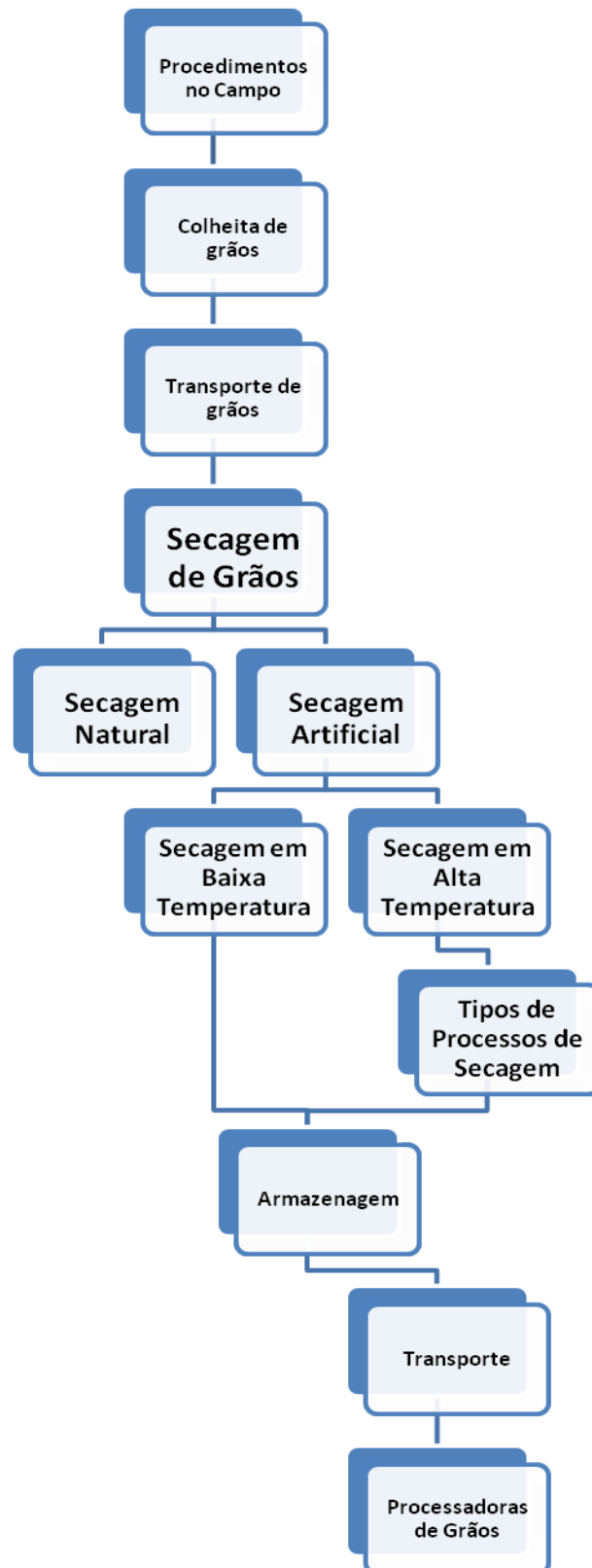


Figura 1 - Representa um fluxograma das etapas de processamento do Grão.

A seguir, far-se-á uma breve descrição das condições adequadas ao grão em cada uma dessas etapas.

3 Perdas de grãos no campo

Estresses climáticos e nutricionais freqüentemente associados com danos causados por insetos e por microorganismos são considerados como as principais causas de deterioração das sementes no campo. A deterioração por umidade é a fase desse processo que ocorre após a maturação fisiológica, antes, porém, das sementes serem colhidas.

Segundo o pesquisador Francisco Krzyzanowski, da Embrapa Soja, a exposição de sementes de soja a ciclos alternados de elevadas e baixas umidades antes da colheita, devido à ocorrência de chuvas freqüentes, ou às flutuações diárias de alta e baixa umidade relativa do ar, resultará na deterioração por umidade. Essa deterioração será ainda mais intensa se tais condições estiverem associadas com condições de elevadas temperatura. Como resultado desse processo, ocorre formação de rugas nos cotilédones, na região oposta ao hilo. A deterioração no campo será intensificada pela interação com alguns fungos de campo, como *Phomopsis* ssp. e *Colletotrichum truncatum*, que, ao infectarem as sementes, podem reduzir o vigor e a germinação.

Diversas práticas podem ser utilizadas para minimizar as conseqüências da deterioração no campo:

- Colheita no momento adequado;
- Seleção de regiões propícias para sementes;
- Épocas apropriadas para semeaduras;
- Cultivares para sementes de alta qualidade;
- Aplicação de fungicidas foliares.

3.1 Colheita no momento adequado

As sementes devem ser colhidas no momento adequado, evitando que a colheita não seja atrasada para evitar desperdício. A semente é colhida quando a quantidade de água atinge valores por volta de 15% de umidade durante sua secagem no campo. O atraso de colheita resultará em reduções de germinação e vigor e aumento de infecção por fungos no campo. (Costa *et al.*, 1983).

De acordo com França Neto *et. al.* (2006), em condições tropicais e subtropicais, a semente de soja é colhida antecipadamente para reduzir os efeitos da deterioração por umidade em nível de campo. Nesta situação, a semente de soja deve ser colhida quando o seu grau de umidade esta na faixa de 16 à 20%.

A operação de colheita poderá ser antecipada, sendo realizada com graus de umidade das sementes ao redor de 18%. Tal operação poderá ser adotada, caso o produtor tenha amplos conhecimentos das regulagens do sistema de trilha, visando a não ocorrência de elevados índices de danos mecânicos latentes. Além disso, uma estrutura adequada de secadores deverá estar disponível.

3.2 Seleção de regiões propícia para sementes

Para a produção de sementes de alta qualidade requer que as fases de maturação e de colheita ocorram sob temperaturas frias durante a madrugada e grande elevação no decorrer do dia, chamada de temperaturas amenas, juntamente em condições climáticas de baixa umidade. Geralmente essas condições são difíceis de encontrarem em regiões tropicais, ocorrendo em áreas com altitude superior a 700 metros, ou onde isto não ocorre acaba se ajustando a época de semeadura para a produção de sementes Costa *et al.* (1994). (A Figura 2) mostra as regiões mais adequadas para produção de sementes no estado do Paraná.

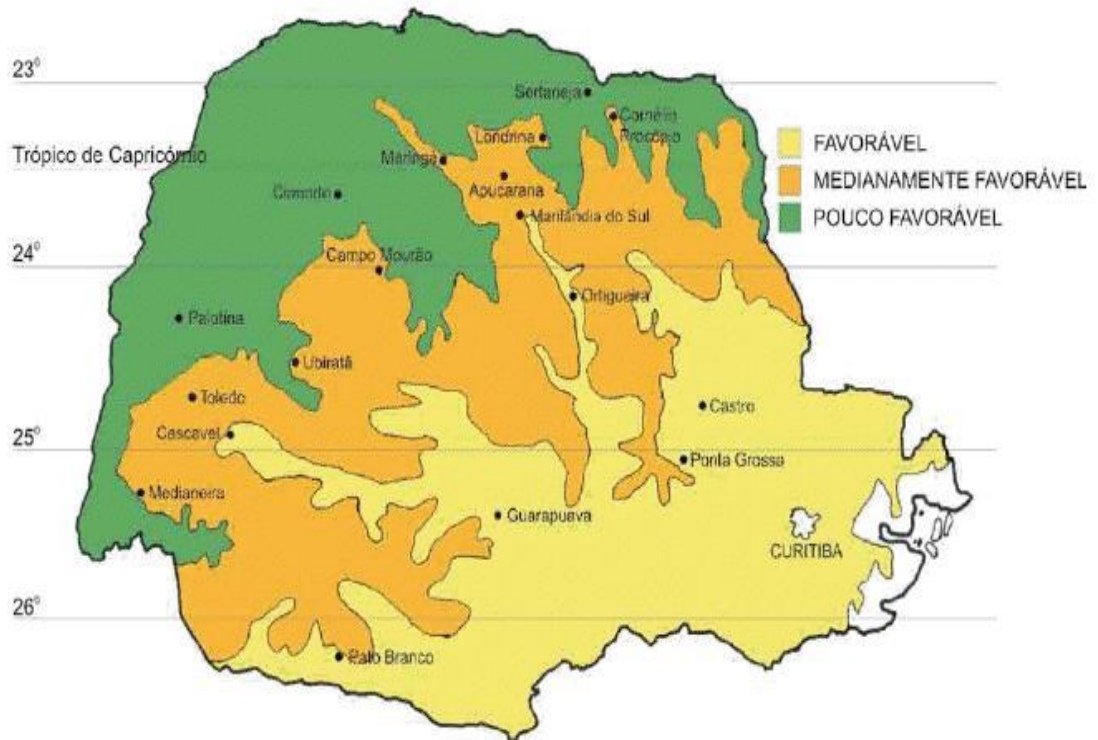


Figura 2 - Mostra o zoneamento do Estado do Paraná para a produção de sementes de melhor qualidade.

Fonte: Arte: Danilo Estevão. Adaptado de Costa *et al.* (1994).

3.3 Épocas apropriadas para semeaduras

Épocas para regiões tropicais e subtropicais existem datas distintas para a produção de grãos e sementes. Para a produção de grão, a data de semeadura deve ser ajustada para a maior produtividade possível. Para a produção de sementes, o fator qualidade tem maior importância que o fator produtividade. A época de semeadura deve ser ajustada sendo que o amadurecimento da semente ocorra sob temperaturas amenas juntamente com menores índices de precipitação. Para os estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, as melhores produtividades ocorrem quando a semeadura ocorre no final de outubro e meados de novembro. Quando a semeadura ocorre antes do prazo determinado a sua maturação pode coincidir na mesma época em que a umidade é elevada, devido a grande quantidade de chuvas e altas temperaturas, sendo assim desenvolvendo uma

baixa germinação e elevada percentagem de deterioração por umidade e alta incidência de patógenos. Assim, semeaduras que ocorrem em meados de dezembro resultam em sementes de baixa qualidade devido ao ataque de percevejos sugadores. (França Neto *et al.*, 1984).

3.4 Cultivares para sementes de alta qualidade

De acordo com Costa *et al.*, além de possuir bons potenciais de produtividade, as *cultivares* devem produzir sementes de alta qualidade, o que assegurará a obtenção de estandes adequados de plantas.

No Brasil, existem diversos programas de melhoramento genético da semente (França Neto *et al.*, 2004). A produção de cultivares com mais de 5% de lignina no tegumento têm propiciado a produção de semente de melhor qualidade, pois a lignina desenvolve maior resistência ao dano mecânico ao grão e também maior tolerância a umidade.

Existem também outros trabalhos relacionados com a seleção para alta qualidade da semente visando o melhoramento genético, focando a melhoria da semente da soja podendo mencionar outras propriedades do tegumento como exemplo a impermeabilidade da água, a cor, a presença da epiderme cerosa e as características de seus poros, resistência a fungos, tamanho da semente e outros melhoramentos ainda sendo desenvolvidos.

Esses mesmo autores asseguram que outros fatores do campo podem também afetar a qualidade das sementes, como a ocorrência de longa estiagem acompanhada por calor intenso (25 à 35°C) na fase de enchimento de grãos. Tais condições podem resultar na produção de sementes com elevados índices de enrugamento e com menor qualidade como mostra a (Figura 3). Esse problema pode ser evitado mediante o ajuste da época de semeadura e do uso de cultivares tolerante a esses estresses climáticos (França Neto *et al.*, 1993).



Figura 3 - Mostra a imagem do grão de soja enrugado devido a ocorrência de altas temperaturas associadas a secas durante a fase de enchimento do grão.

Fonte: J.B. França Neto (1993).

A adequação da fertilidade do solo, através da correção da acidez e do fornecimento de níveis adequados de potássio e fósforo é também essencial para a produção de sementes de soja de boa qualidade.

Outro tipo de dano que vem causando sérios prejuízos à indústria de semente é o que resulta da incidência de percevejos. As sementes contaminadas podem apresentar manchas típicas, podendo ser deformadas e enrugadas como mostra a Figura 4. A presença desse inseto deve ser constantemente monitorada. Em campos de produção de sementes, o controle deve ser iniciado de imediato, quando a presença de percevejos é constatada. Quando os percevejos se alimentam de sementes, eles inoculam com a levedura *Nematospora Coryli Peglion*. A colonização dos tecidos das sementes por essa levedura causa sérias necroses, resultando em perdas de germinação e vigor (COSTA *et. al.*, 2010).

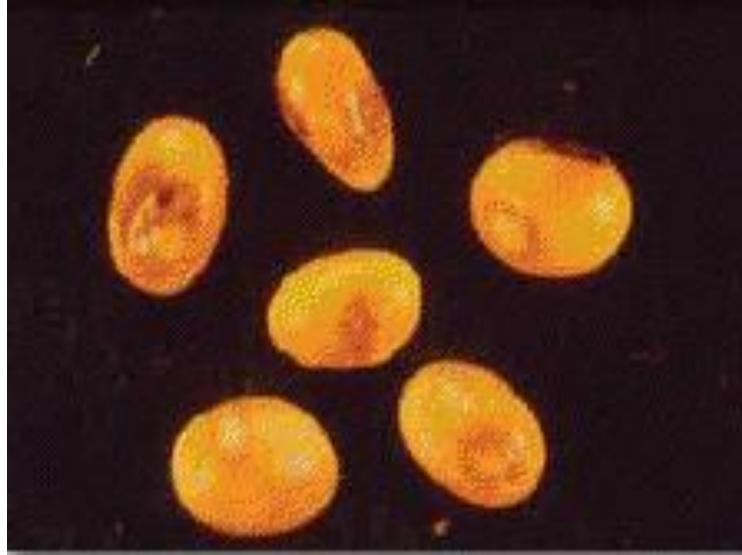


Figura 4 - Mostra sementes de soja por danos causados por picadas de percevejos.

Fonte: J. B. França Neto.

3.5 Aplicação de fungicidas foliares

O controle de doenças através da aplicação de fungicidas foliares pode resultar em ganhos na produtividade e de qualidade de sementes. Hoje essa pratica é usada para o controle da ferrugem da soja, sendo esse problema um dos mais comuns em lavouras de soja Figura 5. O controle de doenças como as causadas por fungos, como o *Colletotrichum truncatum*, além daquelas de final de ciclo, causadas por *Phomopsis* spp., *Cercospora Kikuchii* e *Septoria glycines*, pode resultar na produção de sementes de melhor qualidade, na qual, gera um ciclo de produtividade do grão de soja maior (Agro Rede, 2007).



Figura 5 - Imagem de uma lavoura de soja contaminada pela Ferrugem Asiática.

Fonte: Agro Rede (2007).

Lavouras de safras dos anos de 2002/2003 com esse tipo de doença tiveram sua produtividade final reduzida aproximadamente em 70%, sendo isso quando são comparadas as áreas tratadas com fungicidas e áreas que não recebe o mesmo tipo de atenção, logo se sabe que as perdas quantitativas ocorridas por esse problema é muito grande (Agro Rede, 2007).

Segundo a empresa química BASF S.A. (2008), a disseminação do fungo é ocorrida pelos ventos. Os primeiros sintomas aparecem a partir de 3 dias depois da infecção e a produção de esporos a partir de 4 dias. Cada pústula produz esporos durante três semanas. Diferente de outras doenças, a ferrugem-asiática não necessita de estômatos ou ferimentos para infecção, ela penetra diretamente pela cutícula e epiderme, tornando a infecção mais rápida. Além de umidade e temperatura, períodos maiores de pouca luz são necessários para o desenvolvimento desse problema. Regiões com maiores latitudes e maior período diário de luz no verão tendem a ter menores problemas com isso, é o caso da região sul do Brasil. O ambiente favorável para esse tipo de problema são em temperaturas altas com variação de 22

à 28°C, com a umidade relativa do ar elevada. O manejo adequado para evitar a manifestação desse problema, deve ser feito da seguinte forma:

- Adubação equilibrada;
- Espaçamento adequado e população de plantas;
- Eliminação de plantas hospedeira;
- Plantio de variedades precoces;
- Emprego de fungicidas.

O melhor método para evitar esse problema que gera perda significativa no campo é o uso preventivo de fungicidas.

3.6 Perdas de grão na colheita

É a etapa mais crítica de todo o processo de produção de semente de soja. Esta etapa pode ser uma importante fonte de mistura de variedades, se procedimentos especiais não forem observados como: isolamento entre campos de produção de sementes e a limpeza completa das máquinas colhedoras Figura 6 e carretas transportadora. A colheita mecanizada pode ser uma fonte de sérios problemas de danos mecânicos. É essencial que os mecanismos de trilha estejam bem ajustados visando à obtenção de uma trilha adequada com os menores índices de danos mecânicos. Colhedoras com o sistema de trilha axial podem causar menos danos às sementes. Além disso, em máquinas com sistema transversal de trilha, é recomendada a utilização de sistemas de polias que permitam a redução da velocidade do cilindro batedor a níveis de rotação abaixo de 300-400 rpm (COSTA *et. al.*, 2010).



Figura 6 - Imagem de uma máquina colheitadeira de soja.

Fonte: Valtra Tratores (2010).

Outro aspecto importante a ser levado em consideração durante a colheita é o grau de umidade das sementes. Sementes secas, ou seja, aquelas com umidades abaixo de 12% tenderão a apresentar danos mecânicos imediatos, caracterizados por fissuras, rachaduras e quebras. Sementes com graus de umidade acima de 14% são mais suscetíveis aos danos mecânicos latentes, caracterizados por amassamento e abrasões. Os níveis de danos mecânicos são reduzidos se as sementes de soja são colhidas tão logo seja possível, após atingirem graus de umidade entre 14% a 13% (COSTA *et. al.*, 2010).

Em geral, as seguintes sugestões podem auxiliar na redução dos danos mecânicos durante a operação da colheita (VALTRA TRATORES, 2010):

- Ajustar a velocidade do cilindro (400 rpm ou menos) de maneira adequada para a completa abertura das vagens, com o mínimo nível de dano mecânico;
- A abertura do côncavo deve ser a mais ampla possível, que permita uma trilha adequada;

- As sementes trilhadas devem ser avaliadas através do teste de hipoclorito de sódio, pelo menos três vezes ao dia, para efetuar ajustes no sistema de trilha, se o nível de dano mecânico esta acima do aceitável;
- Todas as partes do sistema de trilha devem ser mantidas em boas condições de uso, especialmente as barras estriadas, que não podem estar desgastadas;
- Colher com velocidade adequada de deslocamento;
- Motor regulado;
- Evitar produzir cultivares com sementes suscetíveis ao dano mecânico.

4 Perda de grãos nos processos

De acordo com Lorini (2005) a presença de pragas que se iniciam na colheita é um fator que interfere muito na qualidade e perda do grão, pois esse problema decorre para o armazenamento e transporte. Além disso, se os armazéns não forem corretamente higienizados, as pragas de safras anteriores encontradas nesses armazéns levarão a contaminação da nova safra.

O beneficiamento de sementes é necessário para remover contaminantes, tais como materiais estranhos (vagens, ramos, torrões e insetos), semente de outras culturas e de ervas daninha. Além disso, tal operação tem outras finalidades: classificar as sementes por tamanho; melhorar a qualidade do lote pela remoção de sementes danificadas e deterioradas; aplicar fungicidas e inseticidas às sementes, quando necessários; e para embalar adequadamente as sementes para sua comercialização.

Mistura varietal e dano mecânico são problemas potenciais em termos de qualidade de semente, relacionados com o beneficiamento. Esses problemas são reduzidos e mesmo evitados com o planejamento e manejo adequados da Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS). As maiores fontes de danos mecânicos nas sementes durante a operação de beneficiamento são: numero excessivo de quedas; utilização de elevadores desajustados ou

inadequados para sementes, como os de descarga centrífuga; e o transporte das sementes em cintas com alta velocidade.

A operação de beneficiamento mais adequada para o processamento da semente de soja segue a seguinte seqüência: máquina de ar e peneiras; separador em espiral; padronizadora por tamanho; mesa de gravidade; tratador de sementes (se necessário); e embaladora. A padronizadora por tamanho classifica as sementes por tamanhos, sendo sugerida a classificação das mesmas em intervalos de 0.5 mm. As sementes padronizadas por tamanho passarão pela mesa de gravidade, que irá completar a limpeza física das sementes, através da separação das sementes menos densas, mas de mesmo tamanho e forma. (França Neto *et al.*, 1993).

Deve-se dar preferência ao uso de moegas vibratórias, que por serem menos profundas, resultam na ocorrência de menores índices de danos mecânicos. As sementes devem passar pelas máquinas de pré- limpeza, visando remover as impurezas grosseiras e as pequenas.

Caso as sementes cheguem à Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) com mais de 12,5% de umidade, sugere-se a realização da secagem, até o nível de umidade de 12%. Nas temporadas de chuvas, é comum que as sementes de soja sejam colhidas com 18% a 19% de umidade. Nessas situações, é imprescindível que a secagem seja realizada de imediato. Caso isso não seja possível, as sementes úmidas poderão permanecer em silos pulmão sob constante aeração (3 a 5 m³/min/t) por períodos de até dois dias (COSTA *et al.*, 2010).

Sementes de soja podem ser secadas em secadores estáticos e intermitentes, tomando-se a precaução de que a temperatura da massa de sementes não venha a ser superior a 40% e que a umidade relativa do ar de secagem não seja inferior a 35%. Em secadores estáticos, a camada de secagem das sementes deve ter no máximo de 70 cm.

4.1 Secagem de Grão

De acordo com Silva (2004) o processo de secagem é aplicado para reduzir o teor de umidade de produtos agrícolas. Desse modo, é reduzida disponibilidade de água para:

- (a) O desenvolvimento de fungos e bactérias, o que evita o surgimento de grãos ardidos e micotoxinas;
- (b) A realização do processo de respiração dos grãos que provoca perda de peso e gera calor,
- (c) A execução de reações bioquímicas que promovem a auto-degeneração do produto.

O teor de umidade corresponde à relação percentual entre a massa de água presente e a massa total do produto. A meta maior da armazenagem é conservação da matéria seca. Para tanto, devido ao menor custo é recomendada a secagem. Para as condições brasileiras, o teor de umidade ideal para a armazenagem de grãos e sementes é de 13% (SILVA, 2004).

Os grãos e sementes podem ser extremamente duráveis, mas são também altamente perecíveis. Se forem colhidos em boas condições e subsequentemente mantidos com baixos teores de umidade e baixa temperatura, eles podem reter seu poder de germinação e outras qualidades por longos períodos.

A colheita de sementes com teor de umidade acima do ideal das condições de armazenamento é comum entre os produtores de sementes no Brasil, pois, as sementes permanecendo nas lavouras após sua maturidade fisiológica, ficam expostas à ação das variações de temperatura, umidade relativa e ou chuvas, em processos de sorção e dessorção de água, causando grandes estragos físicos e fisiológicos (SILVA, 2004).

Uma forma de evitar esse problema de secagem natural no campo é tornando-se necessária antecipar o tempo de colheita, obtendo sementes com grau de umidade alto de forma que ocorrera a necessidade de secagem imediata do grão, possibilitando obter sementes que apresentem reduzidos índices de danificação e deterioração, permitindo ao produtor melhor planejamento para colheita.

No Brasil, parte significativa da produção de grãos ainda é secada de forma primitiva, ou seja, secagem natural no campo por longos períodos. Os métodos utilizados para se processar a secagem de grãos são bastante diversos. Para o caso da soja, o mais utilizado é a forma de secagem artificial, que são feitas em altas temperaturas, provocadas por fluxos de aquecimentos artificiais, e tem capacidade de secagem maior que a dos métodos convencionais.

4.1.1 Fundamentos do Processo de Secagem

O processo de secagem envolve a retirada de uma parcela de água das sementes através da transferência simultânea de calor do ar para as sementes e de água, por meio de fluxo de vapor, das sementes para o ar. Logo, a secagem de sementes em convecção forçada do ar aquecido compreende dois processos simultâneos: O primeiro é a evaporação da água superficial das sementes para o ar circundante; O segundo é o movimento de água do interior para a superfície das sementes, em virtude de gradiente hídrico entre essas duas regiões (SILVA, 2004).

O aquecimento do ar é utilizado de modo a aumentar as pressões de vapor da superfície das sementes e do ar de secagem, diminuindo sua umidade relativa, que adquire maior capacidade de retirada de água.

Para SILVA (2004) para reduzir a umidade relativa do ar de secagem é recomendado aquecê-lo. Isto pode ocorrer naturalmente, por meio da radiação solar, ou então, artificialmente utilizando fornalhas a lenha ou queimadores a gás. Assim, o ar de secagem tem o seu potencial de secagem aumentado. O que traduz em maior capacidade de transferência de calor ao produto e transportar o vapor proveniente do produto. Didaticamente, o processo de secagem ocorre segundo três passos Figura 7:

Primeiro: o ar de secagem cede calor ao grão. Isso força a umidade contida no grão a migrar para o micro-clima. Assim, a umidade relativa do ar no micro-clima - UR_g (umidade relativa do grão) aumenta.

Segundo: pelo fato da umidade relativa do ar do micro-clima ser maior que a do ar de secagem, ou seja, UR_g maior que UR_{ac} (umidade relativa do ar de secagem), é estabelecido o fluxo de vapor no sentido do micro-clima para o ar de secagem.

Terceiro Passo: como o ar de secagem repassou calor ao grão e recebeu vapor de água: a sua temperatura diminui, sua umidade relativa aumenta. O ar de secagem passa então a ser denominado ar de exaustão. Quanto mais próxima de 100% for a umidade relativa do ar de exaustão - UR_{ae} (umidade relativa do ar de exaustão) maior será a eficiência da secagem.

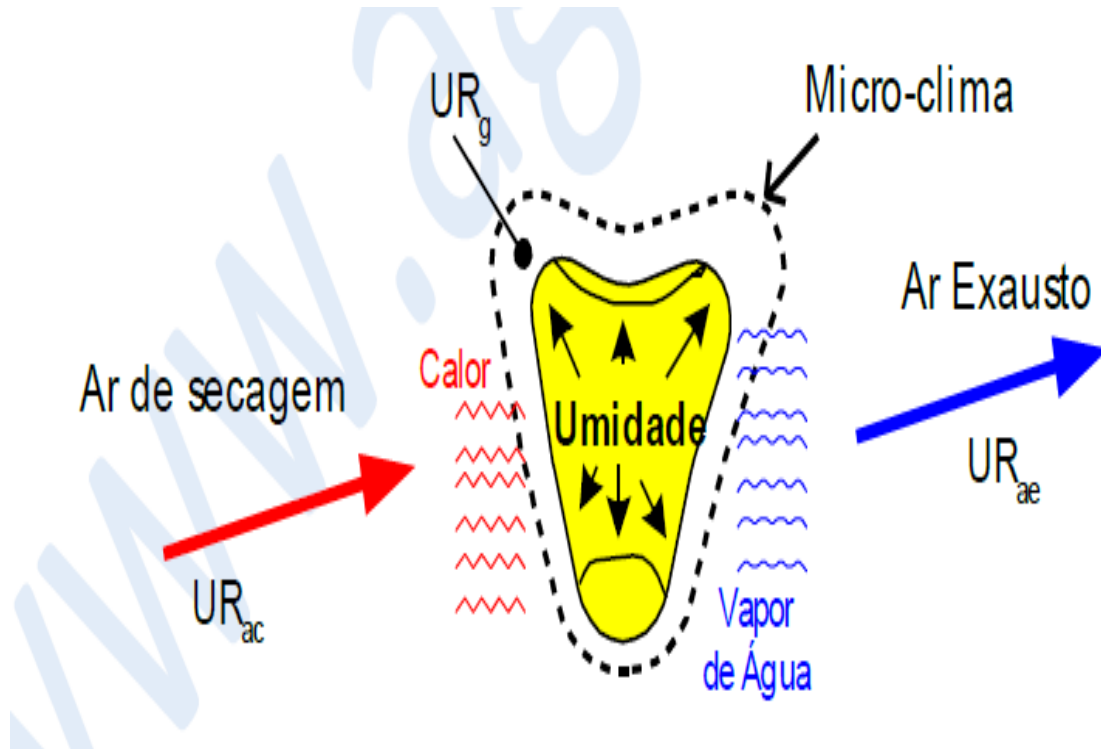


Figura 7 - Demonstração do processo de secagem.

Fonte: Silva (2004).

4.2 Métodos de secagem

Os métodos de secagem são classificados da seguinte forma (Kreyger, 1973; Brroker *et al.*, 1974; Lasseran, 1979; Silva *et al.*, 1983; Carvalho, 1994; Miranda *et al.*, 1999):

- quanto à utilização de equipamentos (secagem natural ou artificial);
- quanto à exposição ao calor (secagem contínua ou intermitente);
- quanto à movimentação dos grãos (secagem estacionária ou contínua).

4.2.1 Método de secagem natural

A secagem natural é baseada nas ações do vento e do sol para a remoção da umidade das sementes. Tal processo é limitado pelo clima, quando as condições de umidade relativa do ar e temperatura não permitem, ou quando se trata de maiores volumes de sementes. Apesar de

este apresentar baixo custo, é um método lento, e as sementes não devem ser expostas em camadas superiores a 4-6 cm, com revolvimento periódico. Apresenta desvantagens que decorrem do intensivo uso de mão-de-obra, uma vez que as operações gerem baixo rendimento e o processo é totalmente dependente das condições climáticas disponíveis (CARVALHO, 1994).

Assim, este método utilizado necessita de cuidados especiais para que as sementes não sofram aquecimento excessivo e que a secagem ocorra do modo mais uniforme possível. Uma das poucas vantagens desse método é que os riscos de danificação mecânica decorrentes dos processos e grãos trincadas pelas altas temperaturas de secagem são baixos, sendo em alguns raros casos pode descartar problemas térmicos quando se tem uma constante temperatura, com poucas variações dependendo muito das condições psicrométricas do ar ambiente, que muitas vezes não são adequadas para a secagem das sementes, pois ocorre muita variação no decorrer do dia. Este é um método adequado para uma quantidade pequena de sementes a serem secadas, pois necessita de monitoramento constante, logo para grandes quantidades é inviável.

4.2.2 Método de secagem artificial

Nos métodos de secagem artificial, a fonte térmica pode ser variável. O que caracteriza o método como artificial é o fato de que, praticamente todo o processo é executado com o auxílio de aparelhos mecânicos, elétricos ou eletrônicos e o ar é forçado através da massa de grãos e ou sementes, tendo em vista a rapidez com que remove quantidades elevadas de água. Principalmente na produção de grãos esta é a opção mais frequentemente adotada.

Segundo Silva (2004) a secagem artificial consiste no emprego de artifícios para acelerar o processo. E isto configura nos secadores que se apresentam sob diferentes configurações e contêm acessórios como: sistema de aquecimento do ar (fornalhas a lenha ou queimadores de gás), sistema de movimentação do ar (ventiladores), ou sistema de movimentação dos grãos (elevadores de caçambas transportadores helicoidais ou fitas transportadoras).

Em função da temperatura do ar de secagem, a secagem artificial é subdividida em: secagem a baixa temperatura, e secagem a alta temperatura, na qual se utiliza o ar natural ou aquecido de 1 à 8°C acima da temperatura ambiente e secagem em alta temperatura, que consiste em

aquecer o ar a temperaturas iguais ou superiores de 8 à 10°C acima da temperatura ambiente (SILVA, 2004).

4.2.3 Método de secagem artificial em baixas temperaturas

Na modalidade de secagem a baixa temperatura, o ar de secagem é aquecido em no máximo 10°C acima da temperatura ambiente. O que em determinadas regiões é dispensado devido ao potencial de secagem do ar ambiente. Devido a temperaturas próximas a 30°C e umidade relativa do ar abaixo de 60%. Estruturalmente, os secadores dessa modalidade configuram como silos, que possuem as seguintes características: fundo perfurado; capacidade estática máxima de 300 toneladas (5.000 sacas); e altura de cilindro máxima de 6 metros (Grãos Brasil, 2004).

Quanto aos parâmetros de secagem:

O fluxo de ar deve estar entre 1,0 e 10 m³/min por tonelada de produto, o silo deve possuir área de suspiros equivalente a 1,0 m² para cada 300 m³/min de ar insuflado e o enchimento do silo pode ser feito por etapas ou em uma única vez.

A secagem neste tipo de secador pode durar de 15 a 30 dias e dependem da temperatura, umidade relativa e vazão do ar de secagem. O importante é que estes três parâmetros sejam definidos corretamente. Isto para que a secagem seja completada, sem a ocorrência de deterioração do produto. Essa modalidade é altamente recomendada para a secagem de arroz, tendo em vista a alta susceptibilidade deste produto a trincas devido aos choques térmicos, sendo pouco usado para a secagem de soja.

4.2.4 Método de secagem artificial em Alta temperatura

Nesta etapa, os secadores operam com temperaturas do ar de secagem superiores em mais de 10°C acima da temperatura ambiente, podendo ser os secadores de leito fixo, fluxos cruzados, fluxos de contracorrente, fluxos concorrentes e fluxos mistos (Grãos Brasil, 2004).

4.2.5 Secador artificial em alta temperatura tipo leito fixo

Neste secador a camada de grão permanece estática durante a secagem. Esse modelo usa um tipo de fornalha a lenha, ventilador e câmara de secagem com capacidade estática em torno de 5 toneladas. O tempo de secagem por ciclo é de 5 horas. O fluxo de ar varia de 1 à 10 m³/min. m² de área da câmara de secagem, sendo a variação da sua temperatura de 40 à 50°C (Grãos Brasil, 2004).

Este, como mostra na Figura 8, por ter capacidade de secagem pequena por volta de 1tonelada/h, não é destinado para a secagem de soja, pois não atende a demanda desse tipo de grão, mas sendo muito eficiente na secagem de milho em espiga, feijão em ramas, café e arroz.

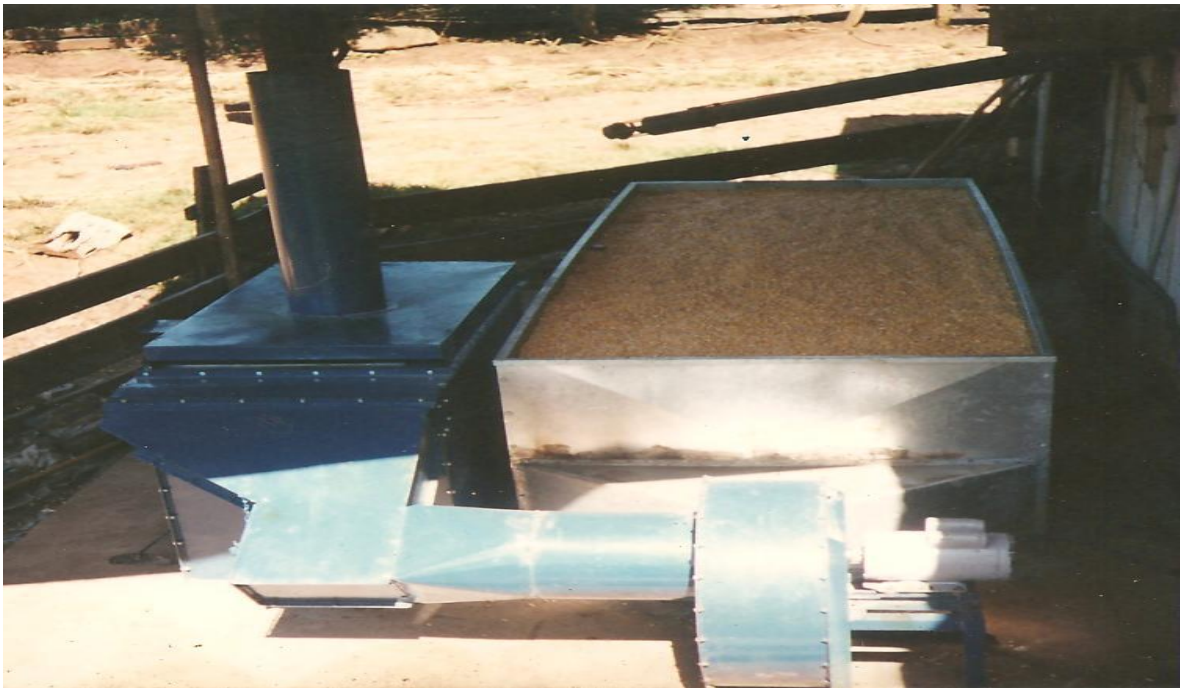


Figura 8 - Secador pequeno porte tipo leito fixo.

Fonte: VJ Perozin Maquinas e Equipamentos LTDA.

4.2.6 Secador artificial em alta temperatura tipo fluxo cruzado

Neste secador, os fluxos de grãos e ar de secagem cruzam sob um ângulo de 90° na câmara de secagem. Este tipo de secador é o mais usado no mundo devido a sua facilidade de construção. A Figura 9 mostra os ventiladores axiais juntamente com os queimadores a gás que aquecem o ar do processo de secagem, ocorrendo inversão de lado das colunas de grãos da primeira para a segunda câmara de secagem. Isto é feito para homogeneizar o teor de umidade na massa do grão (Grãos Brasil, 2004).

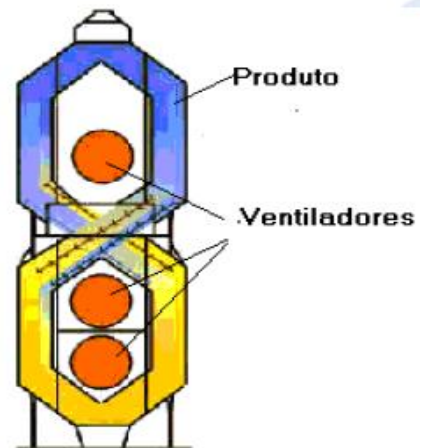


Figura 9 - Secador de fluxos cruzados.

Fonte: Sukup Manufacturing Co. in Silva (2004).

4.2.7 Secador Artificial em alta temperatura tipo contracorrente

Esse secador, os fluxos de grãos e ar de secagem ocorrem em sentidos contrários. Sendo o sentido do fluxo do grão corre no sentido da gravidade e o fluxo de ar em sentido ascendente.

A Figura 10, mostra a configuração desse tipo de secagem com um silo dotado de fundo perfurado, sistema de aquecimento, ventilador e sistema de movimentação de grãos. De acordo com que ocorre a secagem, a camada de grãos seca é transportada para silos

armazenadores ou é depositado na parte superior da massa de grãos. O sistema de movimentação de grãos é acionado por um termostato que monitora o avanço da frente de secagem. Quando o termostato detecta temperatura próxima de 70°C, é acionado o sistema de movimentação de grãos, SILVA (2004).

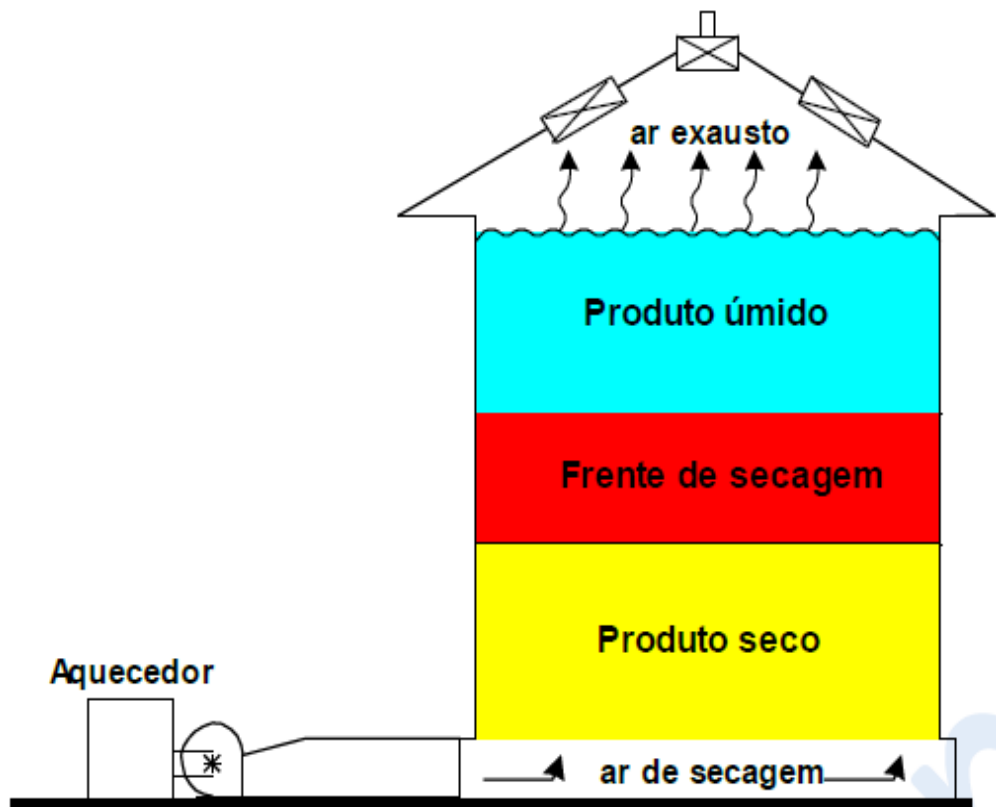


Figura 10 - Esquema de um silo secador de fluxos contracorrentes.

Fonte: Silva (2004).

4.2.8 Secador artificial de alta temperatura tipo Cascata

Este secador é o modelo mais utilizado nos dias atuais no Brasil pelas unidades armazenadoras de grãos, com capacidades de secagem de 15 à 250 toneladas/h. Sua estrutura possui uma torre central montada pela superposição vertical de caixa de dutos. Uma caixa de duto é formada por dutos montados em uma fileira horizontal. Um secador com capacidade de 40 toneladas/h possui uma torre com cerca de 70 caixas de dutos. O nome característico desse

secador é devido à característica do movimento dos grãos por entre os dutos. O processo decorre com a entrada do grão úmido pela extremidade superior do secador e a saída do grão seco na extremidade inferior, o ar aquecido entra pela lateral esquerda do equipamento à uma temperatura por volta de 80 à 100°C e saindo na lateral direita à uma temperatura por volta de 7°C acima da temperatura ambiente. Esse processo de secagem é bem parecido com o processo de secagem tipo contracorrente, mas neste o processo de secagem ocorre pelas laterais e secando toda uma quantidade de grãos em um mesmo prazo de tempo, como mostra a Figura 11 (Grãos Brasil, 2004).



Figura 11 - Representa secador de grãos de fluxo de ar misto da marca Carlos Becker.

Fonte: Carlos Becker Metalúrgica Industrial LTDA (2010).

4.2.9 Secador artificial em alta temperatura de fluxo contínuo

Secadores contínuos são os que operam com fluxo de ar misto atravessando a coluna de grãos. Nestes secadores, em sua torre de secagem os dutos estão dispostos de forma horizontal paralelo e com aberturas alternadas para entrada e saída do ar. O ar aquecido quando succionado pelos ventiladores é conduzido através do difusor de entrada e forçado a cruzar a

massa de grãos, que vem descendo pelo espaço formado entre os dutos, ocorrendo aí, a retirada de umidade do grão. Na parte inferior da torre de secagem acontece o resfriamento dos grãos provenientes da passagem forçada de ar ambiente (Grãos Brasil, 2004).

No método de secagem contínua Figura 12, as sementes são submetidas à ação do ar aquecido na câmara de secagem a intervalos regulares de tempo permitido, assim, a homogeneização da umidade e resfriamento quando as mesmas estão passando pelas partes do sistema onde não recebem ar aquecido (elevador e câmara de equalização ou resfriamento).



Figura 12 - Imagem de um secador de fluxo contínuo, tipo fluxo de ar perpendicular ao fluxo de grãos.

Fonte: GSI Group.

Neste método a rapidez e uniformidade de secagem são as características mais relevantes. A secagem de sementes empregando ar aquecido durante intervalos regulares de tempo, intercalado por períodos sem aquecimento (equalização), possibilita a redistribuição de umidade, reduzindo os gradientes hídricos e térmicos e, como consequência os danos físicos (fissuras) as sementes.

Em razão da intermitência, é possível o emprego de temperaturas do ar aquecido que alcançam até 70 à 80°C, sem, no entanto ocasionar excessivo aquecimento das sementes que, em geral, não atingem temperaturas acima de 40 à 43°C (Grãos Brasil, 2004).

4.2.10 Método de secagem artificial de fluxo estacionário

O método estacionário consiste, basicamente, em forçar a passagem do ar através da massa de grãos e ou sementes que permanece em repouso. No caso de sementes, é importante evitar a supersecagem da camada de sementes mais próxima à entrada de ar aquecido e, ao mesmo tempo, permitir a retirada de água na camada mais distante, para que não seja acelerada a deterioração das sementes (MIRANDA *et al.*, 1999).

O modo como se processa a secagem estacionaria origina gradientes de temperatura e de umidade na massa (Brooker *et al.*, 1974; McLean, 1980; Córrea, 1981; Cavariani & Baudet, 1982; Pasin, 1991).

Os secadores estacionários mais utilizados para secagem de sementes utilizando este método são os silos com distribuição axial ou radial do fluxo de ar. Deve-se ter cuidados operacionais para evitar secagem excessiva na camada de sementes próximas a entrada de ar quente e a demora de secagem das camadas mais distantes. Resultados de pesquisas indicam para sementes com 16 a 18% de umidade a utilização de fluxos de ar de 8 a 10 m³/min./t, temperatura do ar máxima de 40 a 43 °C, umidade relativa do ar mínima de 40% e altura da camada de sementes não superior a 1,5m para sementes com dimensões semelhantes da soja.

O conhecimento das propriedades térmicas efetivas é de grande importância para o projeto, simulação, análise, otimização e controle de processos não isotérmicos em leitos estacionários. As estimativas de propriedades térmicas efetivas em secadores estacionários são poucos explorados, especialmente quando o leito é composto por grãos. A literatura destaca o trabalho de Jorge *et al.*, que estimou parâmetros térmicos efetivos no final da secagem. Os resultados indicaram que dentre os grãos estudados, a soja apresentou os menores valores de condutividade efetiva radial, enquanto o trigo apresentou o maior coeficiente de transferência de calor parede- leito. A Figura 13 mostra o equipamento

utilizado pelos autores. O secador é composto de duas seções distintas: uma seção térmica de 40 cm de comprimento, construída em aço inoxidável, que aquecida por uma camisa de vapor, em uma seção de entrada de 25 cm de comprimento, construída em PVC.

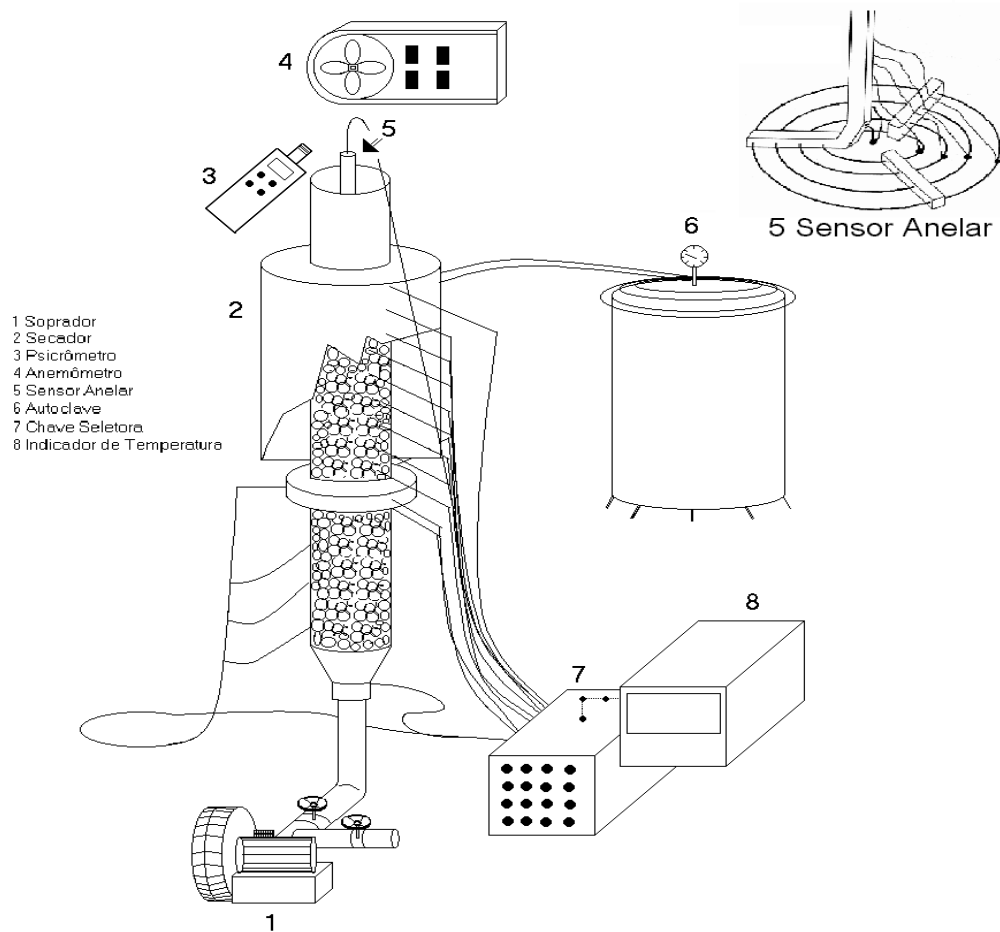


Figura 13 - Representa o esquema do aparato experimental de fluxo estacionário.

Fonte: Jorge *et al.*, (2004).

5 Armazenamento de grãos

O armazenamento, por melhores que sejam as condições, pode somente preservar a viabilidade e o vigor da semente. Por essa razão deve-se atender para o período que antecede ao armazenamento, o qual poderá comprometer a viabilidade da semente durante o mesmo.

Diversas espécies de *Penicillium* e *Aspergillus* podem infectar qualquer semente, uma vez que esses fungos são capazes de se desenvolver sobre quase todo tipo de matéria orgânica, desde que o ambiente temperatura umidade relativa (UR) seja favorável. Em sementes de soja, armazenadas com graus e umidades acima de 14%, predomina o *Aspergillus flavus*. Cuidados especiais devem ser tomados para manter o grau de umidade da semente armazenada abaixo de 13%.

Após o beneficiamento, a semente ensacada poderá ser armazenada em armazéns convencionais, ou climatizados. No armazenamento convencional, o grau de umidade da semente irá flutuar de acordo com a variação da UR do ar. Alternativas vêm sendo utilizadas, como resfriamento da semente pela injeção de ar frio (ao redor de 15°C) e relativamente seco (50% a 65% UR), na massa de sementes ainda nos silos. Após o ensaque, a semente é armazenada em armazém com isolamento térmico.

O objetivo de armazenagem adequada de grãos é manter a sua duração, as qualidades biológicas, químicas e físicas que os grãos possuem, imediatamente após a colheita. A operação de secagem é uma parte importante do processamento que antecede a armazenagem. Segundo Brooker *et al.*, (1974), a qualidade dos grãos não pode ser melhorada durante o armazenamento. Grãos colhidos inadequadamente serão de qualidade baixa, independentemente de como são armazenados. Dois fatores afetam de modo especial a qualidade dos grãos: alto teor de umidade e colheita inadequada.

Bailey (1974) definiu armazenamento seguro como sendo aquele capaz de manter os aspectos qualitativos e quantitativos dos grãos, proporcionando condições desfavoráveis ao desenvolvimento de insetos, roedores e microrganismos. De acordo com Abba & Lovato (1999) o armazenamento de grãos em ambiente natural em regiões tropicais apresenta maiores problemas devido condições de temperatura e umidade relativa, se comparado com as regiões de clima temperado ou frio.

Dentro do armazenamento de grãos, um tratamento especial é dado para a semente. De acordo com Miranda *et al.*, (1999), a semente, de maneira geral, quando atinge a maturidade fisiológica, apresenta qualidade representada pelos máximos poder germinativo, vigor, e peso de massa seca; nesse ponto, apresenta teores de água, geralmente acima de 30%, não compatíveis com a tecnologia disponível para a colheita mecânica, e a partir daí, permanece

armazenada no campo submetida a fatores potencialmente desfavoráveis a preservação da sua qualidade.

Artigos científicos aparecem na literatura brasileira apresentando uma avaliação qualitativa de grãos armazenados sobe diferentes condições de teores de água e em varias combinações de temperatura e umidade relativa.

Dentre outros, cabe ressaltar o trabalho de Costa *et al.*, (2009), que discorre sobre a qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. Neste trabalho o estudo foi realizado no laboratório de pré- processamento e armazenamento de produtos agrícolas do departamento de engenharia agrícola e no laboratório de secagem e pigmentos naturais do departamento de tecnologia de alimentos da Universidade Federal de Viçosa.

Os grãos de soja foram colhidos com aproximadamente 18% de b.u. de teor de água, e secados até 11,2, 12,8 e 14,8% b.u.. Para que os teores de água fossem mantidos, a soja foi armazenada nas seguintes condições de temperatura e umidade relativa para 11,2%: 20°C e 61,7%; 30°C e 67,9%; 40°C e 69,4%; para 12,8%: 20°C e 73,7%; 30°C e 76,7%; 40°C e 88,8%; e para 14,8%: 20°C e 82,7%; 30°C e 83,9%; 40°C e 85,3%. A cada 45 dias até 180 dias de armazenamento foram determinados teor de água, classificação dos grãos, massa específica aparente, coloração e teor de lipídios.

O Quadro 1 mostra os valores de teor de água de equilíbrio dos grãos de soja armazenados durante os 180 dias, em 3 temperaturas e umidade relativa de equilíbrio. Destaca-se que a umidade relativa de equilíbrio foi determinada com base no modelo proposto por Chung-Pfost.

$$UR_e = \exp \left[- \frac{A}{T + C} \exp \left(- B.U \right) \right] \quad (1)$$

Em que,

UR_e – umidade relativa de equilíbrio;

U – Teor de água dos grãos, base seca decimal;

T – Temperatura °C;

A, B, C – Constantes do modelo: 138,45; 14,967 e 24,576, respectivamente.

Quadro 1 - Valores médios de teor de água de equilíbrio dos grãos de soja armazenados a 20, 30 e 40 oC, durante 180 dias.

T (°C)	UR _e (%)	Período de armazenamento (dias)					Média ± DP*
		0	45	90	135	180	
20	61,0	11,2	11,2	10,8	10,7	10,6	10,9±0,3
	72,0	12,8	12,6	12,8	13,2	12,9	12,9±0,2
	80,0	14,8	15,0	15,6	14,8	14,7	15,0±0,4
30	67,0	11,2	11,3	11,1	10,5	10,6	10,9±0,4
	76,0	12,8	12,6	12,8	12,8	12,8	12,7±0,1
	83,0	14,8	15,2	16,3	17,9	17,3	16,3±1,4
40	71,0	11,2	11,4	11,1	10,9	10,9	11,1±0,2
	80,0	12,8	13,3	13,5	15,0	14,8	13,9±0,9
	86,0	14,8	15,0	17,6	17,0	16,2	16,1±1,2

Em geral, os teores de água dos grãos de soja permaneceram praticamente constantes, com desvio padrão máximo de 0,4 exceto para os grãos armazenados com conteúdo de água de 14,8% a 30°C e 83% de UR_e e 12,8 e 14,8% na temperatura de 40°C e UR_e de 80 e 86%, respectivamente. Atribui-se o aumento do teor de água tanto pela atividade respiratória de grãos como da microflora a eles associada, embora a taxa respiratória dos grãos seja, geralmente, menos intensa que a dos microorganismos (Muir & White, 2000).

Com relação a classificação dos grãos realizada no trabalho de Costa *et al.*, (2009), a Tabela 2, apresenta os percentuais médios dos grãos de soja ardidos e avariados, valores obtidos a partir dos laudos de classificação emitidos pelo Instituto mineiro de Agropecuária (IMA), armazenados com teores de água de 11,2, 12,8 e 14,8% nas temperaturas de 20, 30 e 40°C; nota-se que, em geral, os grãos de soja movimentaram o padrão básico, exceto os grãos armazenados com teor de água de 14,8% e temperatura acima de 30°C. Embora seja possível verificar um aumento do percentual de grãos ardidos e, conseqüentemente, do total de

avariados, quando os grãos foram armazenados com teor de água de 14,8% a temperatura de 30°C a partir de 90 dias, a soja manteve o padrão básico até 180 dias de armazenamento; todavia, os grãos armazenados com teor de água de 12,8 e 14,8% em temperatura de 40°C, foram considerados fora do padrão básico a partir de 135 e 90 dias, respectivamente. De acordo com a portaria nº 262 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (Brasil, 1983) o limite máximo de grãos avariados de soja para o padrão básico é de 8%.

Os grãos ardidos, definidos por Brasil (1983) como sendo grãos ou pedaços de grãos que se apresentam pela ação do calor e ou umidade, visivelmente fermentados com coloração marrom ou escura na casca e interiormente, é o defeito que mais contribuiu para o aumento do total de avariados Tabela 1. O percentual de grãos ardidos representou mais de 63% do total de avariados em todas as amostras classificadas como abaixo do padrão.

Tabela 1 - Teor de água por período de armazenamento.

Fonte: Costa *et al.*, (2009).

Teor de (°C)	Teor de água (%)	Período de armazenamento (dias)														
		0			45			90			135			180		
		ARD	AVD	CLS	ARD	AVD	CLS	ARD	AVD	CLS	ARD	AVD	CLS	ARD	AVD	CLS
20	11,2	0,5	1,5	RB	0,2	0,9	RB	0,3	1,4	RB	0,3	1,3	RB	0,3	0,5	RB
	12,8	0,5	2,2	RB	0,2	0,7	RB	0,3	0,7	RB	0,2	0,5	RB	0,3	0,9	RB
	14,8	0,3	1,6	RB	0,3	1,2	RB	0,4	1,2	RB	0,2	0,8	RB	0,4	0,9	RB
30	11,2	0,8	1,7	RB	0,2	0,9	RB	0,4	1,1	RB	0,2	0,5	RB	0,3	0,4	RB
	12,8	0,7	1,1	RB	0,3	1,1	RB	0,3	1,1	RB	0,4	0,6	RB	0,3	0,4	RB
	14,8	0,8	1,2	RB	0,4	1,2	RB	1,9	4,2	RB	1,3	2,5	RB	2,5	3,6	RB
40	11,2	0,2	1,5	RB	0,2	0,9	RB	0,6	1,8	RB	0,2	0,7	RB	0,5	0,8	RB
	12,8	0,5	1,2	RB	0,3	1,1	RB	0,5	0,9	RB	5,5	8,11	FRB	5,6	8,41	FRB
	14,8	0,8	1,3	RB	0,4	1,4	RB	5,8	8,61	FRB	8,8	11,71	FRB	9,1	14,31	FRB

ARD – Valores médios percentuais de grãos ardidos; AVD – Valores médios percentuais de grãos avariados; CLS – Classificação dos grãos de soja; RB – Percentual de grãos avariados dentro do limite da referência básica FRB – Percentual de grãos avariados acima do limite da referência básica.

¹ Produto classificado como Fora da Referência Básica para comercialização, por exceder o limite máximo de grãos avariados (8%) estabelecido pela Portaria nº 262, de 23 de Novembro de 1983, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

5.1 Tipos de armazenadores de grãos

Atualmente, as indústrias derivadas de grãos, principalmente a soja, devem dispor de instalações adequadas para o armazenamento de sementes durante a entressafra, visando efetuar a produção de forma ininterrupta, otimizando o uso do capital investido nas processadoras de grãos. Entretanto, as condições de armazenamento devem ser adequadas para evitar perda de qualidade e rendimento no produto final. Os grãos são organismos vivos que respiram e liberam calor. O processo respiratório é controlado por enzimas, que são mobilizados mais facilmente para o processo quanto maior o conteúdo de umidade. A elevação da temperatura no armazenamento também acelera o processo respiratório (Lei de Van't Hoof). Assim, quanto maior a taxa respiratória maior será a deterioração da matéria-prima armazenada, maior a geração de calor. Grãos danificados, não saudáveis ou sujos possuem uma taxa respiratória mais elevada que os grãos saudáveis, sob as mesmas condições (LORINI, 2005).

Devido a esses fatos, os grãos passam pelos processadores de secagem para diminuir seu teor de umidade para evitar perdas na sua qualidade, depois seguem para armazenagem antes de serem processados nas agroindústrias.

A Figura 14 mostra a imagem de um silo vertical e na Figura 15 um silo horizontal, sendo esses os locais mais adequados para o armazenamento de soja e também onde deve ser feita a higienização de forma adequada antes do recebimento do grão para que sejam evitadas as perdas decorrentes de problemas de infestações de grãos e ou resíduos de safras passadas.



Figura 14 - Imagem de um silo vertical de acionamento interno.

Fonte: Industrial Dujua, maquinas e equipamentos LTDA.

Silos verticais são silos cilíndricos, construídos em concreto ou em chapas de aço. A área ocupada é relativamente pequena porque as dimensões de altura são muitas vezes maiores que as de seu diâmetro. Possuem capacidade de armazenar de 4 a 6 mil toneladas de grãos, sendo bastante recomendado para armazenagem de grão de soja, pois, neste existe fácil escoamento do grão para o processamento da agroindústria.

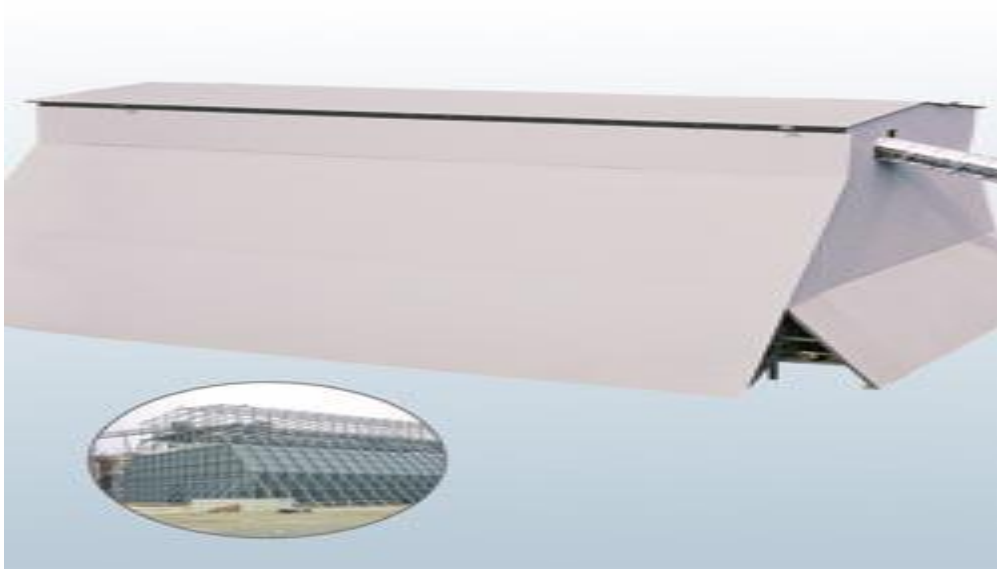


Figura 15 - Imagem de um silo horizontal coberto.

Fonte: Industrial Dujua, maquinas e equipamentos LTDA.

Silos horizontais são grandes depósitos horizontais cobertos de formato cônico. O depósito de material é realizado ao longo do cumeeiro da cobertura e os grãos são acumulados em forma de pirâmide. A descarga do silo é feita por um sistema de transportadores situados ao nível do piso.

5.2 Higienização para recebimento do grão

Existem algumas medidas a serem tomadas para uma boa armazenagem. Essas são iniciadas muito antes de receber a nova safra da lavoura, onde a limpeza da máquina colhedora de grãos é fundamental para evitar que as pragas que permaneceram dentro dessa máquina venham para dentro dos armazéns nas primeiras cargas de grão colhido e acabem infectando os mesmos. Limpar a máquina colheitadeira, eliminando resíduos de grãos antes de iniciar o próximo processo de colheita, é fundamental para se ter uma boa qualidade de grão que será armazenado.

Outro fator importante é o cuidado com o transporte dos grãos por caminhões graneleiros que contenham foco de infestação de pragas nas carrocerias, sendo esse um caso semelhante como

o da máquina colheitadeira. Como os caminhões transportam vários produtos no decorrer dos anos, é normal que alguns resíduos fiquem em frestas das carrocerias nas quais são lugares de difícil visualização e acabem abrigando pragas que não foram removidas. Logo, lavar bem os caminhões é uma medida essencial para a prevenção e remoção das pragas de grãos existentes na armazenagem, mesmo porque as espécies de pragas para a maioria dos grãos são as mesmas, o que facilita sua multiplicação e afeta as demais cargas.

Não se esquecendo do armazém, local onde o grão irá passar boa parte estocada, este deve ser higienizado minuciosamente para receber os grãos da nova safra. Entende-se que todas as máquinas e equipamentos da unidade armazenadora precisam estar higienizados previamente ao recebimento do grão. As pragas ficam na estrutura armazenadora ao longo dos anos, criando um ambiente adequado para sua multiplicação e infestação no grão que está sendo armazenado. Não se pode colocar nova safra no armazém que contenha resíduos de grão de safras passadas, pois com isso, pragas de safras anteriores irão afetar a qualidade da nova safra. É preciso juntar e recolher os resíduos de grãos das máquinas de limpeza, dos secadores, das moegas, dos elevadores, dos armazéns graneleiros, silos, depósitos de poeira e palha, do pátio ao redor das construções e eliminá-los. Essa eliminação pode ser feita queimando ou enterrando os resíduos com no mínimo 20 cm de profundidade, para que eles não voltem a ser um risco para a safra (LORINI, 2005).

A maior parte do problema nas unidades armazenadoras de grãos está no cuidado e manejo desses resíduos provenientes do beneficiamento do grão. É recomendado lavar com muita água, sendo de preferência com alta pressão. Esse processo deve ser aplicado nas paredes internas e externas do armazém, nos secadores, máquinas de limpeza, passarelas, túneis, elevadores, silos, armazéns, correias transportadoras de grão, moegas e entre outros acessórios utilizados na armazenagem do grão. Isso solucionará a retirada de resíduos impregnados nas paredes da estrutura e dos maquinários, onde residem as pragas, desalojando-se e eliminando os focos internos.

Ao fim da limpeza com água pressurizada, devem ser aplicados inseticidas protetores ou residuais em todas as instalações e máquinas, sendo eles encontrados em forma líquida e auxiliados por pulverizadores de longo alcance ou na forma de nebulização espacial por meio de termonebulizadores.

Passando por esses procedimentos após as safras, a estrutura armazenadora estará pronta para receber uma nova safra de grão, mas sempre obtendo cuidados contínuos no recebimento dos grãos.

6 Transporte

O transporte rodoviário por longas distâncias pode resultar em reduções significativas de vigor de viabilidade, devido aos aumentos nos índices de deterioração por umidade e de danos mecânicos. Durante o transporte, deve-se evitar que as sementes sejam transportadas no mesmo compartimento de carga que contenham substâncias químicas prejudiciais à qualidade das sementes, como, por exemplo, alguns herbicidas.

Conforme estudo de viabilidade econômica dos transportes de cargas, o modal rodoviário é o mais adequado para as distâncias inferiores a 300 quilômetros (km). Para distâncias entre 300 e 500 Km, o desejável é utilizar o meio ferroviário (responsável por 25% do movimento) e, para mais de 500 quilômetros, indica-se o fluvial (17%). No Brasil, no entanto, a situação é inversa, sendo o meio rodoviário, utilizando caminhões graneleiros Figura 16 o meio mais utilizado, tanto para transporte de cargas em curtas distâncias, como para longas.



Figura 16 - Imagem de caminhão graneleiro com capacidade de carga de 40 a 45 toneladas de soja.

Fonte: FACCHINI SA (2010).

7 Controles da qualidade da soja

O tema abordado a seguir é fruto de conclusões obtidas pelo autor deste trabalho mediante observações práticas e conhecimentos adquiridos no decorrer de dados levantados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Desta forma, pode se dizer que o controle de qualidade da soja é um sistema confiável que permite monitorar a qualidade da semente em todas as fases da produção. O diagrama apresentado na Figura 17 mostra as etapas do fluxo de controle de qualidade da soja.

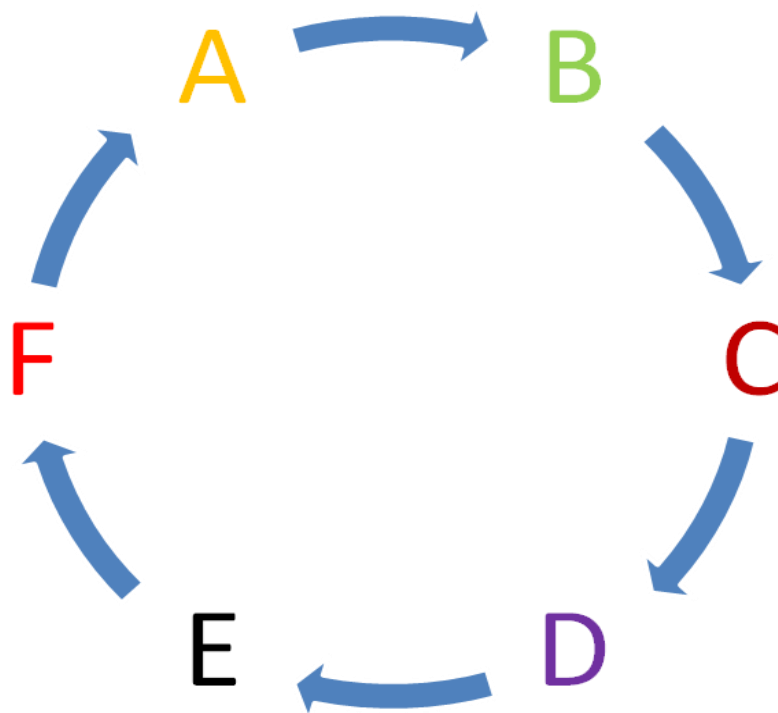


Figura 17 - Diagrama do monitoramento da qualidade de sementes de soja em suas etapas.

A) Pré-colheita

Plantas são coletadas ao acaso no campo, diariamente a partir de cinco a sete dias antes da colheita. As vagens são trilhadas manualmente e as sementes avaliadas pelo teste do tetrazólio. Ele fornece uma estimativa dos danos causados por percevejos e pela deterioração por umidade, com ênfase espacial no nível de vigor.

B) Colheita

Amostragem da semente deve ser feita pelo menos 3 vezes ao dia por colhedora. Cada amostra deve ser avaliada pelo teste de hipoclorito de sódio, ou através da determinação de sementes quebradas, pelo método do corpo medidor.

C) Recepção

As sementes devem ser avaliadas para purezas físicas e varietal, grau de umidade, dano mecânico (através do teste do hipoclorito de sódio, ou pelo método do corpo medidor) e viabilidade (teste de tetrazólio ou de condutividade elétrica).

D) Secagem

A temperatura e o grau de umidade da semente devem ser monitorados periodicamente, até que o nível desejado de umidade seja alcançado. Uma vez terminada a secagem, o teste de tetrazólio pode ser utilizado para avaliar a qualidade fisiológica.

E) Beneficiamento e embalagem

Os testes de tetrazólio e de hipoclorito de sódio podem ser aplicados durante todas as operações de beneficiamento, para a avaliação da ocorrência de danos mecânicos e regulação das máquinas.

F) Armazenamento

Após o beneficiamento, o teste de envelhecimento acelerado pode fornecer uma estimativa do potencial de armazenamento dos lotes. Outros testes, como o do tetrazólio e de emergência em solo ou areia, podem ser empregados para avaliar periodicamente a qualidade das sementes durante o armazenamento e antes da comercialização.

8 CONCLUSÃO

Com os fatos apresentados neste trabalho, pode ser concluído que muitos pontos importantes tendem a serem relevantes na produtividade do grão de soja aplicados juntamente com ferramentas da engenharia de produção como: (logística, qualidade, biotecnologia e operações unitárias).

Os processos de desenvolvimento das lavouras, transporte, procedimentos de secagem e armazenagem necessitam de acompanhamento detalhado, pois, nestas etapas a produtividade tanto em qualidade como quantidade do grão pode ser bruscamente reduzidas se não houver um trabalho realizado corretamente, gerando prejuízos antes mesmo de o grão de soja chegar nas agroindústrias para serem processados, logo esse estudo levanta alguns parâmetros adequados para cada uma das etapas de desenvolvimento dessa matéria-prima.

9 REFERÊNCIAS

- ABBA, E. J.; LOVATO, A. **Effect of seed storage temperature and relative humidity on maize (*Zea mays* L.) seed viability and vigour.** Seed Science and Technology, v.27, p.101-114, 1999.
- ATHIÉ, I., et al. **Conservação de grãos.** Campinas, Fundação Cargill, 1998. p.236.
- BAILEY, J. E. **Whole grain storage,** in: CHRISTENSEN, C. M. (ed) **Storage of cereal grains and their products.** St. PAUL: AACC., 1974, p.333-360.
- BARBERATO, C. **Sem insetos grãos têm maior valor: A adoção de um manejo integrado de pragas para grãos armazenados garante qualidade e maior valor agregado ao produto.** 2001. Disponível em: http://acd.ufrj.br/consumo/leituras/li_fpr010224.htm Acesso em: 02/10/2010.
- BASF S.A., The Chemical Company, disponível em <http://www.basf.com.br/>, data de acesso 10/04/2010.
- BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C. de; COSTA MARQUES, R. W. da. **Crescimento Agrícola no Período de 1999 – 2004, Explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente.** Economia aplicada, v.10. n.2, p.249- 266, abril- junho, 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 262 de 23/11/1983, D. O. U. 25/11/1983, Brasília-DF.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira.** http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2graos_08.09.pdf. 20 Nov. 2008.
- Brooker et AL., 1974; McLean, 1980; Côrrea, 1981; Cavariani & Baudet, 1982; Pasin, 1991.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, p.450.
- CANAL RURAL, disponível em <http://www.canalrural.com.br>, data de acesso 30/03/2010.
- CARVALHO, 1994; MIRANDA et al. 1999, **Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.2, p.603-608, mar-abr, 2004**
- COSTA, N. P. da. ; HENNING, A. A. ; KRZYZANOWSKI, F. C. ; FRANÇA NETO, J. B. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade.** Disponível em <http://www.acsoja.org.ar>, data de acesso 03/09/2010.
- COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PEREIRA, L. A. G.; BARRETO, J. N. **Efeito do retardamento de colheita de cultivares de soja sobre a qualidade da semente produzida.** In: RESULTADOS de pesquisa de soja 1982/83. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, p. 61-64.1983.

COSTA, N. P.; PEREIRA, L. A. G.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Zoneamento ecológico do Estado do Paraná para a produção de sementes de cultivares precoces de soja.** *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 12-19. 1994.

COSTA, A. R., ALENCAR, E. R. De, FARONI, L. R. D., LACERDA FILHO, A. F., PETERNELLI, L. A., **Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 35, n. 5, p.606-613, 2009.

EMBRAPA SOJA 24/03/2006, disponível em <http://www.embrapa.com.br/>, data de acesso 10/04/2010.

FACCHINI SA, Indústria de Implementos Rodoviários. Disponível em <http://www.facchini.com.br/>, data de acesso 16/05/2010.

FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. ; HENNING, A. A.; ZUFFO, N. L.; BARRETO, J. N.; PEREIRA, L. A. G. **Efeito da época de semeadura sobre a qualidade da semente de soja no Mato Grosso do Sul.** Campo Grande: EMPAER, p.9. 1984.

FRANÇA NETO, J. B. ; KRZYZANOWSKI, F. C. ; WEST, S. H. **Drying soybean seed using air ambient temperature at low relative humidity.** *Revista brasileira de sementes* v.28, n.2, Pelotas, 2006.

FRANCA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p. 107-116, 1993.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. **Suscetibilidade das principais cultivares de soja utilizadas no Brasil ao dano de embebição no teste de germinação.** Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 60). P.10, 1998.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Produção de sementes: tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade.** In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SOJA: A NOVA POTÊNCIA DA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/Bayer CropScience, 2004. 1 CD-ROM. Editado por G.M.V. Leite, C.F. Gris, M.C. Machado.

FREGOLENTE, L. V.; SANTOS, O. A. A.; JORGE, L. M. M. – **Estimativa das propriedades térmicas efetivas de grãos em um secador de leito fixo**, 2004. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24(2): 270-276, abr.-jun. 2004.

INDUSTRIAL DUJUA MAQUINAS E EQUIPAMENTOS, Disponível em <http://www.dujua.com.br/>, data de acesso 16/05/2010.

JORGE, L.M.M.; SANTOS, O.A.A.; FREGOLENTE, L.V. **Estimativa das propriedades térmicas efetivas de grãos em um secador de leito fixo.** *Ciência e tecnologia de alimentos*. v.24, n.02, Campinas, 2004.

Kreyger, 1973; Broker et al., 1974; Lasseran, 1979; Silva et al., 1983; Carvalho, 1994; Miranda et al., 1999.

LORINI, I. **Evite Perdas de Grãos**. Revista Agranja, v. 61, n.679, 2005.

MIRANDA, L.C.; SILVA, W.R.; CAVARIANI, C.; **Secagem de sementes de soja em silos com distribuição radial do fluxo de ar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.11, 1999.

NOTÍCIAS AGRICOLAS 30/03/2009, disponível em <http://www.noticiasagricolas.com.br>, data de acesso 15/05/2010.

REVISTA GRÃOS BRASIL. **Da semente ao consumo, ano III**, n. XIV, Maio de 2004, p. 10-14.

SILVA, L.C. **Secagem de Grãos**. Revista: **Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo**, Ano III, n. XIV, p. 10 -14., Maio de 2004,

VALTRA tratores. Disponível em <http://www.valtra.com.br/>, data de acesso 15/05/2010.

VILLA, L. G.; ROA, G. **Secagem e armazenamento da soja industrial e sementes a granel**. Campinas: Fundação Cargill, P. 64, 1979.