

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DE ACIDEZ GRAXA COMO ÍNDICE DE QUALIDADE EM
GRÃOS DE SOJA**

TATIANE APARECIDA SOARES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU-SP
Setembro - 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DE ACIDEZ GRAXA COMO ÍNDICE DE QUALIDADE EM
GRÃOS DE SOJA**

TATIANE APARECIDA SOARES

Orientador: Marco Antônio Martin Biaggioni

Co-orientador: José de Barros França Neto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU-SP
Setembro - 2003

BIOGRAFIA

TATIANE APARECIDA SOARES, filha de Luiz Primo Soares e Maria Aparecida Babugia Soares, nasceu em São Paulo, Estado de São Paulo, em 23 de junho de 1976.

Em 1996, iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica na Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA do Campus de Botucatu/SP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP), graduando-se em dezembro de 2000.

Em março de 2001, iniciou o Curso de Mestrado em Energia na Agricultura na FCA/UNESP do Campus de Botucatu/SP, concentrando seus estudos na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, concluído em setembro de 2003.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu/SP (UNESP) e ao seu Departamento de Engenharia Agrícola, pela acolhida.

A Capes pelo suporte financeiro durante o curso de pós-graduação e, à FAPESP pelo auxílio destinado à compra de equipamentos e produtos para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Marco Antônio Martin Biaggioni pela orientação.

Ao Dr. José de Barros França Neto pela co-orientação e amizade.

Aos Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Soja – Embrapa, Dr. Nilton Pereira da Costa, Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski e Dr. Ademir Assis Henning, pelo auxílio à pesquisa, dedicação e amizade.

Aos professores da FCA/UNESP, Dr. João Nakagawa e Dr. Édson Luís Furtado, pela orientação técnica no ensino das metodologias na área de regras de análise de sementes e patologia e, pela participação em meu exame de qualificação.

Aos Professores, Dr. João Nakagawa da FCA/UNESP e Dr. Alessandro da UNIOESTE, pela participação na defesa de minha dissertação.

Ao Professor do Departamento de Química do IBB/UNESP, Dr. Celso Graner pelo preparo dos reagentes, pela orientação técnica e amizade.

Aos funcionários do laboratório de Tecnologia de Sementes da Embrapa Soja, Eliza Mitiko Hara Nakamura, George Haber e Vilma Cardoso Luiz Stroka, e do laboratório de Patologia de Sementes, Sonia Regina Moraes e Antonio Melchiades pela orientação nas metodologias e amizade.

Ao funcionário do laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, Ailton e do laboratório de química, Israel pelo auxílio na pesquisa e amizade.

A funcionária do laboratório de Tecnologia de Sementes da FCA/UNESP, Waléria.

Ao funcionário do laboratório de Química do CERAT/UNESP, Fábio Lachel, pela realização das análises de teor de óleo e rancidez, as quais foram terceirizadas.

As secretárias Rosângela, Rita e Fátima do Departamento de Engenharia Rural pela atenção e colaboração.

As secretárias Marilena, Marlene e Jaqueline da Seção de Pós-Graduação, que me orientaram durante todo o curso quanto aos documentos exigidos e pela grande amizade.

Aos funcionários da Biblioteca da FCA/UNESP, pela orientação na utilização do banco de dados para a realização do levantamento bibliográfico necessário à redação da dissertação. Um agradecimento especial para a Inês, diretora da biblioteca que me orientou quanto ao uso das Normas da ABNT para redigir o capítulo de referências bibliográficas.

Um agradecimento geral a todos os professores que ministraram as disciplinas de pós-graduação das quais fui aluna regular, sem a aprovação dos mesmos, não teria concluído o curso de Mestrado. Meus sinceros agradecimentos a todos pela amizade e pela contribuição científica.

E a todos os amigos e colegas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização do trabalho.

DEDICATÓRIA

Quero agradecer primeiramente a Deus pelo privilégio desta conquista tão almejada, o título de Mestre, pois sem a ajuda deste Deus justo e amigo não teria concluído o curso de Mestrado, pois muitos obstáculos surgiram em minha caminhada neste período de trinta meses. Mas, Deus me carregou em seus braços e me mostrou a força que o ser humano tem em seu interior, força esta, capaz de transpor todos os obstáculos presentes em nossas vidas.

Aos meus queridos pais, Luiz e Maria, que durante todo o curso de Mestrado estiveram ao meu lado, me incentivando e me auxiliando em minhas necessidades. Agradeço pelas privações pela qual se submeteram desde o curso de Graduação, para que eu pudesse hoje, receber o título de Mestre em Energia na Agricultura.

As minhas avós, Yolanda e Tereza que compreenderam a minha ausência e, mesmo assim, me motivaram a continuar o curso. Agradeço pela motivação e carinho.

A minha irmã, Paula que me ajudou com as referências bibliográficas e que contribuiu com muita amizade e dedicação.

Ao meu querido amigo, Rogério Bragatto Cuenca que me orientou na redação, estruturação e formatação da dissertação, sempre com muita dedicação e carinho, o qual esteve ao meu lado me motivando mesmo nos momentos mais difíceis da redação.

Peço a Deus do fundo do meu coração, que abençoe a todas estas pessoas que me ajudaram e que me acompanham até hoje.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Deterioração e armazenamento	13
2.2 Fontes de deterioração em grãos de soja	18
2.2.1 Danos causados por temperatura	18
2.2.2 Danos causados por injúrias mecânicas	23
2.2.3 Danos causados por microorganismos	26
2.3 Testes de qualidade para determinação do vigor em sementes de soja	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Acidez graxa e classificação comercial dos grãos de soja	32
3.2 Variação da acidez graxa em grãos de soja danificados artificialmente	33
3.2.1 Obtenção dos tratamentos	34
3.2.2 Testes de qualidade	36
3.2.3 Descrição das metodologias	38
3.2.3.1 Determinação do teor de umidade dos grãos	38
3.2.3.2 Determinação da acidez graxa	38
3.2.3.3 Teste de Tetrazólio	40
3.2.3.4 Método do papel de filtro ou “blotter test”	40
3.2.3.5 Teste de uniformidade – Classificação por peneiras	41
3.2.3.6 Determinação do teor de óleo – Conteúdo de lipídios	42
3.2.3.7 Determinação da presença de rancidez	42
3.2.4 Análise estatística	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Acidez graxa e classificação comercial dos grãos de soja	44
4.2 Resultados da avaliação da sensibilidade do índice de acidez graxa em grãos de soja danificados artificialmente	45
4.2.1 Acidez graxa e danificação térmica durante o processo de secagem	46

4.2.2 Acidez graxa e danos por injúrias na colheita mecânica	49
4.2.3 Acidez graxa e danos por microorganismos	51
4.2.4 Acidez graxa e qualidade industrial	53
4.2.5 Acidez graxa e tempo de armazenamento	54
5 CONCLUSÃO	57
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE 1	66
APÊNDICE 2	71

RESUMO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], devido às suas características morfológicas e fisiológicas, é muito propensa à deterioração e sensível a práticas inadequadas de manejo durante a colheita e processamento, denotando um baixo poder de armazenamento. O presente trabalho, conduzido no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas – UNESP, Botucatu/SP e no Centro Nacional de Pesquisa de Soja – Embrapa Soja, Londrina/PR teve como objetivo o estudo de um índice de qualidade sensível à deterioração, com metodologia simples, rápida e de boa aplicabilidade para grãos de soja. A análise de qualidade pelo método da acidez graxa foi avaliada pela variação do nível de ácidos graxos livres em grãos de soja provenientes de lotes com diferentes danificações, tendo como referência o teste de tetrazólio (vigor e viabilidade) e a classificação comercial para exportação (porcentagem de grãos ardidos), respectivamente. O comportamento do índice de acidez graxa segundo diferentes fontes de deterioração, ao longo de um período de armazenamento, também foi testado. Assim, grãos de soja da safra 2001/2002, colhidos na Fazenda Lageado (FCA/UNESP-Botucatu), foram submetidos a condições, desde a colheita até o armazenamento, que predispuessem o desenvolvimento de dano mecânico, térmico e de microrganismos. Durante um período de 240 dias, foram realizadas as análises de acidez graxa, tendo como referência testes de qualidade já padronizados (teste de tetrazólio, teor de óleo, rancidez e nível de infecção, conforme o tratamento). Foi utilizada a análise de variância de um delineamento inteiramente ao acaso com os tratamentos no esquema fatorial. Foram utilizadas cinco repetições e, aplicado o teste de Tukey no nível de 5% de significância para comparação entre médias. O efeito dos momentos de avaliação foram observados através da regressão linear simples, que devido à variabilidade não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as fontes de deterioração. Os resultados obtidos no teste de sensibilidade do método de acidez graxa frente a diferentes causas de deterioração indicaram boa concordância deste com os testes de referência empregados, mostrando significativo efeito do dano térmico sobre os demais e a tendência de aumento da deterioração com o tempo de armazenamento. Os resultados obtidos no ensaio que buscava uma correspondência entre os valores de acidez graxa e grãos ardidos não foram conclusivos, devendo-se, possivelmente, a falta de representatividade das amostras coletadas e encaminhadas para análise de acidez graxa, a despeito da homogeneização dos grãos de cada lote antes da amostragem.

Palavras-chave: *Glycine max*, armazenamento, acidez graxa, qualidade de soja.

ABSTRACT

The soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], due to its morphology characteristics, is inclined to deterioration and sensible to inadequate practices of handling during the storage and the process. This work, conducted on Agricultural Products Processing Laboratory – UNESP, Botucatu/SP, and National Center of Soybean Research, Embrapa Soja, Londrina/PR, had the objective to study the rate of a sensible quality for deterioration, in a simple methodology, fast and good application on grains of soybean. The quality analysis through the fatty acid method was valued by the free fatty acids standard variation in soybean grains originating from portions with different danifications, with reference on tetrazolium test (vigor and vaibility) and the comercial classification to exporting (hot grains percentage), respecive. The behavior of fatty acid rate according to different deterioration fountain, along a stock period, was also tested. In this way, soy grains from 2001/2002 harvest, picked on Lageado Farm (FCA/UNESP-Botucatu), was submitted to conditions, since the harvest to the to the stocking, that favourable the mechanic, thermal and from microorganisms damage development. During a 240 days period, was realized the fatty acid analysis, with references on standard quality tests (tetrazolium test, oil tenor, rancid and the infection rate, according the treatment). It was used na analysis of outline variance at random to the factor scheme treatment. It was repeated five times and applied the Tukey test on the significance of 5% rate to comparison between averages. The valuation moments effects was noticed through the regressive simple linear, that in proper to the variable didn't show significative differences ($P > 0.05$), among the deterioration fountain. The results for the fatty acid method sensibility in front of different causes from deterioration showed a good agreement to this one to the reference tests used, showing a significative thermal damage effect on the other ones and a tendence to increase the deterioration along the stock time. The attempts results that looked for a corresponding between the fatty acid values and hot grains weren't conclusives, owing, probably, the absence of representative from the collected samples and directed to fatty acid analysis, in spite of grain consistency from each portion before the sample.

Keywords: *Glycine max*; storage; fatty acid; soybean quality.

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando sua auto-suficiência nacional, que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Apesar do significativo crescimento da produção no correr dos anos 60, foi na década seguinte que a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro, passando de 1,5 milhões de toneladas (1970) para mais de 15 milhões de toneladas (1979). Esse crescimento se deveu, não apenas ao aumento da área plantada (1,3 para 8,8 milhões de hectares), mas, também, ao expressivo incremento da produtividade (1,14 para 1,73t/ha), graças às novas tecnologias disponibilizadas aos produtores pela pesquisa brasileira, onde mais de 80% do volume produzido na época concentrava-se na Região Sul do Brasil (ALMEIDA et al., 2002).

Ainda de acordo com os mesmos autores, nas décadas de 1980 e 1990 repetiu-se, o explosivo crescimento da produção ocorrido nas duas décadas anteriores na Região Sul. Em 2001/2002, segundo dados do USDA, o Brasil figurou como o segundo produtor mundial, responsável por 23,5 das 184 milhões de toneladas produzidas em nível global, ou 23,6% da safra mundial.

A soja, dentre os grãos produzidos no Brasil, é considerada um dos produtos de maior potencial econômico para a comercialização interna e externa. Este fato se deve, além de seu valor econômico como grão para consumo, às grandes propriedades de

utilização do produto devido aos seus altos teores de óleo (em média 21%) e proteína (em média 40%) e, também, à boa valorização comercial de seus resíduos¹.

A soja foi mais uma vez o destaque da safra brasileira de grãos de 2002/03. O produto tem mercado líquido, internacionalizado, e representa um ativo em dólar para todos os segmentos da cadeia produtiva (Tabela 1).

Tabela 1: Balanço de oferta/demanda de soja e derivados no Brasil:

Grão	Ano Comercial (1000 toneladas)							
	2003/04*	2002/03*	1/fev	00/01	99/00	98/99	97/98	96/97
Estoque Inicial	441	341	429	459	624	360	450	850
Produção	48.300	42.400	39.058	34.127	31.377	32.665	27.327	23.842
Importação	600	1.000	849	799	615	355	1.453	1.044
Sementes	1.900	1.800	1.700	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
Perdas/Front.								
Exportação	19.500	16.000	15.522	11.778	8.912	9.324	8.326	3.633
Esmagamento	27.400	25.500	22.773	21.578	21.645	21.832	18.944	20.083
Estoque Final	541	441	341	429	459	624	360	450
Óleo	2003/04*	2002/03*	1/fev	00/01	99/00	98/99	97/98	96/97
Estoque Inicial	164	114	253	195	208	131	164	195
Produção	5.200	4.850	4.369	4.111	4.142	4.157	3.559	3.785
Importação	150	150	66	111	133	190	154	185
Consumo Interno	3.100	2.950	2.935	3.015	2.820	2.826	2.682	2.664
Exportação	2.250	2.000	1.639	1.148	1.468	1.444	1.064	1.337
Estoque Final	164	164	114	253	195	208	131	164

* Previsão

Janeiro/2002

Fonte: ABIOVE, 2003

¹ Costa, N.P. (Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Soja – Embrapa. Londrina/PR). Comunicação Pessoal, 2003

A produção de sementes ou grãos de alta qualidade se inicia no campo. A época de colheita é crucial para reduzir as chances de haver deterioração, pois as sementes ou grãos quando deixados no campo, além do período em que estão prontos para serem colhidos (umidade favorável à debulha ou trilha mecânica) aumentam as chances de ocorrerem condições climáticas desfavoráveis, tais como chuvas e orvalhos fortes, que fazem flutuar a umidade das sementes ou grãos. Se, aliado a isto, ocorrerem altas temperaturas, a deterioração será mais rápida. A colheita no momento certo e com os devidos cuidados, é a chave para a produção de sementes ou grãos de alta qualidade. Isto porque, na colheita, as sementes estão no máximo ou próximo do máximo de qualidade fisiológica e todas as atividades subsequentes, como a secagem, beneficiamento e armazenamento, devem ser projetadas para a manutenção do nível de qualidade estabelecido ou inicial até a próxima temporada de semeadura, ou ao menos para minimizar a taxa de redução da qualidade (Baldet & Villela, 2000).

A soja, devido às suas características morfológicas e fisiológicas, é muito propensa à deterioração e sensível às práticas inadequadas de manejo durante a colheita e processamento, denotando um baixo poder de armazenamento. De acordo com Delouche (1975), sementes desta espécie deterioram mais rapidamente que sementes de arroz, milho, sorgo, trigo e outras espécies, quando submetidas, às mesmas condições de campo, colheita, secagem e armazenamento.

A perda de qualidade de grãos e sementes durante o armazenamento, muito antes de ser detectada por qualquer perda na viabilidade, é acompanhada por outras modificações deteriorativas entre as quais pode-se destacar a elevação do nível dos ácidos graxos livres. O nível de ácidos graxos livres, ou simplesmente acidez graxa, é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para neutralizar os ácidos graxos livres presentes numa amostra de 100 gramas de grãos (AACC, 1995).

O teste de acidez graxa, como método para avaliar a deterioração em grãos armazenados, tem na sua sensibilidade a principal vantagem. Como a formação de ácidos graxos livres nos grãos é resultante da hidrólise das gorduras – uma das primeiras reações desencadeadas sob condições adversas de manejo pós-colheita – esta análise permite, além da quantificação (método volumétrico) do processo deteriorativo, acusá-lo ainda nos

estágios iniciais. O bom poder de resposta deste método, associado à sua rapidez e baixo custo na execução suscitam, no mínimo, investigações de caráter mais aplicado, visando um melhor aproveitamento do teste na área de colheita e processamento de grãos e sementes, com possibilidades de integrar, de forma efetiva, um conjunto de análises de rotina atualmente empregadas, seja para classificação comercial dos grãos, análise de sementes ou em trabalhos científicos, quando se faz necessário detectar diferenças mínimas introduzidas pelos tratamentos.

Assim, visando avaliar a possibilidade de adoção de um índice de qualidade sensível à deterioração, com metodologia, simples, rápida e de boa aplicabilidade para grãos e sementes, o presente trabalho teve como objetivos:

- estabelecer correspondência entre o nível de ácidos graxos livres e a classificação comercial de grãos de soja para exportação;
- testar a sensibilidade do índice de acidez graxa segundo diferentes fontes de deterioração de grãos de soja (danificação mecânica, danificação térmica e microorganismos) avaliando seus efeitos imediato e latente tendo como referência testes de qualidade já padronizados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Deterioração e armazenamento

Segundo Moretto & Fett (1998), como as condições de armazenamento refletem diretamente o rendimento e a qualidade do produto final, certas propriedades dos grãos armazenados devem ser consideradas. Os grãos absorvem oxigênio e desprendem gás carbônico e água, num processo que libera calor. As reações químicas envolvidas nas atividades respiratórias das sementes são controladas pelas enzimas. O aumento do teor de umidade no grão acelera esta atividade biológica, porque as enzimas e os substratos são mais facilmente mobilizados para o processo. O aumento da temperatura, também acelera a respiração dos grãos. Quanto maior for a taxa respiratória dos grãos, mais rápida será a deterioração da matéria-prima armazenada. Além disso, maior será a geração de calor.

De acordo com Coolbear (1995), a menos que as condições de armazenamento sejam muito ruins ou as sementes apresentem vigor muito baixo, haverá um período de armazenagem com pouca variação na viabilidade da semente. Entretanto, muito antes de se detectar qualquer perda na viabilidade, outras modificações deteriorativas tornar-se-ão evidentes. Entre os eventos deteriorativos, a danificação das membranas celulares, a danificação genética, as variações nas atividades respiratória, enzimática e proteica, as modificações hormonais, a presença de microrganismos e a presença de metabólitos tóxicos.

Nesta última categoria, tipicamente evidenciada por detecção direta, entre as prováveis causas de deterioração estão a formação de produtos primários ou secundários oriundos de reações deteriorativas e a falha no sistema de desintoxicação. Pode-se destacar entre os principais metabólitos tóxicos que normalmente se acumulam o etanol (respiração anaeróbia), os aldeídos (respiração anaeróbia ou peroxidação de lipídios), os ácidos graxos livres (quebra de lipídios) e os fenóis (possivelmente, produto secundário da peroxidação de lipídios).

Amaral & Baudet (1983) estudaram dois teores de umidade inicial e três tipos de embalagens para armazenamento aberto de sementes de soja, nas condições climáticas de Pelotas, RS. As sementes ficaram armazenadas em embalagens de 25kg durante oito meses (abr-dez/82). Mensalmente, foi determinado o teor de umidade e avaliada a qualidade fisiológica das sementes por meio de testes de germinação, envelhecimento precoce e população inicial (11,4% e 13,4%) e entre os tipos de embalagens utilizadas (sacos de aniagem, de papel multifoldado e de polietileno trançado). A partir do quinto mês de armazenamento, no entanto, as sementes ficaram severamente comprometidas em termos de vigor, muito embora a germinação tenha ficado elevada até o final do período de experimentação.

Lazarini et al. (2001) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de soja das cultivares IAC-16, IAC-Foscarin 31, FT-2, IAC-100, IAC-8, IAC-9 e FT-Cristalina) semeadas nas densidades de 300, 400 e 500 mil plantas por hectare, no período de outono e de primavera na região de Selvíria/MS, cujo experimento foi conduzido na Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira/UNESP. Após a colheita, as sementes foram armazenadas em condições ambientais e analisadas para determinar a viabilidade dessas sementes, imediatamente após a colheita e aos seis meses após a colheita de cada época de semeadura. Avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes (germinação e vigor). A época 2 de semeadura (outono) foi a que proporcionou sementes de melhor qualidade fisiológica, estando dentro dos padrões aceitáveis para utilizá-las como semente no estado do Mato Grosso do Sul. A densidade da semeadura afetou o vigor das sementes quando avaliado pelo envelhecimento acelerado e o índice de velocidade de germinação. As cultivares, aos seis meses de armazenamento, se comportaram de maneira semelhante quanto à qualidade fisiológica das sementes. O tempo e as condições ambientais de armazenamento depreciaram a

qualidade das sementes de todas as cultivares, não as enquadrando dentro dos padrões aceitáveis para comercialização.

Penfield & Campbell (1990) e Pomeranz (1974) afirmaram que as modificações deteriorativas em grãos ou óleos pode ser oxidativa, resultando em rancificação de sabor e odor, ou hidrolítica, resultando na produção de ácidos graxos livres. Entretanto, devido à presença de uma elevada quantidade de antioxidantes, a gordura contida em grãos inteiros está efetivamente protegida contra os efeitos do oxigênio do ar. Por outro lado, os lipídios são prontamente decompostos pelas lipases em ácidos graxos livres e glicerol durante o armazenamento, particularmente quando a temperatura e teor de umidade são altos e, portanto, favoráveis à deterioração. Este tipo de deterioração é acelerado pelo desenvolvimento de fungos devido à intensa ação lipolítica destes microrganismos.

As características de qualidade de óleos e gorduras ou materiais que as contém, sempre estão relacionadas com o fenômeno da rancidez, que é sem dúvida, o fenômeno deteriorativo mais importante neste tipo de produto. A rancidez é um tipo de deterioração em óleos e gorduras organolepticamente detectável. Existem dois tipos de rancidez, a hidrolítica e a oxidativa. As conseqüências da rancidez são: deterioração do sabor e odor e aparecimento de ranço; depreciação do produto – perda do valor comercial; redução do valor nutritivo – oxidação das proteínas pelos peróxidos, alterando sua textura e funcionalidade, e modificação das vitaminas com perda da cor e valor nutricional (MORETTO & FETT, 1998).

A rancidez hidrolítica enzimática refere-se à hidrólise dos óleos e gorduras com produção de ácidos graxos livres, devido à ação de enzimas lipases presentes nas sementes oleaginosas ou lipases de origem microbiana. Suas condições ótimas de ação estão situadas em torno de pH 7 a 37°C, sendo que as de origem vegetal preferem meios ligeiramente ácidos e as de origem animal ligeiramente alcalino. Também pode ocorrer de forma enzimática, como nos processos de fritura, nas quais a hidrólise se dá a altas temperaturas, produzindo ácidos graxos livres.

A rancidez oxidativa também chamada de autooxidação, é do ponto de vista da qualidade a reação mais importante em óleos e gorduras. Está diretamente relacionada com ácidos graxos insaturados. Trata-se da reação do oxigênio atmosférico com as duplas

ligações dos ácidos graxos insaturados. A reatividade aumenta com o aumento do número de insaturações na cadeia. A reação de oxidação produz peróxidos e hidroperóxidos (produtos primários organoleticamente inertes). Estes compostos por uma série de reações paralelas produzem os compostos voláteis, aldeídos e cetonas que dão o odor de ranço ao alimento (produtos secundários).

A estabilidade dos óleos e gorduras com respeito à “rancidez oxidativa”, está relacionada com a insaturação dos seus ácidos graxos correspondentes. Contudo, a despeito de seu maior grau de insaturação, com relação às gorduras animais (mais saturadas), os óleos vegetais são menos suscetíveis a rancidez. Isso é atribuído à ocorrência de antioxidantes naturais nas fontes vegetais. Dos antioxidantes naturais, os mais conhecidos e difundidos são os tocoferóis, que constituem a vitamina E.

Segundo Copeland (1976), o alto teor de umidade dos grãos, a alta temperatura e a elevada atividade de fungos constituem-se nos principais fatores que contribuem para o aumento no valor de ácidos graxos livres. Atualmente, é bem conhecido que os fungos de campo e de armazém podem danificar as sementes por meio de dois mecanismos: produção de enzimas hidrolíticas exocelulares ou pela formação de toxinas.

A hidrólise do material graxo inicia-se muito mais rapidamente que a hidrólise de proteínas ou carboidratos tendo sido utilizada por diversos pesquisadores como um índice sensível à deterioração incipiente nos grãos (HUNTER et al., 1951; RAMARATNAM & KULKARNI, 1983; SWAMY et al., 1993).

Zeleny & Coleman (1938) mostraram que os ácidos presentes nos grãos consistem, basicamente, de ácidos graxos livres, produzidos pela ação de lipases sobre as gorduras, de ácidos fosfáticos produzidos pela ação da fitase sobre a fitina, e de aminoácidos, produzidos pela ação de enzimas proteolíticas sobre as proteínas. Por meio de determinações periódicas do valor da acidez e de outros índices de qualidade em trigo armazenado em duas células os autores obtiveram, ainda, que os valores da acidez graxa, fosfática e total titulável aumentaram com o nível de deterioração do produto armazenado enquanto a viabilidade diminuiu. A acidez devida à presença de aminoácidos não apresentou elevação durante o período estudado. Comparando-se as taxas de incremento entre a acidez

graxa e fosfática, verificaram que a primeira foi maior, particularmente nos primeiros estágios de deterioração.

Estudos realizados visando detectar a acidez presente em 245 amostras de milho, classificadas de acordo com a porcentagem de grãos danificados e em 209 amostras, classificadas segundo a viabilidade, indicaram um coeficiente de correlação de +0,90 e -0,85 entre o nível de ácidos graxos livres e as porcentagens de danificados e de germinação, respectivamente (POMERANZ, 1974).

Swamy et al. (1993), monitorando o desenvolvimento de ácidos graxos livres em arroz submetido a várias condições de armazenamento (com resfriamento; à temperatura ambiente; a 37°C e 62% de umidade relativa e a 37°C e 92% de umidade relativa, com e sem insetos), durante um período de 13 meses, concluíram, com relação ao efeito da temperatura, que o produto pode ser armazenado por um período de até três meses à temperatura ambiente (23°C e 34°C) e, por um ano, em ambiente refrigerado (4°C e 6°C), uma vez que o nível de ácidos graxos livres atingiu, apenas, cerca de 10% do total de óleo.

Biaggioni et al. (1996) e Biaggioni & Ferreira (1998) utilizaram o nível de ácidos graxos livres como um dos índices de deterioração para avaliar, respectivamente, os efeitos imediato e latente da colheita mecânica na qualidade de grãos de milho. Nas avaliações realizadas logo após a colheita, o efeito do dano mecânico, em relação à testemunha, pôde ser detectado pela porcentagem de impurezas, porcentagem de trincas e pela acidez graxa, enquanto o efeito imediato provocado pelos diferentes tratamentos foi detectado, apenas, pelo nível de ácidos graxos livres. A variação na porcentagem de germinação não foi significativa. Nas avaliações realizadas após um ano de armazenamento, o índice de acidez graxa mostrou-se mais eficaz para detectar a perda de qualidade do milho armazenado, em relação ao teste de germinação.

França Neto et al. (1995) estudaram grãos de soja da cultivar Bragg com o objetivo de determinar os efeitos do enrugamento sobre a composição química e mineral do grão. As amostras para as análises foram preparadas em triplicata pela mistura de grãos enrugados e não enrugados, em proporções variando de 0% a 100%. O peso seco de 100 sementes, os teores de resíduos minerais (cinzas) e os teores de minerais, carboidratos,

lipídeos e proteínas foram analisados. O índice de acidez e a porcentagem de ácidos graxos livres foram também determinados no óleo extraído dos grãos. O aumento no percentual de grãos enrugados proporcionou redução significativa no peso seco de 100 sementes (12,40%). Contrariamente, o teor percentual de proteína aumentou, significativamente, nessas mesmas condições. Os autores atribuem este aumento à redução no teor de óleo ou à sua possível degradação, evidenciada pelo significativo aumento no percentual de ácidos graxos livres e conseqüente aumento no índice de acidez do óleo. O enrugamento resulta em reduções significativas na qualidade de sementes e grãos de soja produzidos, com sérios prejuízos a sojicultura brasileira.

2.2 Fontes de deterioração em grãos de soja

A deterioração pode ser definida como um processo que envolve mudanças citológicas, bioquímicas e físicas que causam a morte das sementes. O processo tem sido caracterizado por Delouche (1975) como inexorável, irreversível e progressivo. Tal processo é determinado por fatores genéticos, ataques de percevejos, condições ambientais no período pós-maturação/pré-colheita, procedimentos de colheita e de beneficiamento, além das condições de armazenamento e transporte.

2.2.1 Danos causados por temperatura

As sementes de soja atingem o ponto de maturidade fisiológica com 35 a 45% de teor de umidade, quando não é ainda possível a colheita (DELOUCHE, 1975). Todavia, se as condições climáticas forem favoráveis, essa faixa de teor de umidade pode cair rapidamente para 15 a 18% em uma semana apenas.

A constante desidratação e hidratação das sementes, causadas pela alternância de períodos chuvosos e secos, faz com que as mesmas, ainda no campo, sofram constantes alterações no seu teor de umidade, acelerando-se os seus processos de deterioração,

o que é mais drástico para as cultivares precoces que para as tardias, pois, para as primeiras, a temperatura após a maturação é mais elevada (DELOUCHE, 1975).

A deterioração por umidade conforme descrita por Moore (1973), Pereira & Andrews (1976) e França Neto (1984) citados por França Neto et al. (1998), resulta da exposição das sementes de soja a ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase final de maturação, antes da colheita. Tais danos apresentam uma maior magnitude, caso ocorram em ambientes quentes, típicos de regiões tropicais e subtropicais. Sementes com deterioração por umidade apresentam rugas características nos cotilédones, na região oposta ao hilo, ou sobre o eixo embrionário. Frequentemente, tais lesões podem estar associadas com a infecção por certos fungos.

Por outro lado, sementes com elevado teor de água requerem secagem imediata que pode ser feita tanto em secador convencional, usando ar quente, como em silos com sistema de ventilação. Cerqueira et al. (1979) determinaram um prazo máximo de 72 horas de retardamento da secagem para sementes de soja colhidas com 19,1% de teor de umidade, para as condições de Pelotas, RS, sendo que, com teores mais baixos (15 a 17%), as sementes suportam períodos mais longos.

Com relação às sementes de soja, vários critérios devem ser observados, como por exemplo, não empregar temperaturas acima de 43,3°C e umidade relativa abaixo de 40%, evitando-se, dessa maneira, danificações nas células do embrião e quebraduras no tegumento da semente, que facilitam a penetração de microorganismos patogênicos e o ataque de pragas no decorrer do armazenamento (DELOUCHE, 1975 e HARRINGTON, 1972a).

A semente é higroscópica e, por essa razão, seu teor de umidade está constantemente variando em função da umidade relativa e da temperatura ambiente. As sementes das diferentes espécies vegetais têm ponto de equilíbrio higroscópico diferente, para uma mesma umidade relativa e temperatura. A soja, por exemplo, equilibra-se com mais ou menos 12,5%, numa faixa de 65 a 70% de umidade relativa, à temperatura de 25°C (DELOUCHE, 1975). Mesmo para uma única espécie há variações no teor de umidade de cada semente, em razão das diferenças de tamanho e espessura do tegumento.

Harrington (1972b) afirma que nas sementes oleaginosas o ponto de equilíbrio higroscópico é mais baixo que nas amiláceas, em condições idênticas de umidade relativa e temperatura, uma vez que a água somente é absorvida pelos componentes não oleaginosos da semente.

Sementes de soja podem suportar temperaturas de até 35°C, durante um ano de armazenamento, desde que seu teor de umidade não seja superior a 9% (Delouche, 1975).

Cerqueira et al. (1979) avaliou durante nove meses de armazenamento os efeitos de dois níveis de umidade inicial, 10 e 14%, sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja (cultivar IAC-6). Foram colhidas sementes com umidade de 14 a 15%, sendo o nível mais baixo (10%) ajustado com ventilação a ar quente (temperatura máxima de 40°C), as quais, foram analisadas através de testes de germinação e envelhecimento precoce. Os resultados mostraram que não houve efeito da umidade inicial de armazenamento sobre a qualidade fisiológica das sementes. Nas condições normais de ambiente em Goiânia, GO, tanto faz a semente iniciar o armazenamento com 14 ou 10% de teor de umidade (em maio), pois três meses depois o teor de umidade estará em torno de 10%, permitindo um período mínimo de cinco meses de armazenamento (maio a outubro), sem que haja reduções significativas de germinação e vigor.

O processo de secagem de produtos agrícolas consiste na redução de seu teor de umidade até o ponto em que o produto possa ser armazenado com segurança. É uma operação que deve ser executada com cuidado, pois pode afetar a qualidade de grãos e sementes. Diversos trabalhos têm sido realizados no sentido de se estudar o efeito da temperatura do ar de secagem, isolado ou associado com outros fatores como velocidade e umidade relativa do ar de secagem e teor de umidade inicial do produto sobre a redução da qualidade física, química e fisiológica de grãos e sementes.

Na maioria das vezes, após a colheita, as sementes ainda encontram-se úmidas e com um teor de umidade não adequado para o armazenamento, tornando-se, então, necessário o uso de técnicas e equipamentos de secagem adequados para que o teor de umidade das mesmas seja reduzido, garantindo uma armazenagem segura para o próximo

plântio. O gerenciamento apropriado da armazenagem é essencial para manter alta a qualidade da semente.

Os principais parâmetros de secagem associados à redução na qualidade das sementes são temperatura, tempo de exposição do produto na câmara de secagem, taxa de secagem e teores de umidade inicial e final do produto. Devilla et al. (1999) avaliaram a uniformidade de secagem e a qualidade fisiológica de sementes de soja, variedade FT 2000 e Embrapa 48, secas em um silo secador com ar natural. Investigando o comportamento do teor de umidade, germinação e vigor durante a secagem de amostras de soja situadas em diferentes posições radiais e longitudinais do silo, concluíram que existe a formação de gradientes dos parâmetros estudados ao longo do eixo vertical da massa de sementes no interior do silo; entretanto, os gradientes radiais detectados não foram significativos.

França Neto et al. (1998) verificaram que danos podem ser observados em sementes de algumas cultivares de soja, quando submetidas a altas temperaturas (acima de 30°C), associadas com períodos de baixa disponibilidade hídrica (seca), durante a fase de enchimento de grãos. Os sintomas são variáveis: a lesão típica pode ser caracterizada pela presença de uma covinha nos cotilédones até o completo enrugamento das sementes. Algumas sementes produzidas sobre tais condições de estresse podem tornar-se impermeáveis à água. Sementes enrugadas normalmente não germinam em função da desintegração dos tecidos do eixo embrionário e das regiões superiores dos cotilédones.

Segundo os mesmos autores, os danos de secagem excessiva são consequência da redução do teor de umidade das sementes ou de grãos a graus de umidade abaixo de 10,0%. São caracterizados pela constatação de elevados índices de sementes ou de grãos com trincas transversais nos cotilédones sempre na mesma posição. Quando as sementes ou os grãos de soja são secados excessivamente, eles estarão sujeitos a quebrar preferencialmente nessa posição, quando exposta a um impacto mecânico.

Segundo Popinigis (1985), a secagem pode provocar perdas de germinação e vigor das sementes que podem se manifestar logo após esta operação ou durante o armazenamento.

Além dos problemas citados anteriormente, segundo Carvalho & Nakagawa (2000) e Popinigis (1985), a temperatura elevada do ar secante causa a dessecação externa das sementes, promovendo perda da viabilidade e vigor. A magnitude desses danos causados às sementes depende da cultivar e de seus teores de umidade inicial e final. De forma geral, as temperaturas máximas da massa de sementes recomendadas são: 32°C para teores de umidade acima de 18% b.u., 38°C para a faixa de 10 a 18% b.u. e 43°C abaixo de 10 % b.u. Para a maioria das sementes, recomendam-se temperaturas inferiores a 43°C e umidade relativa do ar de secagem superior a 40%. Quanto maior o teor de umidade inicial da semente, mais baixo deverá ser o valor limite da temperatura tolerável. Assim, durante o processo de secagem, pode-se elevar gradualmente a temperatura do ar de secagem.

Segundo Claser (1995) em outros trabalhos, em geral, também relacionados à secagem de sementes e grãos de soja, preconiza-se a limitação da temperatura do ar de secagem à faixa de 40 a 45°C. Na maioria dos trabalhos, relata-se que temperaturas superiores a 45°C não só reduzem apreciavelmente a germinação das sementes, como também os inviabilizam para o armazenamento.

Claser (1995), observou que temperaturas excessivamente elevadas durante a secagem estressam as sementes, e os efeitos biológicos e físicos decorrentes, imediatos ou latentes, são: a redução da germinação e do vigor; o aparecimento de plântulas anormais; a descoloração das sementes; e o aumento da suscetibilidade às danificações mecânicas, facilitando, assim, a deterioração por atividade de fungos e insetos.

Ao estudar o efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a germinação de sementes de soja, o autor verificou que, para uma temperatura do ar de secagem de 40°C e umidade relativa de 60%, a germinação foi de 96,3% imediatamente após a secagem e de 92,0%, quatro meses depois. Observou, também, que mesmo secando-se as sementes de soja com temperatura do ar de secagem de 60°C, acima do limite recomendado conforme literaturas consultadas, é possível obter-se uma porcentagem de sementes inteiras intactas acima de 86%, desde que a umidade relativa do ar de secagem fique acima de 52%. Assim, fica evidente a importância do efeito da umidade relativa do ar de secagem interferindo no percentual de grãos inteiros.

2.2.2 Danos causados por injúrias mecânicas

Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), durante o processo produtivo de qualquer cultura, a injúria mecânica é consequência, na sua maior parte, da modernização das atividades agrícolas. As perdas de grãos de soja durante a colheita têm atingido níveis bastante preocupantes, nos últimos anos. Essas perdas podem ser atribuídas a uma série de fatores, especialmente manejo inadequado da lavoura, mau preparo do solo, plantio de cultivares não adequadas, presença de plantas daninhas nas lavouras, retardamento da colheita e, finalmente, a falta de regulagens e manutenção das máquinas colhedoras.

Ainda segundo os mesmos autores, uma semente pode ser mecanicamente injuriada nas máquinas de semeadura ou de colheita e, também, durante o beneficiamento, armazenamento e transporte. Os fatores que controlam o grau de injúrias mecânicas em sua maior parte são a intensidade e o número de impactos sofridos por elas entre outros. A intensidade de injúrias mecânicas que sofre uma semente é avaliada por seus efeitos sobre sua germinação e seu vigor.

Dentre os fatores mais importantes que determinam a severidade de injúria mecânica sofrida pelas sementes ou grãos, destaca-se o teor de umidade no momento do impacto. Em função do teor de água, a injúria mecânica será classificada em dois tipos: por “quebramento”, a semente sofre este tipo de injúria quando o teor de água é muito baixo, resultando no rompimento dos tecidos das sementes; ou por “amassamento”, ocorre quando o teor de água é muito alto, pois devido os tecidos serem tenros, as sementes ficam amassadas na região onde ocorreu o impacto. Na prática, pode-se dizer que a injúria mecânica por “quebramento” começa aumentar de intensidade à medida que o teor de água se reduz a valores inferiores a 12-14% e, a por “amassamento”, aumenta a partir de 16-18%. (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Ainda segundo os mesmos autores, as sementes exalbuminosas como a soja, têm como principal tecido de reserva os cotilédones, como o tecido cotiledonar é embrionário, a soja torna-se mais suscetível à injúria mecânica, devido à exposição do eixo embrionário. Portanto, em sementes arredondadas, a probabilidade de que ocorra o impacto

sobre o eixo embrionário é igual à de ocorrer em outra região qualquer da semente. Essa seria uma das possíveis explicações para a alta suscetibilidade das sementes de soja a injúrias mecânicas.

Os efeitos das injúrias mecânicas sobre a qualidade das sementes ou grãos podem ser subdivididos em dois tipos: efeitos imediatos, os quais ocorrem se houver injúria no momento da semeadura, este efeito dificilmente será avaliado como problema porque, na maior parte das vezes, a semente será armazenada e não semeada; e os efeitos latentes, são aqueles observáveis somente após as sementes injuriadas terem permanecido armazenadas no período entre a colheita e a semeadura. Neste caso, a possibilidade da injúria mecânica ter conseqüências mais sérias é muito maior. Uma semente cujo tegumento foi rompido torna-se muito mais suscetível à deterioração durante o armazenamento (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Moore (1974) afirma que os efeitos latentes da injúria mecânica são mais graves quando é do tipo “amassamento”. Neste tipo de injúria, o volume de tecido não injuriado é muito maior do que quando a injúria é por “quebramento”, então, o tecido afetado serve como um “centro de infecção” para o resto da semente. O ponto onde o tegumento se rompeu serve como porta de entrada para fungos de armazenamento, os quais teriam, possivelmente, papel na deterioração da semente. Tendo em conta que, entre as funções que o tegumento desempenha está a de regular a velocidade de absorção de água poder-se-ia esperar que essa função fosse anulada ou, pelo menos, realizada com menor eficiência, quando uma pancada sobre a semente rompesse sua integridade.

O efeito latente é mais acentuado do que o imediato porque a injúria reduz, durante o armazenamento, o vigor da semente. Conseqüentemente, o nível de energia na semente, no momento em que é posta no solo para germinar, é mais baixo do que numa semente recém-injuriada. Em ambos os casos, as sementes vão mobilizar energia com o objetivo de cicatrizar o tecido; no caso, porém, da semente injuriada e armazenada (efeito latente) é bem mais provável que, após cicatrizar o tecido, a energia remanescente não seja suficiente para que o processo de germinação se complete. Às vezes, a redução do vigor durante o armazenamento é tão acentuada que a energia remanescente não chega a ser suficiente sequer para cicatrizar o tecido danificado (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A crescente modernização da agricultura brasileira tem exigido dos diferentes setores, a racionalização do processo produtivo. Dentro deste contexto, verificou-se que a colheita mecânica, quando não efetuada de maneira adequada, ocasionará perdas expressivas tanto em quantidade como em qualidade do produto colhido. Segundo Costa et al. (2001), diversos estudos têm indicado que a colheita mecânica da soja é considerada uma etapa de custos elevados e, geralmente, proporciona a obtenção de matéria prima comprometida, em função da falta de manutenção das colhedoras e de ajustes dos sistemas de trilha, separação e limpeza do produto colhido.

França Neto et al. (1998) observaram que os danos mecânicos resultam de impactos físicos durante as operações de colheita, trilha, secagem, beneficiamento, transporte e semeadura das sementes ou dos grãos de soja.

Costa et al. (2001) estudaram a qualidade de diferentes cultivares (365 amostras) de soja, safra 1996/97 nos estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso. A avaliação da qualidade foi realizada na Embrapa Soja, através dos seguintes parâmetros: quebra, ruptura do tegumento, dano mecânico (TZ 6-8), deterioração por umidade (TZ 6-8), lesões por percevejo (TZ 6-8), germinação, vigor (TZ 1-3), viabilidade (TZ 1-5), análises de óleo, proteínas e teor de acidez. Concluíram que a elevada porcentagem de quebras, danos mecânicos e rupturas de tegumento, associados aos índices de deterioração por umidade e lesões por percevejos, afetaram mais significativamente as sementes provenientes das Regiões Oeste e Norte do Paraná, quando comparado com as do Sul do Paraná e com as do estado de Santa Catarina e Mato Grosso.

Estes fatos se manifestaram pela redução do vigor, da viabilidade e da germinação da maioria das cultivares avaliadas. Observou-se, também, que a velocidade do cilindro de trilha inferior a 500rpm, levou à obtenção de uma melhor qualidade fisiológica das sementes, embora não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Por sua vez, os dados também mostraram que as cultivares produzidas no estado do Mato Grosso apresentaram maiores teores de óleo e menor índice de acidez em relação às outras regiões. Contudo, pode-se concluir que na safra agrícola de 1996/97, as sementes provenientes da Região Sul do Paraná e dos estados de Santa Catarina e Mato Grosso apresentaram melhor padrão de qualidade, quando comparadas com as demais regiões (oeste e norte do Paraná).

Couto & Alvarenga (1998) estudaram a resistência mecânica de grãos de soja, cultivar UFV 5, e de duas linhagens, UFV 80-135 e UFV 83-354, desenvolvidas na Universidade Federal de Viçosa. As sementes sofreram um único impacto localizado segundo três regiões. Foram utilizadas amostras com três diferentes teores de umidade e seis níveis de energia de impacto. Os danos resultantes foram avaliados com base nos índices de germinação das sementes impactadas. Concluíram que a posição P1 (paralela ao plano de separação dos cotilédones) da semente de soja nos três cultivares e para os três teores de umidade avaliados, mostrou ser a mais resistente a impactos. As posições que apresentaram menores resistências ao impacto foram as P2 (região do hilo) e P3 (região oposta ao hilo), que não se diferenciaram. As sementes da linhagem UFV 80-135 apresentaram fortes tendências a serem as mais resistentes a impactos, principalmente para um teor de umidade de 14,8% b.u. As sementes menos resistentes foram as do cultivar UFV 5.

Rocha Júnior & Benedetti (1999) estudaram a qualidade fisiológica da semente de soja (cultivar IAC-17) após a colheita e beneficiamento. A qualidade das sementes foi avaliada através de análises de pureza física, grau de umidade, injúrias mecânicas, germinação e vigor (envelhecimento acelerado). Os resultados permitiram concluir que: a) o tipo de colheita, mecânica ou manual, afetou significativamente na pureza, injúrias mecânicas e grau de umidade das sementes de soja, mas não exerceu influência sobre sua germinação e vigor; b) após o beneficiamento e classificação por tamanho, as sementes não mostraram diferenças quanto às injúrias mecânicas, comprovando que tanto em peneiras P11 e P13 ocorreram danos proporcionais; c) os parâmetros pureza, injúrias mecânicas, grau de umidade e germinação das sementes não foram afetados pelo beneficiamento, mantendo as mesmas avaliações apresentadas após a colheita, entretanto, o vigor sofreu influência do mesmo.

2.2.3 Danos causados por microorganismos

Goulart et al. (1995) estudaram a incidência de fungos presentes em sementes de soja produzidas no Estado do Mato Grosso do Sul na safra 1992/93. Concluíram que o principal fungo associado às sementes de soja produzidas naquele estado é o *Fusarium*

semitectum. Observou-se, também, a existência de variação na incidência de fungos nas sementes de soja em função do local de produção e/ou condições climáticas durante as fases de maturação e colheita.

Paiva et al. (1995) estudaram a ação de *Aspergillus flavus* sobre sementes de soja, cv. CAC-1 com dois níveis de teor de umidade (12 e 15%) as quais foram inoculadas com esporos de dois isolados de *A. flavus* e submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, expondo-as a 42°C e 95% de umidade relativa por 0, 24, 48 e 72 horas. Em seguida foram realizados testes de potencial de germinação (TGP) e nível de vigor em tetrazólio (NVT), avaliação de stand inicial (ASI), velocidade de emergência (VE) e padrão de germinação (PG) em bandejas com solo sob condições controladas. Foi analisada a patogenicidade de isolados verificando sua esporulação em sementes plaqueadas em BDA + NaCl. Considerando a inoculação ou não das sementes, foram obtidas respostas altamente significativas para todos os testes, demonstrando o potencial de deterioração do isolado utilizado cujo inóculo cobriu parcialmente as sementes nos tratamentos de 24 horas e totalmente nos tratamentos de 48 e 72 horas. Diferenças altamente significativas foram detectadas entre todos os tratamentos para os testes PG, e entre o tratamento de 72 horas e os demais para NVT, ASI e VE. No TGP; os tratamentos de 0 e 24 horas não diferiram entre si, o que não aconteceu para os tratamentos 48 horas e 72 horas de envelhecimento.

Henning et al. (1985) estudaram a qualidade de sementes de soja “Tropical” armazenadas com 17 e 9% de teor de umidade em câmara fria (12-15°C; 65-70% U.R.) e ambiente natural, em Teresina/PI. A cada 45 dias, entre os meses de março a setembro de 1984, 24 amostras (três repetições por tratamento) foram coletadas e enviadas a Londrina/PR, para as análises de sanidade (método do papel de filtro), germinação padrão, tetrazólio, envelhecimento precoce (gerbox – 41°C/48 horas) e determinação do teor de umidade (estufa 105°C/24 horas). De maneira geral, o teor de umidade das sementes decresceu durante a armazenagem estabilizando-se em torno de 8%.

A qualidade fisiológica determinada pelos testes de germinação padrão, envelhecimento precoce e tetrazólio (germinação e vigor) foram sempre superiores para sementes armazenadas em câmara fria. Após 45 dias de armazenagem em ambiente natural independentemente do seu teor natural de umidade, as sementes já apresentavam

sensível decréscimo na sua qualidade. Paralelamente, observou-se acentuada elevação nos índices de deterioração por umidade, determinados pelos testes de tetrazólio e aumento na incidência de *Aspergillus* spp.. Em câmara fria não houve proliferação deste fungo observando-se apenas ligeiro aumento nos índices de deterioração por umidade. A análise sanitária revelou baixos índices de *Phomopsis* sp., *Colletotrichum dematium* var. *truncata*. Com relação a *Cercospora kikuchii* e *Fusarium semitectum*, observou-se que os mesmos perderam sua viabilidade no armazenamento em ambiente natural, porém foram preservados em câmara fria.

2.3 Testes de qualidade para determinação do vigor de sementes de soja

A crescente demanda de sementes de soja de alto padrão tem exigido da indústria de sementes um controle de qualidade mais versátil e dinâmico. Tal exigência tem sido parcialmente suprida pela rapidez com que são executados alguns testes como pureza física e varietal, teor de água e índice de danos mecânicos. Entretanto, o teste padrão de germinação que é rotineiramente utilizado para determinar a qualidade fisiológica das sementes apresenta sérias limitações. Além da demora em sua execução, este teste não fornece informações quanto ao vigor, não permite de forma precisa a identificação de fatores que afetam a qualidade das sementes e seus resultados são freqüentemente mascarados pela presença de fungos como *Phomopsis* sp. e *Fusarium semitectum*. Tais limitações podem resultar em sérios prejuízos aos produtores de sementes por afetar negativamente a tomada de decisões relativas à colheita, ao processamento, à armazenagem e à comercialização (KRZYZANOWSKI et al., 1991).

Devido às limitações do teste de germinação, pesquisadores do CNPSO–Embrapa desenvolveram o DIACOM – Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja, em 1992. A adoção deste método de análise, além de representar um benefício econômico potencial para a indústria de sementes de soja, possibilita, ainda, o controle de qualidade, detectando as causas dos problemas de qualidade das sementes, bem

como a adoção de medidas corretivas para os mesmos (FRANÇA NETO & HENNING, 1992).

O diagnóstico das causas dos problemas de perdas de qualidade física e fisiológica das sementes é realizado através do teste de tetrazólio, segundo metodologia descrita por França Neto et al. (1998), onde são identificados os danos de deterioração por umidade, os danos mecânicos e os danos por percevejos. Um outro diagnóstico também realizado pelo DIACOM é o teste de sanidade de sementes (método do papel de filtro), onde se faz a identificação dos principais fungos associados à semente, possibilitando a escolha do fungicida mais adequado para o tratamento, evitando a disseminação de patógenos transmitidos por sementes.

De acordo com os pesquisadores do CNPSo, França Neto & Henning (1992), o produtor de sementes ao adotar o DIACOM, é beneficiado também pelo fato de que este método de análise pode ser realizado ao nível de campo, no momento anterior ao início do processo de colheita. Ainda segundo os mesmos autores, o benefício econômico potencial para a indústria de sementes de soja dá-se devido à produção de sementes de alta qualidade, capaz de atender a demanda, cada vez maior, de um mercado competitivo e exigente por qualidade, principalmente após o advento do MERCOSUL. Portanto, o DIACOM, quando comparado ao método tradicional de análise, ao evitar o descarte de sementes de boa qualidade, contribui para a flutuação da quantidade ofertada de sementes de soja, dando maior estabilidade ao mercado, a partir de estimativas de área cultivada.

A estimativa do vigor de sementes de soja através do teste de tetrazólio (TZ 1-3) tem sido uma ferramenta bastante usada por produtores de sementes em seus programas de controle de qualidade. Dentre os parâmetros que avaliam a qualidade fisiológica da semente (germinação e vigor) o vigor é o primeiro a mostrar declínio durante o processo de deterioração (FRANÇA NETO et al., 1998).

Krzyzanowski et al. (1991) destacam algumas vantagens do teste de tetrazólio para a soja: a) não é afetado por condições ambientais que normalmente afetam os testes de crescimento; b) permite examinar as condições físicas e fisiológicas das estruturas do embrião; c) permite rápida avaliação; d) permite a identificação de diferentes níveis de viabilidade; e) fornece o diagnóstico da causa da queda da viabilidade da semente; f) o

equipamento necessário é simples e barato; g) um analista experiente pode ter um rendimento de 4 a 5 amostras (2 x 50 sementes) por hora.

De acordo com a revisão bibliográfica verificou-se a ausência de testes que avaliassem a qualidade de grãos de soja, já a avaliação da qualidade de sementes é bem definida pelo teste de tetrazólio. Portanto, tal teste passou a ser adotado como referência para avaliar a qualidade física e fisiológica de grãos de soja, o qual mostrou-se eficaz no diagnóstico dos percentuais de vigor e viabilidade dos grãos, bem como, dos percentuais de danos mecânicos e de deterioração por umidade sofridos nos estádios de desenvolvimento, colheita, pós-colheita e secagem em alta temperatura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Visando atender os objetivos propostos, o presente trabalho foi dividido em duas etapas, desenvolvendo-se metodologias independentes para cada uma delas, embora alguns procedimentos tenham sido comuns.

Tendo em vista a diversidade e especificidade das análises selecionadas como testes de referência, foi necessário o apoio de diversos Laboratórios de Pesquisa, dentro e fora da Faculdade de Ciências Agrônomicas da FCA/UNESP – Botucatu/SP, a fim de viabilizar o experimento:

- Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da FCA/UNESP: análises de teor de umidade e acidez graxa;
- Laboratório de Sementes da FCA/UNESP: análise de uniformidade (classificação por peneiras);
- Laboratório de Tecnologia de Sementes e Patologia de Sementes do Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSo/Embrapa: análises de qualidade fisiológica (tetrazólio) e sanitária (teste do papel de filtro);
- Laboratório de Química do Centro de Raízes Tropicais – CERAT (FCA/UNESP – Botucatu/SP): análises de teor de óleo e teor de rancidez;

- Laboratório de Classificação Física de Grãos em Santos/SP: análise de classificação física de grãos de soja destinados à exportação.

3.1 Acidez graxa e classificação comercial em grãos de soja

Seis lotes de grãos de soja, provenientes de uma empresa responsável pela classificação comercial deste produto, localizada em Santos / SP, apresentando qualidade variável, foram submetidos à classificação na própria empresa, realizada pelo analista do Laboratório de Classificação Física de Grãos destinados à exportação, seguido das análises de acidez graxa realizadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da FCA/UNESP.

O teste de classificação de grãos de soja para exportação se baseia na Resolução do Conselho Nacional do Comércio Exterior – CONCEX nº 169 (1989), cuja soja destinada à exportação será ordenada em classes (amarela, verde, marrom, preta e mista) e classificada com base no teor de umidade, grãos quebrados, impurezas e/ou matérias estranhas e grãos avariados (Tabela 2). Este último fator de qualidade, além de contemplar os grãos germinados, imaturos, chochos e com casca rachada ou manchada, classifica, ainda, os chamados grãos danificados (atacados por pragas, doenças e/ou afetados por processos de secagem), grãos mofados (afetados por fungos) e os grãos ardidos (visivelmente fermentados, com coloração escura na casca e interiormente (vide fotos no Apêndice 1) características estas nem sempre muito fáceis de qualificar numa análise visual e, praticamente, impossível de quantificá-las.

O critério de avaliação adotado no presente trabalho, como referência para verificar a correspondência entre o nível de ácidos graxos livres e a classificação comercial de grãos de soja, foi à porcentagem de grãos ardidos (visivelmente fermentados, com coloração escura na casca e interiormente). Tal escolha baseou-se na hipótese de que a constatação de fermentação nos grãos suscita uma alteração ainda mais significativa no nível de ácidos graxos livres.

TABELA 2: Padrões de qualidade para soja em grão destinada a exportação:

<i>Fator de Qualidade</i>	<i>Limite de Tolerância Máxima</i>
Umidade	14%
Impurezas e/ou matérias estranhas	1% com máximo de 0,005% de bagas de mamona
Grãos quebrados	30%
Grãos avariados	8% no máximo, admitindo-se 5% de grãos ardidos

Fonte: Ministério da Agricultura – Secretaria Nacional de Abastecimento

Resolução CONCEX nº 169 de 08 de Março de 1989.

3.2 Variação da acidez graxa em grãos de soja danificados artificialmente

Para avaliação da sensibilidade da análise da acidez graxa em grãos de soja danificados artificialmente, antes e durante um período de armazenamento, utilizou-se a cultivar IAC-19, safra 2001/2002, proveniente da gleba denominada Cascalheira pertencente à Fazenda de Ensino, Produção e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu/SP.

A cultivar IAC-19 é indicada para semeadura nos estados do Brasil (SP, MG, GO, MT e MS) para solos de média fertilidade. A época de semeadura é de outubro a dezembro, o hábito de crescimento é determinado, sendo o florescimento entre 55-60 dias e seu ciclo de 135-140 dias, cuja altura das plantas corresponde de 80-100 cm, o rendimento provável varia de 2.400-3.000 kg/ha. A cultivar apresenta moderada resistência a insetos mastigadores e outros como mosca branca, etc. É resistente a doenças como a pústula bacteriana, fogo selvagem, crestamento bacteriano, cancro da haste, mosaico comum, nematóide de galha, etc. As sementes são amarelas, apresentam hilo marrom e cada 100 sementes pesam 15 g (INSTITUTO AGRONÔMICO, 1998).

No início da lavoura em formação aplicou-se Glyphosate como dessecante e, para a dessecação das folhas antes da colheita, aplicou-se Finali. Durante a fase

de campo, houve ocorrência de oídio e ácaro branco, que não causaram danos significativos, e grande ocorrência de percevejos das espécies *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*, por não ter sido realizada pulverizações de controle do inseto.

Cerca de 48 kg de grãos úmidos de soja colhidos dessa lavoura foram divididos em 4 sublotos conforme a causa de deterioração introduzida, acondicionados em embalagem de papel de 6kg cada e armazenados em ambiente de laboratório, em local livre dos efeitos do sol e da umidade, por um período de oito meses. Por meio de um termohigrógrafo digital, fez-se o monitoramento horário dos dados de temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Assim, identificou-se quatro tratamentos, conforme a causa de deterioração em estudo:

- tratamento 1: colheita manual e secagem à sombra (**sem danos/testemunha**);
- tratamento 2: **colheita mecânica** e secagem à sombra (**dano mecânico**);
- tratamento 3: colheita manual e **secagem em alta temperatura** (**dano térmico**);
- tratamento 4: colheita manual e secagem à sombra até 17% b.u., aproximadamente (condições ideais para o rápido desenvolvimento de **microrganismos**).

3.2.1 Obtenção dos tratamentos

Na colheita manual fez-se a coleta das plantas, sem as raízes, numa área suficiente para fornecer cerca de 36kg de grãos úmidos sendo, então, divididas em três lotes contendo 12kg de grãos cada.

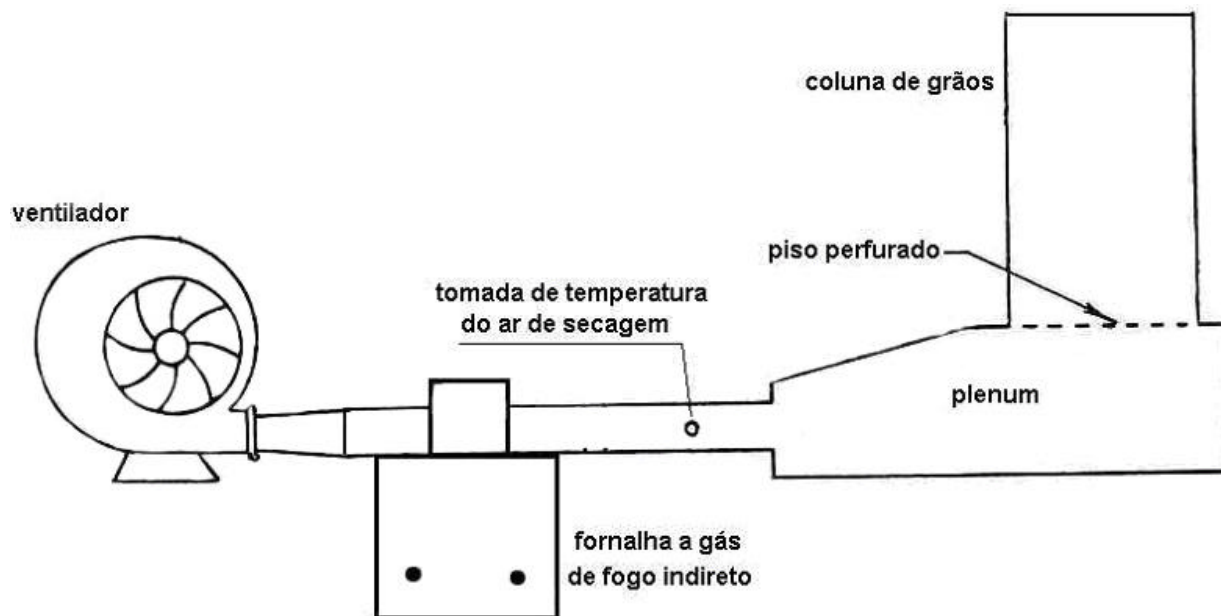
As plantas colhidas manualmente foram espalhadas à sombra para redução do teor de umidade inicial, que era de 18,5% b.u. Em seguida, as plantas foram colocadas em sacos de estopa e submetidas a “batidas” com barras de ferro, a fim de promover

a abertura das vagens e liberação dos grãos. A soja obtida, cerca de 36kg foi abanada para a eliminação das impurezas.

O primeiro sublote desses grãos (cerca de 12kg) foi espalhado numa bandeja e deixado à sombra para completar a secagem até teor de umidade abaixo de 14% b.u., dando origem ao tratamento 1 (testemunha). O segundo lote de grãos (cerca de 12kg), contendo umidade acima do teor seguro para o armazenamento (17,8% b.u.), foi embalado sem a secagem complementar originando o tratamento 4 (fungos).

O terceiro sublote desses grãos (cerca de 12kg) obtidos através de colheita manual, cujos grãos foram submetidos à “batidas” como nos demais tratamentos (exceção ao tratamento 2) e sem secagem a sombra foram encaminhados para um secador à alta temperatura, originando o tratamento 3 (dano térmico).

Para introduzir o dano térmico no sublote 3, utilizou-se um secador de leito fixo em escala de laboratório (Figura 1). Para aquecimento e condução do ar de secagem, utilizou-se uma fornalha a gás, dotada de trocadores de calor (tubos de calor), e ventilador centrífugo. Os grãos foram depositados numa coluna de PVC, de 0,30 m de diâmetro, até completar cerca de 0,20 m de altura (espessura da camada). Durante a secagem, fez-se o monitoramento, a cada meia hora, do teor de umidade dos grãos (medidor indireto, *Geole 600*), da temperatura do ar de secagem no plenum (termopar tipo J), da temperatura da massa de soja na coluna (termopar tipo T) e da velocidade do ar de secagem na saída da coluna (anemômetro de hélices). O produto era revolvido a cada 15 minutos, aproximadamente. Quando se estimou o teor de umidade do grão em torno de 10% b.u. (medidor indireto), encerrou-se o processo de aquecimento, deixando-se a massa resfriar por mais 30 minutos, com o ventilador insuflando ar ambiente. O teor de umidade final obtido foi de 9,7% b.u. (ASAE, 1995), a temperatura média do ar de secagem foi de 130°C e a da massa dos grãos de 60°C (atingindo até 80°C durante a metade final da secagem) e a vazão específica média atingiu 10 m³/min.m² (para uma velocidade média do ar de 90 m/min). O tempo total de secagem foi de, aproximadamente, 2,5 horas.

FIGURA 1: Esquema do protótipo utilizado na secagem dos grãos

O tratamento 2 (dano mecânico) foi obtido por meio de colheita mecânica, com máquina automotriz, em área vizinha onde se procedeu à colheita manual, dando origem ao tratamento mecânico. Cerca de 12kg de grãos úmidos de soja foram coletados da caçamba da máquina sendo a rotação do cilindro da colhedora de 600 rpm, os quais foram espalhados numa bandeja e deixados para secar a sombra, até teor de umidade abaixo de 14% b.u.

3.2.2 Testes de qualidade

Os testes de qualidade utilizados para avaliar a sensibilidade do índice de acidez graxa frente a diferentes fontes de danificação em grãos de soja, antes e durante o armazenamento, variaram de acordo com o tratamento estudado, conforme a Tabela 3.

TABELA 3: Relação dos testes de qualidade empregados conforme o tratamento.

Tratamento	Teste empregado	Característica avaliada	Referência bibliográfica
TESTEMUNHA (1)	Teor de umidade	Conteúdo de água	ASAE (1995)
	Acidez graxa	Ácidos graxos livres	AACC (1995)
	Teor de óleo	Conteúdo de lipídeos	IAL (1985a)
	Rancidez	Presença de ranço	IAL (1985b)
	Uniformidade	Grãos quebrados	Brasil (1992)
	Tetrazólio	Dano mecânico/térmico	França Neto et al (1998)
	Papel de filtro	Presença de fungos	Henning (1996)
MECÂNICO (2)	Teor de umidade	Conteúdo de água	ASAE (1995)
	Acidez graxa	Ácidos graxos livres	AACC (1995)
	Teor de óleo	Conteúdo de lipídeos	IAL (1985a)
	Rancidez	Presença de ranço	IAL (1985b)
	Uniformidade	Grãos quebrados	Brasil (1992)
	Tetrazólio	Dano mecânico	França Neto et al (1998)
TÉRMICO (3)	Teor de umidade	Conteúdo de água	ASAE (1995)
	Acidez graxa	Ácidos graxos livres	AACC (1995)
	Teor de óleo	Conteúdo de lipídeos	IAL (1985a)
	Rancidez	Presença de ranço	IAL (1985b)
	Uniformidade	Grãos quebrados	Brasil (1992)
	Tetrazólio	Dano térmico	França Neto et al (1998)
FUNGOS (4)	Teor de umidade	Conteúdo de água	ASAE (1995)
	Acidez graxa	Ácidos graxos livres	AACC (1995)
	Teor de óleo	Conteúdo de lipídeos	IAL (1985a)
	Rancidez	Presença de ranço	IAL (1985b)
	Uniformidade	Grãos quebrados	Brasil (1992)
	Papel de filtro	Presença de fungos	Henning (1996)

As análises de qualidade foram realizadas nas amostras de grãos coletados nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 210 e 240 dias de armazenamento.

3.2.3. Descrição das metodologias

3.2.3.1 Determinação do teor de umidade dos grãos

O teor de umidade foi determinado pelo método da estufa a 105°C, durante 72 horas, em três repetições.

3.2.3.2 Determinação da acidez graxa

A análise baseia-se na extração das gorduras e ácidos graxos de uma porção de grãos, de peso conhecido, utilizando-se tolueno como solvente.

No método 02-02A (AACC, 1995) de determinação rápida da acidez graxa recomenda-se que, para os grãos maiores, após uma pré-moagem, a farinha obtida deve ser moída, novamente, juntamente com o solvente (tolueno), durante um período de quatro minutos, no moinho "stein mill" (100 mL de tolueno para cada 40g de farinha). Este extrato deve ser filtrado a vácuo, deve-se retirar uma alíquota de 25 mL do extrato filtrado e adicionar 25 mL de fenolftaleína (indicador); a mistura deve ser agitada continuamente em agitador magnético para a melhor homogeneização, então, procede-se à titulação da mistura com a base (KOH). Portanto, determina-se, o teor de ácidos graxos livres pela titulação do extrato, após filtragem, com uma solução padronizada de hidróxido de potássio (solução etanólica de KOH, aferida e ajustada para 0,0250 mol/L) introduzida numa microbureta. A fenolftaleína (solução etanólica a 0,04% m/v) é utilizada como indicador.

Anota-se a alíquota de KOH gasta para cada repetição. Para expressar o resultado em “mL de KOH/100g de matéria seca”, faz-se correções de acordo com o teor de umidade e o peso da amostra moída.

Para calcular o nível de ácidos graxos livres utiliza-se a seguinte fórmula:

$$PS = (1 - Ubu) \times 40g$$

$$\text{Nível de AG} = \frac{V \times 100}{PS}$$

Onde:

PS = peso da semente seca (g);

Ubu = Umidade base úmida (teor de umidade das sementes úmidas) em %;

40g de farinha de soja

V = volume gasto de KOH na titulação da mistura (extrato + indicador) em mL;

AG = acidez graxa (mL de KOH/100 gMS).

Durante a execução deste projeto de pesquisa, surgiram dificuldades relativas à disponibilidade de equipamento essencial para iniciar as análises de acidez graxa: a falta do moinho de alta velocidade ("*grinder extractor - stein mill*") implicou no atraso das análises. Este atraso ocorreu devido à demora na importação do moinho e a forte dependência das análises sobre este equipamento, fez com que os ensaios tivessem início com certo atraso e sem o moinho padrão solicitado. Nessas condições, a opção foi utilizar um moinho com características semelhantes ao "stein mill" e iniciar alguns testes conforme previsto no plano inicial, procurando-se entretanto, não comprometer a consistência do projeto. Assim, as avaliações relativas à metodologia original (02-02A da AACCC, 1995) e à sensibilidade do índice de acidez graxa, em soja, foram conduzidas utilizando-se um desfibrador como moinho, o qual serviu como um misturador de dispersões (tolueno + farinha de soja pré-moída em moinho tipo martelo).

Os resultados de acidez graxa obtidos com o uso do desfibrador foram semelhantes aos obtidos com o moinho “stein mill” e não comprometeram a consistência do projeto. Neste sentido, houve uma adaptação à metodologia original de análise da acidez graxa.

3.2.3.3 Teste de tetrazólio

O método consiste em embalar as sementes em papel de germinação umedecido por um período de 16 horas (pré-acondicionamento), à temperatura de 25°C. Na seqüência, as sementes são submersas em solução a 0,075% de trifênil cloreto de tetrazólio, em ausência de luz a 40°C, por um período de 2 horas. Terminado este tempo de coloração, as sementes são lavadas em água comum e mantidas submersas até o momento da avaliação. Para prepará-las para avaliação, é feito um corte longitudinal através do eixo embrionário entre os cotilédones.

No presente trabalho, para o teste de tetrazólio foram utilizadas, por repetição, duas sub-amostras de 50 sementes cada. As sementes foram avaliadas por deterioração por umidade (Tetrazólio / Nível de 1-8), por danificação mecânica (Tetrazólio / Nível de 1-8), índice de vigor (Tetrazólio / Nível de 1-3) e viabilidade (Tetrazólio / Nível de 1-5). Foram considerados como não viáveis, os grãos com fraturas, picadas de insetos e áreas deterioradas (vermelho-carmim forte) localizadas fora das áreas não coloridas toleradas; já aqueles considerados viáveis foram expressos através da porcentagem de vigor e viabilidade.

3.2.3.4 Método do papel de filtro ou “blotter test”

Para determinação da sanidade dos grãos dos tratamentos 1 (testemunha) e 4 (elevado teor de umidade para o desenvolvimento de microorganismos) utilizou-se o método do papel de filtro ou “blotter test”. Os grãos foram distribuídos em gerbox (caixas plásticas com dimensões de 11,5 cm X 11,5 cm X 3,5 cm), previamente

desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1,05%, sobre três folhas de papel de filtro esterelizado e umedecido com água destilada. Foram utilizados 500 grãos para ambos os tratamentos (1 e 2), distribuídos em número de 50 grãos por gerbox. Após a montagem o material foi incubado em ambiente com temperatura a mais ou menos 22°C e umidade relativa de 65%, por um período de sete dias.

A avaliação foi feita individualmente em cada semente e o resultado, expresso em porcentagem, foi anotado, caracterizando a presença de patógenos, contaminantes, saprófitas.

3.2.3.5 Teste de uniformidade - Classificação por peneiras

Este teste é realizado para espécies cujas sementes são classificadas mecanicamente por meio de peneiras no final do período de beneficiamento, tais como, milho, amendoim e soja.

Tem como finalidade verificar se a classificação indicada pelo remetente para um lote de sementes corresponde à determinada pelo laboratório.

No presente trabalho, este teste foi realizado como um teste de referência para a melhor avaliação dos percentuais de danificação mecânica observados no teste de tetrazólio, o qual também foi usado como um teste de referência.

As peneiras utilizadas foram do tipo oblongas (forma), onde os grãos da cultivar IAC-19 foram classificados quanto ao tamanho: P 16/64''x 3/4, P 15/64'', P 14/64'', P 13/64'', P 12/64'', P 11/64'', P 10/64'' e P 0/64''

Amostras de mais ou menos 2,0 kg de grãos foram retiradas de cada tratamento e submetidas a peneiras manuais, agitadas durante um minuto. As sementes retidas pela peneira indicada (nº) e que tenham, obrigatoriamente, passado pela peneira de malha imediatamente superior, foram separadas, pesadas e calculado o seu percentual. Este percentual de sementes retidas é expresso em números inteiros.

3.2.3.6 Determinação do teor de óleo – Conteúdo de lipídios

O procedimento consiste na pesagem de 5g da amostra de grãos de soja moídos e dessecados. Transfere-se a substância seca para o cartucho de um aparelho extrator de Soxhlet, com o auxílio de um pedaço de algodão desengordurado. Cobre-se a amostra do cartucho com este pedaço de algodão. Extrai-se em aparelho de Soxhlet (cujo balão tenha sido previamente aquecido por 1 hora em estufa a 105°C, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado) com éter etílico – éter de petróleo, por 6 horas. Evapora-se os solventes e coloca-se o balão com o resíduo em estufa a 105°C. Resfria-se em dessecador até a temperatura ambiente. Pese. Repita as operações de aquecimento (80 minutos na estufa) e resfriamento, até peso constante. O cálculo segue:

$$\text{Lipídios por cento p/p} = \frac{N \times 100}{P}$$

Onde:

N = número de g de lipídios

P = número de g da amostra

3.2.3.7 Determinação da presença de rancidez

O procedimento para a determinação do teor de rancidez consiste na transferência de 5 mL de substância fundida para um cilindro de 50 mL, com rolha esmerilhada. Adiciona-se 5 mL de ácido clorídrico e agite por 30 segundos. Adiciona-se 5 mL de uma solução de floroglucina a 0,1% em éter. Agita-se novamente por 30 segundos e deixe em repouso por 10 minutos. Na presença de substância rançosa, a camada inferior apresentará uma coloração rósea ou vermelha.

É importante observar que se a intensidade da coloração for fraca, deve-se comparar a camada inferior com uma quantidade análoga de solução de permanganato de potássio a 0,0012% (3,8mL de uma solução 0,01N elevada a 100mL); se a intensidade for a mesma ou inferior, o resultado pode deixar de ser levado em consideração, se os caracteres organolépticos do produto forem bons.

3.2.4 Análise estatística

Foi utilizada a análise de variância de um delineamento inteiramente ao acaso com os tratamentos no esquema fatorial, formados pelos níveis dos fatores “momentos de avaliação” (tempo em dias) e fontes de deterioração (danificação mecânica, danificação térmica e condições para o desenvolvimento de microorganismos). Foram utilizadas cinco repetições, e aplicado o teste de Tukey no nível de 5% de significância, para comparação entre médias, das fontes de variação em cada momento. Os efeitos dos momentos de avaliação foram observados através da regressão linear simples.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Acidez graxa e classificação comercial de grãos de soja

Os resultados obtidos neste ensaio não foram conclusivos, devendo-se, possivelmente, a falta de representatividade das amostras coletadas e encaminhadas para análise de acidez graxa, a despeito da homogeneização dos grãos de cada lote antes da amostragem e, também, de problemas inerentes à metodologia.

A Tabela 4 apresenta os resultados provenientes das análises de grãos ardidos (classificação comercial) e acidez graxa realizadas em seis lotes comerciais de grãos de soja.

Verifica-se, pela análise da Tabela, a tendência da porcentagem de grãos ardidos não acompanhar o nível de ácidos graxos livres. O resultado esperado seria que, quanto maior o percentual de grãos ardidos, maior deveria ser o nível de ácidos graxos livres, pois os grãos ardidos já apresentam um certo grau de fermentação. Embora a tendência esperada fosse esta, nem sempre o maior percentual de grãos ardidos (2,23%) correspondeu ao maior nível de ácidos graxos livres (12,29 mL de KOH/100gMS).

TABELA 4: Porcentagem de grãos ardidos e nível de ácidos graxos livres encontrados em 6 lotes comerciais de grãos de soja:

<i>Lote</i>	<i>Grãos Ardidos (%)</i>	<i>Nível de ácidos graxos livres (mL KOH/100g MS)</i>
433	2,23	12,29
542	1,57	13,33
602	1,28	16,87
573	0,95	12,09
557/58	0,91	14,73
780	0,75	13,59

4.2 Resultados da avaliação da sensibilidade do índice de acidez graxa em grãos de soja danificados artificialmente

Os resultados da análise estatística que compara os valores médios de acidez graxa entre os tratamentos durante o armazenamento são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5: Valores médios da acidez graxa (mL de KOH/100g MS) segundo tratamentos e “momentos de avaliação” em dias de armazenamento:

Tratamentos	Momentos (dias)						
	0	30	60	90	120	210	240
Testemunha	5,94 a	5,54 a	6,03 a	6,09 a	5,73 b	6,11 b	6,91 c
Dano Mecânico	5,1 a	4,72 a	6,04 a	4,15 b	7,42 a	6,39 b	9,86 b
Dano Térmico	5,14 a	15,03 a	5,94 a	5,77 a	8,83 a	7,98 a	12,18 a
Microorganismos	5,83 a	5,54 a	6,88 a	6,55 a	6,73 b	7,05 ab	8,06 c

Para cada momento, médias de tratamentos seguidas de pelo menos uma letra igual, não diferem significativamente ($P > 0,05$).

Analisando-se a Tabela 5, verifica-se que o teste de médias, não indicou diferença significativa entre os tratamentos no decorrer de 60 dias de armazenamento, sugerindo que, num período de dois meses de armazenamento, os grãos de soja podem ser armazenados sem perder sua qualidade. Entretanto, a partir dos 90 dias de armazenamento, os tratamentos começaram a diferir significativamente, sem mostrar, porém, um comportamento padrão. Apesar das alternâncias verificadas entre os melhores e piores tratamentos nas últimas quatro épocas de amostragens (90, 120, 210 e 240 dias), pode-se perceber a tendência dos tratamentos “dano mecânico” e “dano térmico” mostrarem-se mais prejudiciais à

qualidade do produto. O “dano por microorganismos”, por sua vez, apresentou semelhança de igualar-se à testemunha.

4.2.1 Acidez graxa e danificação térmica durante o processo de secagem

A danificação térmica apresentou significativo efeito sobre os demais tratamentos aos 120 dias de armazenamento (Tabela 5), danificação esta introduzida quando os grãos foram submetidos à secagem em alta temperatura, num secador de leito fixo, em escala de laboratório.

Analisando os resultados obtidos na avaliação da sensibilidade da análise da acidez graxa em grãos de soja danificados artificialmente, antes e durante um período de armazenamento, associado com os resultados obtidos no teste de tetrazólio (nível 6-8) observou-se que não são apenas as condições de campo que interferem na deterioração por umidade, mas também, o processo de secagem (Tabela 6). Tais resultados foram também observados por Moore (1973), Pereira & Andrews (1976) e por França Neto (1984), citados por França Neto et al. (1998).

TABELA 6: Resultados obtidos nas análises de qualidade, no início e final do período de armazenamento, para os tratamentos testemunha e dano térmico.

Parâmetro	<i>Cultivar IAC 19</i>			
	Testemunha		Dano Térmico	
	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias
Viabilidade	85	67	11	1
Vigor¹	58	49	3	0
Danos Mecânicos²	3	1	4	0
Deterioração por Umidade³	2	8	69	96
Teor de umidade (%)	14,2	9,7	9,7	9,4
Teste de uniformidade (%)	-	4,61	-	5,73
Acidez Graxa (ml de KOH/100gMS)	5,94	6,91	5,14	12,18

¹ Nível de vigor: muito alto: = 85%; alto: 75% a 84%; médio: 60% a 74%; baixo: 50% a 59%; muito baixo: = 49%.

² Sem restrição: inferior a 6%; Problema sério: entre 7% a 10%; Problema muito sério: superior a 10%

³ Porcentagem de grãos quebrados obtidos na peneira N° 0.

Os danos de secagem excessiva são consequência da secagem das sementes ou grãos a graus de umidade muito baixos, sob condições inadequadas de temperatura e umidade relativa. Os danos identificados foram os altos índices de grãos com trincas na posição transversal dos cotilédones (Foto 1) analisados no período inicial de armazenamento (0 dias), imediatamente após a operação de secagem.

Os demais danos ocasionados através da deterioração por umidade, (Apêndice 1 – Fotos 2, 3, 4 e 7), resultaram da exposição dos grãos a ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase final de maturação, antes da colheita, cuja temperatura média do período de produção (dez/01 a abr/02) foi de aproximadamente 21°C (Tabela 7) e, a umidade relativa média de aproximadamente 80%, sendo caracterizado também, por um período de deficiência hídrica durante a fase de enchimento dos grãos.

TABELA 7: Valores médios mensais de temperaturas e umidades relativas durante o período produtivo. Botucatu, SP.

Parâmetros	Período de armazenamento (dias)					Médias do período
	dez/01	jan/02	fev/02	mar/02	abr/02	
Temp. (°C)	19,33	21,36	19,19	21,7	22,12	20,74
UR (%)	81,45	84,68	82,29	77,52	74,67	80,12

Já no período final de armazenamento (240 dias), os grãos totalizaram 96% de deterioração por umidade, tanto causada por secagem excessiva como por variações nas condições ambientais, comprometendo a qualidade dos grãos armazenados. Tal descrição dos danos, também foi observada por França Neto et al. (1998).

A classificação “deterioração por umidade” prevista pelo Teste de Tetrazólio, caracterizando os efeitos danosos de sucessivos processos de umedecimento e reumedecimento ocorridos no campo, também pode ser estendida para diagnosticar danos ocorridos durante a fase de secagem artificial de grãos e sementes de soja.

Durante o processo de secagem deve-se tomar cuidado com a temperatura do ar secante, uma vez que, temperaturas elevadas do ar causam a dessecação (perda de água) externa das sementes ou grãos, promovendo perdas de germinação, viabilidade e vigor (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; POPINIGIS, 1985 e FRANÇA NETO et al., 1998).

As temperaturas recomendadas para a secagem da maioria das sementes, são temperaturas inferiores a 43°C e a umidade relativa do ar de secagem superior a

40% segundo estudos realizados por Carvalho & Nakagawa (2000), Popinigis (1985) e Claser (1995). No presente trabalho, a temperatura do ar de secagem atingiu 130°C, a da massa do grão atingiu 60°C e a umidade relativa fixou-se, em média, abaixo de 10 %. Assim, a rapidez do processo de secagem foi, possivelmente, a causa da formação de trincamento do tegumento e dos cotilédones, com conseqüente, perda do poder germinativo e vigor, resultado confirmado pelo teste de tetrazólio (teste de referência) e pelos pesquisadores citados anteriormente.

Conclui-se, portanto, que a secagem rápida e excessiva reduziram drasticamente o vigor e a viabilidade dos grãos que seriam armazenados, e, com o decorrer do período de armazenamento, constatou-se a perda total do vigor e da viabilidade destes grãos. Tal resultado foi comprovado também, pela análise da acidez graxa em grãos de soja, pois este foi o tratamento que apresentou maior nível de deterioração no decorrer do armazenamento (12,18 mL de KOH/100gMS) quando comparado com os demais tratamentos.

Vale ressaltar, entretanto, que a resposta da acidez graxa não foi tão sensível ao dano térmico no início do armazenamento (efeito imediato) quanto àquelas apresentadas pelo teste de tetrazólio (vigor e viabilidade). Enquanto o nível de ácidos graxos livres indicou uma “melhora” de 13,5%, a viabilidade e vigor indicaram uma queda de 87% e 94% na qualidade dos grãos de soja, respectivamente.

Por outro lado, ao se avaliar o comportamento do teste de acidez graxa após o período de armazenamento (efeito latente), observa-se que a sensibilidade desta análise aproximou-se a sensibilidade do teste de tetrazólio. Enquanto o nível de ácidos graxos livres cresceu 137%, a redução na viabilidade e vigor, foram de 91% e 100%, respectivamente.

O teste de uniformidade (classificação por peneiras) apresentado na Tabela 6 foi utilizado, para avaliação da danificação térmica, sendo realizado no período final de armazenamento (240 dias). Observou-se que o dano térmico apresentou o segundo maior percentual de grãos danificados (5,73%), na forma de trincas, este percentual deveu-se a alta temperatura do ar de secagem a que foram submetidos os grãos de soja antes do armazenamento, pois a perda drástica de umidade, tanto da superfície como da região interna do grão, provocou tensões internas e a formação de trincas.

4.2.2 Acidez graxa e danos por injúrias na colheita mecânica

A avaliação da sensibilidade da análise de acidez graxa para o dano mecânico diferiu estatisticamente à da testemunha durante o armazenamento, com exceção do período 210 dias. A comparação entre os tratamentos dano mecânico e testemunha foi avaliada pelo teste de tetrazólio (teste de referência) em grãos de soja (cultivar IAC 19), como demonstra a Tabela 8. Verifica-se pela análise dos dados, que a acidez graxa em grãos de soja apresentou a mesma tendência do teste de tetrazólio para a danificação mecânica, uma vez que o elevado índice de ácidos graxos livres, no período final de armazenamento (9,86 mL de KOH/100g MS), equiparou-se com o alto percentual de danos mecânicos (13 %), ambos indicando a deterioração dos grãos armazenados.

TABELA 8: Resultados obtidos nas análises de qualidade, no início e final do período de armazenamento, para os tratamentos testemunha e dano mecânico.

Parâmetro	<i>Cultivar IAC 19</i>			
	Testemunha		Dano Mecânico	
	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias
Viabilidade (%)	85	67	67	56
Vigor ¹ (%)	58	49	42	38
Danos Mecânicos ² (%)	3	1	15	13
Deterioração por Umidade ² (%)	2	8	0	12
Teor de umidade (%)	14,2	9,7	14,2	9,8
Teste de uniformidade ³ (%)	--	4,61	--	11,9
Acidez Graxa (ml de KOH/100gMS)	5,94	6,91	5,1	9,86

¹ Nível de vigor: muito alto: = 85%; alto: 75% a 84%; médio: 60% a 74%; baixo: 50% a 59%; muito baixo: = 49%.

² Sem restrição: inferior a 6%; Problema sério: entre 7% a 10%; Problema muito sério: superior a 10%

³ Porcentagem de grãos quebrados obtidos na peneira N° 0.

O alto percentual de danos mecânicos, aproximadamente 13 % (Apêndice 1 – Fotos 5, 6 e 7), detectados pelo teste de tetrazólio (níveis 6-8), desde a colheita e durante o período de armazenamento (240 dias), foram os responsáveis pela redução da qualidade dos grãos, uma vez que, aproximadamente 14% dos grãos perderam sua capacidade germinativa.

A ocorrência de tais danos deveu-se ao elevado teor de água dos grãos, aproximadamente 18% (% b.u.), no momento da colheita, ocasionando injúrias mecânicas, sendo as injúrias por “amassamento” as mais frequentes. Tais injúrias foram também, comentadas por Carvalho & Nakagawa (2000) nas pesquisas por eles relatadas.

Um outro fator que, provavelmente, tenha causado injúrias mecânicas nos grãos foi à inadequação dos sistemas de trilha, retrilha, separação e limpeza durante a operação de colheita, o qual pode ter causado sérios problemas de quebras, ruptura do tegumento e dano mecânico nos grãos de soja (COSTA et al., 2001).

No presente trabalho, a velocidade de trilha da colhedora era de, aproximadamente, 600 rpm, podendo ter interferido na redução do vigor e da viabilidade dos grãos, uma vez que, a alta velocidade do cilindro de trilha associado com o elevado teor de água dos grãos, resultou em alto percentual de danos mecânicos.

Estudos realizados por Costa et al. (1994 e 1996) e Mesquita et al. (1999), citados por Costa et al. (2001), indicaram que se forem realizados ajustes do sistema de trilha das máquinas a cada operação de colheita, e também, ajustes do monitoramento diário da umidade das sementes ou grãos, principalmente nos períodos mais quentes do dia, ou adiar a colheita até que a temperatura seja mais amena, o índice de injúrias seria menor e, conseqüentemente, a qualidade dos grãos seria preservada.

O teste de uniformidade (classificação por peneira) apresentado na Tabela 8 foi utilizado, para avaliação da danificação mecânica obtida nos diferentes tratamentos, sendo realizado apenas, no final do período de armazenamento (240 dias). Observou-se que o dano mecânico apresentou maior porcentual de grãos danificados (11,90%), principalmente, quebrados e rachados (peneira 0), quando comparado com os demais tratamentos.

Este teste também classificou os grãos por tamanho, os grãos não mostraram diferenças quanto ao tamanho, comprovado em peneiras P12, P13 e P14 (Apêndice 2 - Tabela 1).

Os resultados permitiram concluir que o tipo de colheita, manual ou mecânica, afetou significativamente o vigor dos grãos de soja, corroborando os resultados de Rocha Júnior & Benedetti (1999). Entretanto, a resposta da acidez graxa não foi tão sensível ao dano mecânico no início do armazenamento (efeito imediato) quanto àquelas apresentadas

pelo teste de tetrazólio (vigor e viabilidade). Enquanto o nível de ácidos graxos livres apresentou uma “melhora” de 14% na qualidade, a viabilidade e vigor indicaram uma queda de 21,2% e 15,5%, respectivamente.

Após o período de armazenamento (efeito latente), verificou-se a maior sensibilidade do teste de acidez graxa na avaliação da deterioração sofrida pelos grãos de soja quando comparado a análise do teste de tetrazólio. Enquanto o nível de ácidos graxos livres cresceu 93,3%, a redução na viabilidade e vigor foi de 16,4% e 9,52%, respectivamente.

4.2.3 Acidez graxa e danos por microorganismos

Os resultados do ensaio que busca avaliar a sensibilidade do teste de ácidos graxos livres para a danificação por microorganismos, quando, comparado ao tratamento testemunha, são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9: Resultados obtidos nas análises de qualidade, no início e final do período de armazenamento, para os tratamentos testemunha e dano por microorganismos.

Parâmetro	<i>Cultivar IAC 19</i>			
	Testemunha		Microorganismos	
	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias
Teste de sanidade (<i>Aspergillus flavus</i>) (%)	2,5	1,5	1	1
Teor de umidade (%)	14,2	9,7	17,9	10,7
Teste de uniformidade (%) ¹	--	4,61	--	4,02
Acidez Graxa (ml de KOH/100gMS)	5,94	6,91	5,83	8,06

¹ Porcentagem de grãos quebrados obtidos na peneira N° 0.

Os resultados obtidos nas análises de acidez graxa para a danificação por microorganismo não diferiram estatisticamente aos da testemunha, durante o armazenamento. A equiparação entre estes dados pode ser atribuída a problemas que surgiram durante o desenvolvimento destes dois testes.

Inicialmente, os grãos foram secos parcialmente à sombra, até cerca de 17% de umidade, sendo este o teor de água adequado para o desenvolvimento de microorganismos em grãos de soja e, em seguida, armazenados. Mas, no decorrer do armazenamento, não foi possível à manutenção do teor de água inicial dos grãos, isto implicando na ausência do desenvolvimento de microorganismos, mais especificamente, fungos de armazenamento.

Pela análise dos resultados, verificou-se que, esta danificação não havia tido tempo de sensibilizar o nível de ácidos graxos livres. É coerente, portanto, o resultado fornecido pela análise estatística, igualando a sensibilidade deste à da testemunha. Esta igualdade também foi confirmada através do teste de papel de filtro (teste de referência para os tratamentos, testemunha e dano por microorganismos), pois os percentuais dos grãos infeccionados pelos fungos patogênicos de solo descritos na Tabela 10, no início do armazenamento, não continuaram viáveis, com exceção do *Aspergillus flavus* que diminuiu no final do período de armazenamento (240 dias), mesmo assim, não estava em percentual capaz de comprometer a qualidade fisiológica da semente.

Paralelamente ao teste de acidez graxa, foi realizada a determinação do teor de água (% b.u.) dos grãos. De maneira geral, o teor de água dos grãos do tratamento danificação por microorganismos decresceu durante os quatro primeiros meses de armazenamento (120 dias), estabilizando-se em torno de 11% no período final, que corresponde ao oitavo mês de armazenamento. Comportamento semelhante foi verificado para o tratamento testemunha.

Caso o teor de água dos grãos tivesse se mantido alto, com o decorrer do período de armazenamento (240 dias), provavelmente teria-se o crescimento de bactérias e mofos (fungos), pois as condições seriam ideais para o desenvolvimento destes, uma vez que, a atividade respiratória dos grãos seria intensificada. Uma alternativa que permitiria este crescimento seria o reumedecimento dos grãos durante o período de armazenamento.

TABELA 10: Efeito dos tratamentos nos períodos inicial e final de armazenamento, determinados pelo teste de patologia em grãos de soja (cultivar IAC 19)

Tratamentos	PATOLOGIA											
	Aspergillus flavus		Cercospora kikuchii		Dano Mecânico		Fusarium sp		Phomopsis sp		Bacteria	
	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias
Testemunha	2,5	1,5	0	0	5,5	5,5	0	0	0	0	0	1,5
Microorganismos	1	1	0	0	4,5	4,5	0	0	0	0	0	4

O teste de uniformidade (classificação por peneira) apresentado na Tabela 9 foi utilizado, para avaliação da danificação mecânica obtida nos diferentes tratamentos, sendo realizado apenas, no final do período de armazenamento (240 dias). A testemunha e a infecção apresentaram valores muito próximos de danificação mecânica (4,61% e 4,02%), provavelmente estes danos foram resultantes de batidas nas plantas inteiras para a abertura das vagens e retirada dos grãos, uma vez que a colheita foi realizada manualmente.

4.2.4 Acidez graxa e qualidade industrial

A análise estatística utilizando a técnica de análise de variância frente a diferentes fontes de deterioração mostrou que o teor de óleo utilizado como um teste de referência, não apresentou significância ao longo do período de armazenamento (Tabela 11), confirmando a acidez graxa (Tabela 5).

Ao longo dos meses de armazenamento, houve grande flutuação dos dados, provavelmente, decorrente de problemas de amostragem.

Aos 120 dias, observou-se o maior índice de teor de óleo (17,36%) e aos 210 dias o menor índice (14,31%) na testemunha. Estes resultados não são coerentes com os demais dados obtidos em cada período de armazenamento, provavelmente seja um problema inerente à metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Através dos resultados observou-se, também, que os grãos da cultivar IAC-19 apresentaram percentuais de óleos abaixo do padrão aceitável (variação de 14,31% a 17,36%) pelas indústrias processadoras de grãos de soja, o que implica, que a cultivar IAC-19 não é de interesse industrial.

Segundo Moretto & Fett (1998), a obtenção de óleos de boa qualidade depende da qualidade do grão, da cultivar, das condições climáticas durante o desenvolvimento do grão e sua colheita, do armazenamento, do acondicionamento e dos processos de moagem e extração.

Imediatamente após a determinação do teor de óleo (método quantitativo), procedeu-se à determinação do teor de rancidez (método qualitativo), mas os resultados obtidos nos diferentes tratamentos no período de armazenamento, não diagnosticaram a presença de ranço no óleo extraído dos grãos de soja, caracterizando assim, o óleo como um produto de boa qualidade industrial para as indústrias de óleos vegetais.

TABELA 11: Valores médios dos teores de óleos (%) segundo tratamentos e “momentos de avaliação” em dias de armazenamento:

Tratamentos	Momentos (dias)						
	0	30	60	90	120	210	240
Testemunha	16,18 a	16,86 ac	16,37 ab	16,15 a	17,36 a	14,31 a	15,63 a
Dano Mecânico	15,51 a	16,1 b	16,37 ab	15,79 ac	16,76 b	15,31 b	15,84 a
Dano Térmico	15,74 a	17,19 ac	16,22 a	16,63 b	16,79 b	16,64 c	15,79 a
Microorganismos	17,1 b	16,52 bc	16,73 b	16,29 bc	15,91 c	15,77 b	16,17 b

Para cada momento, médias de tratamentos seguidas de pelo menos uma letra igual, não diferem significativamente ($P > 0,05$).

4.2.5 Acidez graxa e tempo de armazenamento

Os resultados da análise de variância, obtidos no teste de sensibilidade do método de acidez graxa, mostraram também, a tendência de aumento da deterioração com o período de armazenamento, como indicado nas Figuras 2, 3, 4 e 5. Mas, o efeito dos “momentos de avaliação” (tempo em dias) foi observado através da regressão linear simples, que devido à variabilidade dos dados, não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as fontes de deterioração.

FIGURA 2: Variação da acidez graxa dos grãos provenientes do tratamento “testemunha” em função do tempo de armazenamento

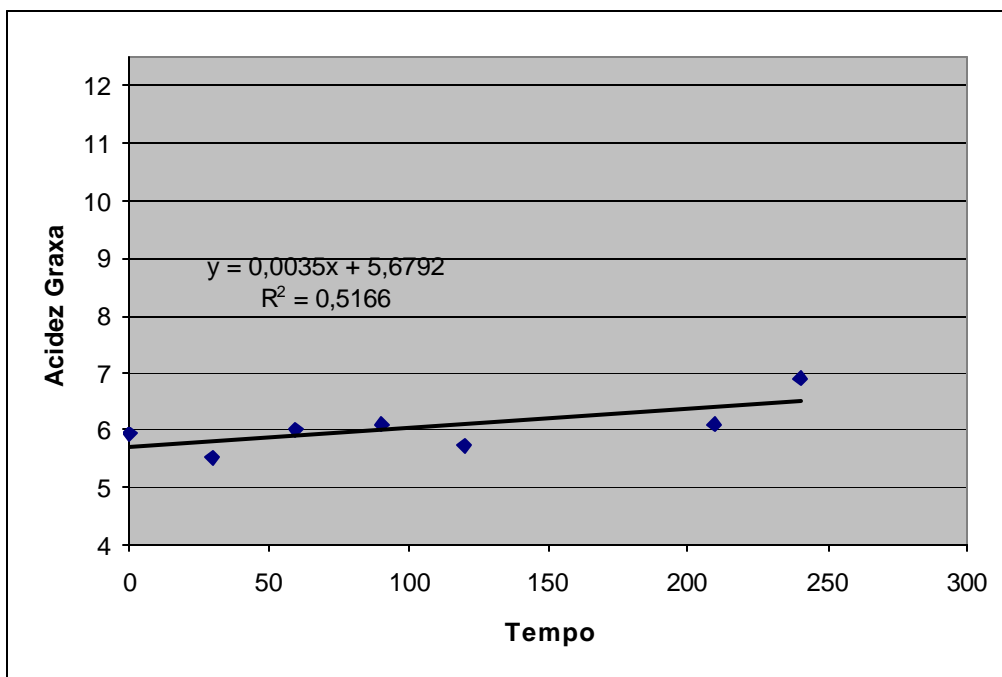


FIGURA 3: Variação da acidez graxa dos grãos danificados mecanicamente em função do tempo de armazenamento

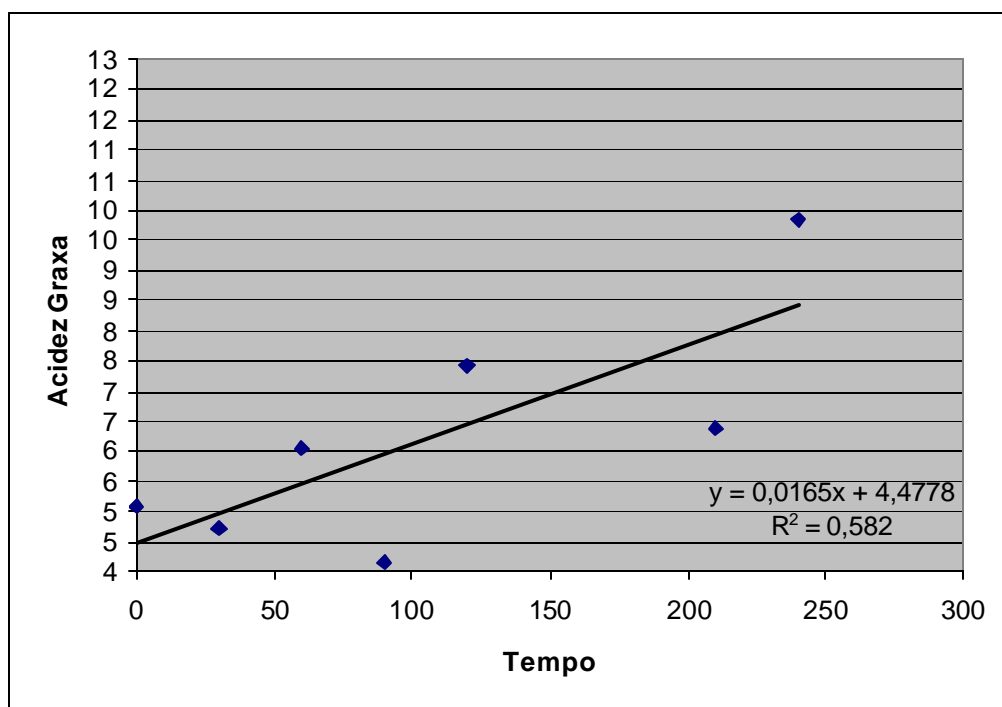


FIGURA 4: Variação da acidez graxa dos grãos danificados termicamente em função do tempo de armazenamento

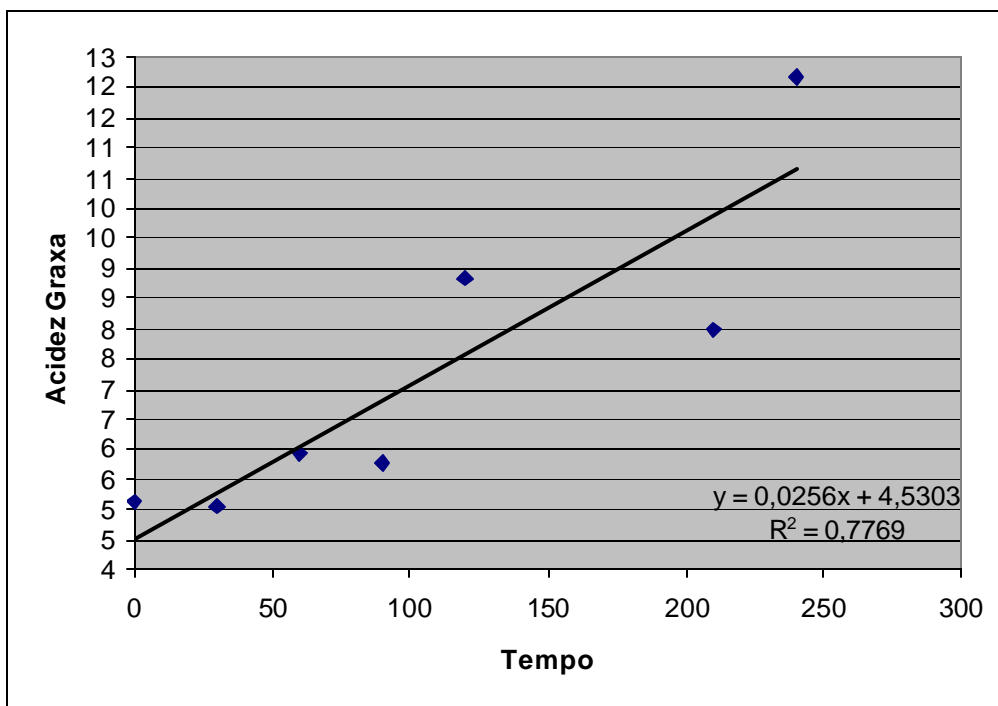
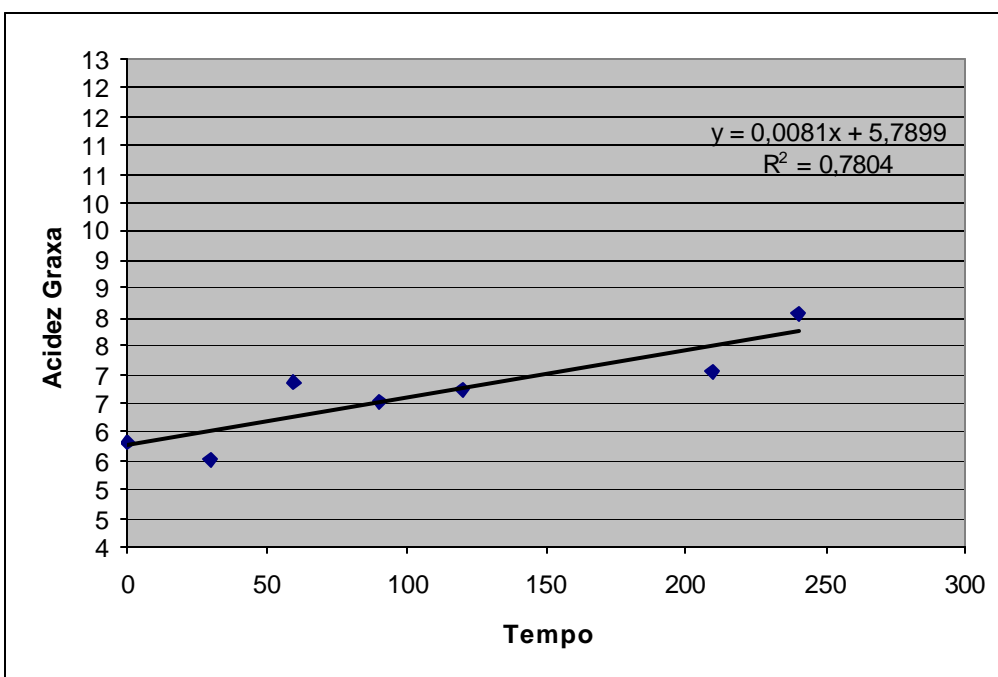


FIGURA 5: Variação da acidez graxa dos grãos provenientes do tratamento “danificação por microorganismos” em função do tempo de armazenamento



5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nos testes experimentais, pôde-se obter as seguintes conclusões:

- não foi possível estabelecer a correspondência entre o nível de ácidos graxos livres e a classificação comercial de grãos de soja, avaliadas pela porcentagem de grãos ardidos;
- o teste de acidez graxa mostrou-se sensível aos efeitos dos tratamentos dano térmico e dano mecânico, em relação à testemunha. O desempenho deste teste em relação ao dano por microrganismos não foi conclusivo devido ao baixo nível de infecção obtido;
- comparado ao teste de tetrazólio, o índice de acidez graxa revelou-se um teste mais sensível para detectar o efeito latente oriundo de danos térmico e mecânico. Para detecção do efeito imediato, o teste não foi sensível;
- a análise de qualidade baseada no nível de ácidos graxos livres indicou uma tendência de deterioração das amostras em relação ao tempo de armazenamento, verificada através das curvas de regressão;

- a classificação “dano por umidade” prevista no Teste de Tetrazólio, caracterizando os efeitos danosos de sucessivos processos de umedecimento e reumedecimento ocorridos no campo, também pode ser estendida para diagnosticar danos ocorridos durante a fase de secagem artificial de grãos e sementes de soja;
- o teste de acidez graxa mostrou-se mais sensível em relação aos testes de qualidade industrial aplicados à soja, confirmando a significativa deterioração ocorrida durante o armazenamento, não detectada, porém, pelas análises de teor de óleo e rancidez;

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. M. R. et al. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2003. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: ESALQ, 2002. 197 p.

AMARAL, A. S.; BAUDET, L. M. Efeito do teor de umidade da semente, tipo de embalagem e período de armazenamento, na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 27-35, 1983.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC Methods 02-03: fat acidity – rapid method, for corn. In:____. **Approved methods of the American Association of the Cereal Chemists**. St. Paul, 1975. v. 1, paginação irregular.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC Methods 02-02A: fat acidity – rapid method, for grain. In:____. **Approved methods of the American Association of the Cereal Chemists**. St. Paul, 1995. v. 1, paginação irregular.

AMERICAM SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE Standards 1995: standards engineering practices data. 42. ed. St. Joseph: **ASAE**, 1995. 463 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. Balanço de oferta/demanda de soja e derivados. São Paulo, 29 jan. 2003. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>>. Acesso em: 21 mar. 2003.

BALDET, L.; VILELLA, F. A. Armazenamento. **Revista Seednews**, Pelotas, ano 4, n. 4, p. 28-33, 7. bim. 2000.

BIAGGIONI, M. A. M.; BOLLER, W.; FERREIRA, W. A. Efeito da colheita mecânica na qualidade de grãos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **Anais ... Bauru-SP: Editora**, 1996.

BIAGGIONI, M. A. M.; FERREIRA, W.A. Variação na germinação e nível de ácidos graxos livres durante o armazenamento de milho colhido mecanicamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais ... Poços de Caldas-MG: Editora**, 1998.

BRASIL – Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regra para Análise de Sementes**. Brasília. SNDA/DNDV/CLV, 1992. 365 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Secagem de sementes**. In: Sementes, ciência, tecnologia e produção. Campinas. Fundação Cargill. 2000. p. 243-378.

CERQUEIRA, W. P. et al. Retardamento da secagem de semente de soja (*Glycine max.* L. Merrill). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 56-63, 1979.

CERQUEIRA, W. P., COSTA, A. V. Influência da umidade inicial de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max.* L. Merrill). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 35-40, 1982.

CLASER, C. A. **Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem na germinação de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. 1995. 32 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: ASRA, S.A. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1995. p. 223-277.

COPELAND, L. O. **Principles of seed science and technology**. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1976. 369 p.

COSTA, N. P., et al. Zoneamento ecológico do Estado do Paraná para produção de sementes de cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 12-19, 1994.

COSTA, N. P., et al. Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade da semente da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 232-237, 1996.

COSTA, N. P., et al. Efeito da colheita mecânica da soja nas características física, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.

COUTO, S.M.; ALVARENGA, L.S. Resistência de grãos de soja a impactos mecânicos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 3-9, 1998.

DELOUCHE, J. C. Seed quality and storage of soybeans. In: WHIGHAM, D. K. **Soybean production, protection and utilization**. Illinois: University of Illinois, 1975. p. 86-107.

DEVILLA, I. A., et al. Qualidade de sementes de soja (*Glycine max*. L. Merrill) submetidas a secagem em um silo secador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Livro de Resumos**. Pelotas: Universidade Estadual de Pelotas, 1999. p. 06.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Cultivares de soja 2001/2002. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2002. (Documento 175).

FRANÇA NETO, J. B. Qualidade fisiológica da semente. In: FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. p. 5-24. (Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. B., et al. Efeito do enrugamento da semente de soja (*Glycine max* L. Merrill) cultivar Bragg causado por estresses térmico e hídrico sobre a qualidade da semente e do grão. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 31, 1995.

FRANÇA NETO, J. B., et al. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72 p. (Documentos, 116).

GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. A.; ANDRADE, P. J. M. Qualidade sanitária de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) produzidas no Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 43-46, 1995.

HARRINGTON, J. F. Drying, storing and packaging seeds maintain germination and vigor. In: MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1959, Starkville. **Proceedings**. Starkville, 1959. p. 89-107.

HARRINGTON, J. F. Thumb rules of drying seed. **Crop and Soils**, Mississippi, v. 13, p. 16-17, 1960.

HARRINGTON, J. F. Problems of seed storage. In: HEIDCKER, W. Comp. **Seed Ecology**. London, S. ed., cap. 14, p. 251-262, 1972.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWISK, T. T. Comp. **Seed Biology**. New York, Academic Press, v. 3, cap. 3, p. 145-245, 1972.

HERMAN, E.M. Cell and molecular biology of seed oil bodies. In: Kigel, J., Galili, G. (Ed.) Seed development and germination. New York, Marcel Dekker, 1995. p. 195-214.

HUNTER, I.R. et al. Development of free fatty acids during storage of brown (husked) rice. **Cereal Chemistry**, St Paul, v.28, p. 232-239, 1951.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Teor de óleo (matéria graxa ou lipídeos totais):** Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos. 2. ed. São Paulo, 1985. p. 37 (Normas analíticas, 1).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Presença de Rancidez (qualitativa):** Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos, 2. ed. São Paulo, 1985. p. 37 (Normas analíticas, 1).

INSTITUTO AGRONÔMICO. Novos cultivares de soja do IAC: abril de 1998, Centro de Plantas Graníferas, Campinas, SP. 1 folder. Apoio Governo do Estado de São Paulo e Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

KRZYZANOWSIKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A . Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 20-24, 1991.

LAZARINI, E. et al. Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja semeadas em diferentes densidades no período de primavera e de outono após a colheita e o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 68-75, 2001.

MESQUITA, C.M. et al. Colheita mecânica da soja: avaliação das perdas e da qualidade física do grão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 3, p. 44-53, 1999.

MOORE, R.P. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: HEYDECKER, W. ed. **Seed ecology**. London: Butterworth, 1973. p. 347-366.

MOORE, R. P. Effects of mechanical injuries on viability. In: ROBERTS , E. H. (Ed.) **Viability of seeds**. London, Chapman and Hall, 1974. p. 94-113.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. 140 p.

PAIVA, L. E., et al. Efeito de *Aspergillus flavus* sobre sementes de soja envelhecidas por diferentes períodos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 102, 1995.

PENFIELD, M.P.; CAMPBELL, A.M. **Experimental food science**. San Diego: Academic Press, 1990. 543 p.

PEREIRA, L. A. G.; ANDREWS, C. H. Comparação de alguns testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de soja. **Semente**, Brasília. v. 2, n. 2, p. 15-25, 1976.

POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, 1974. p. 56-114.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

RAMARATNAM, N.; KULKARNI, P. P. Effect of ageing on the fatty acid composition of some Indian varieties of brown rice. **Food Sci Technol.**, New York, v. 20, p. 284-287, 1983.

ROBERTS. E. H. Storage environment and the Control of viability. In: ROBERTS. E. H. **Comp. Viability of Seeds**. Syracuse, University Press, cap. 2, p. 14-58, 1972.

ROCHA JÚNIOR, L. S., BENEDETTI, B. C. Avaliação da qualidade da semente de soja (cultivar IAC-17). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.

RUBEL, A. et al. Protein, oil and fatty acids in developing soybean seeds. **Crop science**, v.12, n. 6, 739-741, 1972.

SWAMY, Y. M.; UNNIKISHNAN, K. R.; NARASIMHAN, K. S. Changes in free fatty acids and insect infestation during storage of brown rice obtained by shelling paddy in rubber roll and disk shellers. **Food Sci. Technol.**, New York, v. 30, n. 5, p. 324-330, 1993.

YAZDI-SAMADI, B.; RINNE, R. W., SEIF, R.D. Components of developing soybean seeds oil, protein, sugars, starch, organic acids and amino acids. **Agronomy Journal**, v. 69, n.3, p. 481-486. 1977

ZELNY, L., COLEMAN, D.A. Acidity in cereals and cereal products, its determination and significance. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 15, p. 585-595, 1938.

APÊNDICE 1

	Página
1 Fotos	68
1.1 Sintomas de deterioração por umidade	68
1.2 Sintomas de danificação mecânica	69
1.3 Sintoma de deterioração por umidade e danificação mecânica	70
1.4 Grãos Ardidos	70

1 Fotos (Fotos retiradas do manual “ Teste de Tetrazólio em Sementes de Soja” por J.B. França Neto.)

1.1 Sintomas de deterioração por umidade



Foto 1: Sementes de soja com dano característico de secagem excessiva: Lotes com tal problema apresentam altos índices de sementes com trincas na posição transversal dos cotilédones.

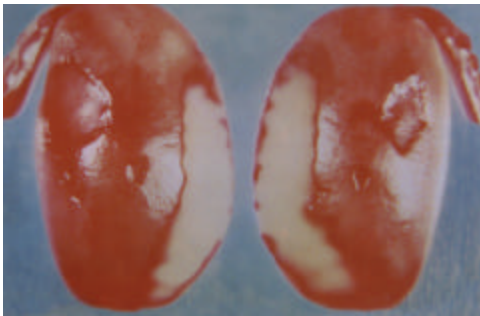


Foto 2: Sementes de soja com lesão típica de deterioração por umidade. Note a simetria das lesões nos cotilédones e os sintomas no eixo embrionário.

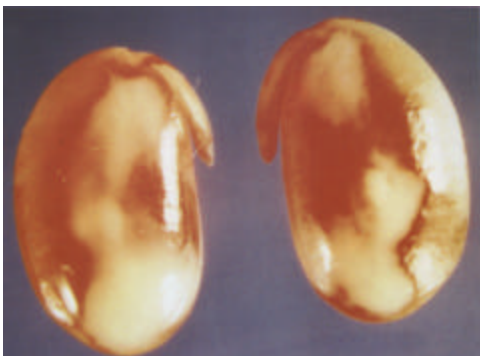


Foto 3: Lesões intensas de deterioração por umidade no campo em sementes de soja.

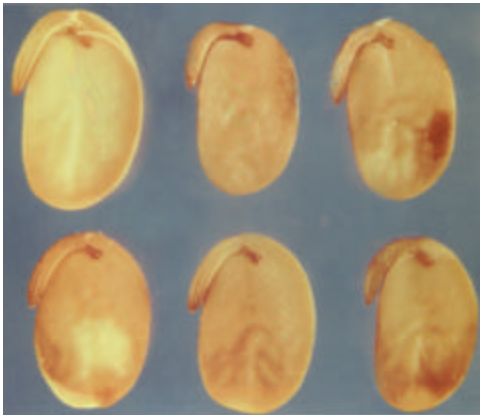


Foto 4: Sementes de soja com plúmulas coloridas em função de deterioração intensa no campo.

1.2 Sintomas de danificação mecânica.

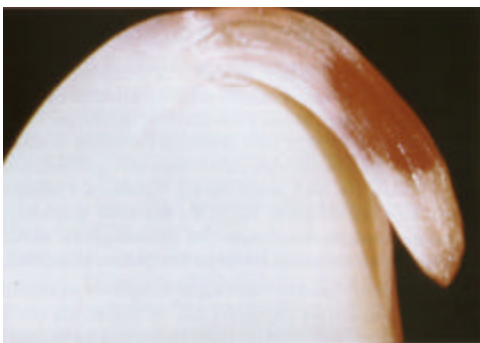


Foto 5: Dano mecânico crítico no eixo radícula-hipocótilo, atingindo o cilindro central.



Foto 6: Dano mecânico por abrasão sobre o eixo radícula-hipocótilo, atingindo o cilindro central.

1.3 Sintoma de deterioração por umidade e danificação mecânica

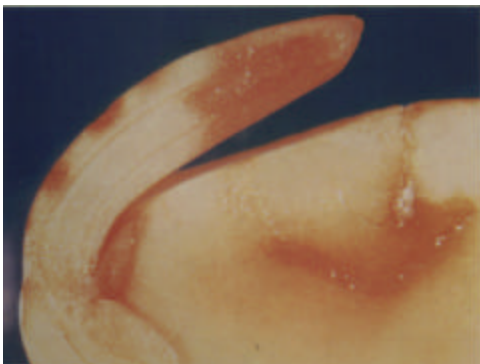


Foto 7: Semente de soja com lesões típicas de dano mecânico na radícula e cotilédone e de deterioração por umidade superficial no córtex do hipocótilo.

1.4 Grãos Ardidos



Foto 8: Grãos de soja ardidos

APÊNDICE 2

	Página
Tabela 1- Resultado do teste de uniformidade (Classificação por peneira) da cultivar IAC-19, segundo tratamentos no período final do armazenamento (240 dias)	73
Tabela 2- Efeito dos tratamentos e períodos de armazenamento, determinados pelo teste de tetrazólio (nível 6-8) em grãos de soja (cultivar IAC-19)	73
Tabela 3- Resultados do teste de tetrazólio efetuado em 05 amostras de lotes de grãos de soja da cultivar IAC-19	74

TABELA 1: Resultado do teste de uniformidade (Classificação por peneira) da cultivar IAC-19, segundo tratamentos no período final do armazenamento (240 dias).

Peneira (n°)	Testemunha (%)	Dano Mecânico (%)	Dano Térmico (%)	Fungos (%)
16	2,28	0,36	0,46	0,33
15	4,1	4,22	4,73	4,79
14	20,48	19,62	21,09	21,59
13	26,3	23,44	24,1	25,78
12	25	22	23,77	23,3
11	16,68	12,47	13,26	11,77
10	6,49	5,98	6,91	5,41
0	4,61	11,9	5,73	4,02

TABELA 2: Efeito dos tratamentos e períodos de armazenamento, determinados pelo teste de tetrazólio (nível 6-8) em grãos de soja (cultivar IAC-19).

Parâmetro	<i>Cultivar IAC 19</i>					
	Testemunha		Dano Mecânico		Dano Térmico	
	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias	0 dias	240 dias
Viabilidade	67	85	56	67	11	1
Vigor¹	49	58	38	42	3	0
Danos Mecânicos	3 ²	1	15 ⁴	13 ⁴	4 ²	0
Deterioração por Umidade	2 ²	8 ³	0	12 ⁴	69 ⁴	96 ⁴
Danos de Percevejo	30 ⁴	10 ³	29 ⁴	13 ⁴	14 ⁴	9 ³

¹ Nível de vigor: muito alto: = 85%; alto: 75% a 84%; médio: 60% a 74%; baixo: 50% a 59%; muito baixo: = 49%.

² Sem restrição: inferior a 6%

³ Problema sério: entre 7% a 10%

⁴ Problema muito sério: superior a 10%

TABELA 3: Resultados do teste de tetrazólio efetuado em 05 amostras de lotes de grãos de soja da cultivar IAC-19.

Tratamento	TETRAZÓLIO ¹							
	Dano Mecânico		Deterioração por umidade		Dano Perceijos		Vigor ²	Viabilidade
	1 - 8	6 - 8	1 - 8	6 - 8	1 - 8	6 - 8	1 - 3	1 - 5
Testemunha	7	5	66	0	61	33	50	66
Testemunha	6	3	62	3	59	25	50	64
Testemunha	2	1	66	2	62	31	52	68
Testemunha	3	2	53	3	66	38	44	63
Testemunha	7	3	57	2	51	21	51	72
Médias	5	3	61	2	60	30	49	67
Dano Mecânico	24	11	81	0	59	25	41	65
Dano Mecânico	32	14	76	1	62	29	42	56
Dano Mecânico	25	13	97	0	60	28	48	62
Dano Mecânico	43	19	82	0	57	29	34	51
Dano Mecânico	33	16	81	0	57	33	27	46
Médias	31	15	83	0	59	29	38	56
Dano Térmico	16	6	33	66	58	13	0	12
Dano Térmico	15	3	25	74	62	12	3	8
Dano Térmico	21	4	33	68	63	14	3	13
Dano Térmico	18	2	25	76	74	14	0	8
Dano Térmico	16	7	36	63	69	17	7	12
Médias	17	4	30	69	65	14	3	11

¹ Resultados em porcentual.

² Nível de vigor: muito alto: = 85%; alto: 75% a 84%; médio: 60% a 74%; baixo: 50% a 59%; muito baixo: = 49%.