



**LUCIANA APARECIDA DE SOUZA ABREU**

**SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO E  
APLICABILIDADE DO TESTE DE  
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES  
DE GIRASSOL**

**LAVRAS - MG  
2010**

**LUCIANA APARECIDA DE SOUZA ABREU**

**SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO E APLICABILIDADE DO TESTE  
DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE GIRASSOL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Sementes, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

**LAVRAS – MG**

**2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Abreu, Luciana Aparecida de Souza.

Sistemas de armazenamento e aplicabilidade do teste de  
condutividade elétrica em sementes de girassol / Luciana Aparecida  
de Souza Abreu. – Lavras: UFLA, 2010.

122 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.

Bibliografia.

1. *Helianthus annuus* L. 2. Qualidade. 3. Conservação. 4.  
Sementes oleaginosas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.521

**LUCIANA APARECIDA DE SOUZA ABREU**

**SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO E APLICABILIDADE DO TESTE  
DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE GIRASSOL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Sementes, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de maio de 2010.

Dr. Antônio Carlos Fraga	UFLA
Dr. Antônio Rodrigues Vieira	EPAMIG
Dr. Pedro Castro Neto	UFLA
Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2010**

*“Ele me sustenta a cada dia. Sem Ele eu não sou nada, mas com Ele eu posso todas as coisas  
por meio de Jesus Cristo, que me fortalece”.*

*(Filipenses 4:13)*

*A minha amada mãe Maria Antônia,  
por todo amor e incentivo durante toda a minha vida.*

*Foi você que me fez chegar até aqui!*

*Ao meu irmão Marcos,  
pela alegria que representa em minha vida.*

*A minha avó Lucy,  
que com sua simplicidade, amor e fé me ensinou que precisamos de muito  
pouco para que sejamos felizes. Eternas saudades.*

*Ao meu esposo, Alexandre Camilo de Abreu, meu grande amor,  
pelo incentivo, otimismo, paciência e companheirismo.*

*Amo vocês.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma vitória alcançada em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade oferecida.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

Ao meu exemplo, minha querida orientadora Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, pela amizade, paciência, dedicação e ensinamentos transmitidos durante todos esses anos. Minha eterna gratidão!

Aos professores, Édila Vilela de Resende Von Pinho, Renato Mendes Guimarães, João Almir Oliveira, Antônio Carlos Fraga, Pedro Castro Neto e aos pesquisadores Antônio Rodrigues Vieira e Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa pela amizade e dedicação, aprendi muito com vocês!

À Dra. Verônica Yumi Kataoka, pela inestimável colaboração na análise estatística dos resultados e pela amizade adquirida para toda a vida.

As minhas grandes amigas de pós-graduação Carla Massimo, Simone Asmar, Claudinéia Nunes, Andrea Oliveira, Cibele Zacaroni e em especial, a querida amiga e companheira sementeira Tanismare Silva.

As alunas de graduação Crislaine e Denize pela valiosa ajuda na realização dos experimentos e amizade.

À professora Maria das Graças Cardoso do Departamento de Química, pelo fundamental auxílio e contribuição na condução das pesquisas.

À empresa Helianthus do Brasil Ltda., na pessoa de Ana Virginia Dalossi Olivato pela gentil colaboração e doação das sementes utilizadas nos experimentos.

Muito Obrigada!

## RESUMO GERAL

Para investigar o efeito de diferentes tipos de embalagens e ambientes de armazenamento na qualidade de sementes de girassol e verificar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade dessas sementes armazenadas sob diferentes temperaturas foram utilizados dois híbridos de girassol, Helio 250 e Helio 251. No primeiro experimento, as sementes foram acondicionadas em três tipos de embalagens: papel Kraft multifoliado e embalagens plásticas com e sem acondicionamento a vácuo e armazenadas sob condição de câmara fria e armazém convencional, por 12 meses. A resposta ao armazenamento de sementes de girassol em câmara fria ou armazém convencional varia em função da embalagem utilizada. O armazenamento em câmara fria é mais eficiente na conservação da qualidade fisiológica das sementes de girassol, e nesse ambiente, o armazenamento em embalagem de papel é o mais adequado. A conservação de sementes de girassol em armazém convencional e embalagem a vácuo propiciam a manutenção da qualidade fisiológica. Alterações na qualidade fisiológica de sementes girassol são detectadas pela análise dos sistemas enzimáticos álcool desidrogenase e superóxido dismutase. Independente das condições de armazenamento a incidência dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. é favorecida. O teor de óleo nas sementes decresce, ao longo do tempo, independente da condição de armazenamento. No segundo experimento, as sementes foram embaladas em papel Kraft multifoliado e armazenadas nas temperaturas: 10°C (constante); 25°C (constante) e 25°C, por 6 meses e depois transferidas para 10°C até o final do período de 12 meses de armazenamento. Verificou-se que a qualidade fisiológica das sementes de ambos os híbridos de girassol se manteve até os 6 meses de armazenamento e após esse período a qualidade foi afetada negativamente. Pelo teste de condutividade elétrica não foi possível detectar a deterioração de sementes armazenadas nas diferentes temperaturas, para o híbrido Helio 250, mas foi possível detectar a evolução da deterioração ao longo do armazenamento para ambos os híbridos. O grau de deterioração e o genótipo interferem nos resultados da avaliação da condutividade elétrica em sementes de girassol.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Sementes. Armazenamento. Condutividade elétrica.

## ABSTRACT

To investigate the effect of different types of package and storage environments on sunflower seed quality and to verify the possibility of using the electrical conductivity test for evaluation of seed quality stored at different temperatures two sunflower hybrids were used, Helio 250 and Helio 251. In the first experiment, seeds were placed in three different types of packages: Kraft paper and plastic package with and without vacuum condition, stored in cold room or in conventional warehouse for 12 months. The storage response of sunflower seeds in cold room or in conventional warehouse ranged with package used. The cold room storage is more effective in preserving the physiological quality of sunflower seeds, and in this environment, the storage in paper packages is more adequate. The sunflower seeds conservation in conventional warehouse in packages with vacuum condition favored the preservation of physiological quality. Changes in physiological quality of sunflower seeds were detected at the enzymatic systems ADH and SOD. Regardless of storage conditions, the incidence of the fungi *Aspergillus* sp. and *Alternaria* sp. was favored. The oil content in seed decreases over time regardless of storage conditions. In the second experiment, the seeds were packaged in layered Kraft paper and stored at following temperatures: 10°C; 25°C and 25/10°C. The physiological quality of seeds for both sunflower hybrids remained until six months of storage and after this period, the quality was affected negatively. The electrical conductivity test wasn't efficient to detect differences in the deterioration of seeds stored at different temperatures, only for the hybrid Helio 250, but it was possible to detect the evolution of deterioration during storage for both hybrids. The deterioration level and the genotype influence the results of the evaluation of electrical conductivity test in sunflower seeds.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Seeds. Storage. Electrical conductivity.



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Introdução geral.....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Aspectos da cultura do girassol.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Armazenamento de sementes.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Deterioração de sementes durante o armazenamento.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Teste de condutividade elétrica.....</b>	<b>28</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Qualidade de sementes de girassol armazenadas em diferentes ambientes e embalagens.....</b>	<b>43</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
<b>2.1</b>	<b>Teor de água.....</b>	<b>50</b>
<b>2.2</b>	<b>Teor de óleo.....</b>	<b>50</b>
<b>2.3</b>	<b>Teste de germinação.....</b>	<b>51</b>
<b>2.4</b>	<b>Emergência de plântulas.....</b>	<b>51</b>
<b>2.5</b>	<b>Condutividade elétrica.....</b>	<b>52</b>
<b>2.6</b>	<b>Envelhecimento acelerado.....</b>	<b>52</b>
<b>2.7</b>	<b>Sanidade.....</b>	<b>52</b>
<b>2.8</b>	<b>Análises isoenzimáticas.....</b>	<b>53</b>
<b>2.9</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>53</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>Teor de água.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliação da germinação.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3</b>	<b>Emergência de plântulas.....</b>	<b>60</b>

3.4	Envelhecimento acelerado.....	62
3.5	Condutividade elétrica.....	65
3.6	Teor de óleo.....	67
3.7	Teste de sanidade.....	70
3.8	Análises isoenzimáticas.....	74
	CONCLUSÕES.....	79
	REFERÊNCIAS.....	80
	<b>CAPÍTULO 3 Teste de condutividade elétrica na avaliação de</b>	
	<b>sementes de girassol armazenadas sob</b>	
	<b>diferentes temperaturas.....</b>	<b>88</b>
1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>91</b>
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>94</b>
2.1	Teor de água.....	94
2.2	Teste de germinação.....	94
2.3	Emergência de plântulas.....	95
2.4	Envelhecimento acelerado.....	95
2.5	Condutividade elétrica.....	95
2.6	Delineamento experimental.....	96
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>97</b>
3.1	Avaliação da germinação.....	98
3.2	Emergência de plântulas.....	100
3.3	Envelhecimento acelerado.....	102
3.4	Condutividade elétrica.....	104
3.5	Estudo de correlação estatística.....	109
4	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>111</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>112</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>

## **CAPÍTULO 1**

### **Introdução geral**

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do girassol (*Helianthus annuus* L.) está em expansão no Brasil, devido à importância econômica do óleo extraído de suas sementes utilizado, principalmente na indústria e, recentemente como matéria-prima para a fabricação do biodiesel. A cultura se destaca por ser multiambiental, adaptando-se muito bem a vários tipos de solo e clima. É uma opção nos sistemas de rotação, consorciação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos, principalmente na época da safrinha. A crescente necessidade de produção de óleo de girassol exige melhor nível tecnológico, como por exemplo, o uso de sementes de alta qualidade que garanta o estabelecimento da cultura.

Dentro desse contexto, a avaliação da qualidade das sementes de girassol ao longo do armazenamento assume um importante papel no programa de produção de sementes, principalmente no Brasil, devido às suas condições climáticas adversas à conservação de sementes oleaginosas. Os híbridos de girassol disponíveis no mercado apresentam variações quanto à sua composição química, o que influi na sua longevidade. Com isso, a demanda por estudos pelos quais se objetiva identificar as melhores condições de armazenamento das sementes de girassol tem aumentado, tendo em vista a conservação da qualidade fisiológica em longo prazo.

São muitos os mecanismos pelos quais as sementes perdem sua viabilidade durante o armazenamento, embora altas temperaturas e umidade relativa do ar sejam os fatores principais pelo aumento na velocidade de deterioração. A escolha correta da embalagem a ser utilizada e as condições de temperatura no armazenamento também são fatores de suma importância, pois reduzem perdas qualitativas e quantitativas, além de permitir maior flexibilidade na comercialização de sementes.

A obtenção de resultados rápidos e confiáveis sobre o processo de deterioração e o desenvolvimento de metodologias que visem avaliar tal processo durante o período de armazenamento por meio de testes fisiológicos e bioquímicos são de fundamental importância para a conservação de sementes oleaginosas. O teste de condutividade elétrica vem sendo utilizado com eficiência na avaliação do potencial fisiológico de sementes de várias culturas, mas existem evidências de que os resultados do teste podem ser afetados dependendo da temperatura em que as sementes são armazenadas.

Assim, a pesquisa foi realizada com os objetivos de investigar o efeito de diferentes tipos de embalagens e ambientes de armazenamento na qualidade de sementes de girassol e verificar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos da cultura do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual pertence à família *Asteraceae*, cujo gênero deriva do grego *helios*, que significa sol e *anthus*, que significa flor, ou seja, a “flor do sol” que gira seguindo seu movimento. Tem o continente americano como seu centro de origem, sendo a única planta nativa das planícies norte-americanas que possui sementes oleaginosas. Atualmente, é cultivado em todos os demais continentes, em mais de 20 milhões de hectares.

O girassol é a quinta oleaginosa em produção de grãos e figura, juntamente com a soja e a canola, como uma das três mais importantes culturas anuais produtoras de óleo do mundo (FAGUNDES, 2009; LEITE; CASTRO; SMIRDELE, 2007), entre os países maiores produtores estão Rússia, Ucrânia, Argentina, Índia e China. No Brasil, a área de plantio tem aumentado significativamente nos últimos anos, visando atender o mercado de óleo comestível. Atualmente são 77,3 mil hectares de girassol no país, com uma produção média de 112,4 mil toneladas, sendo Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Goiás os estados maiores produtores (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2009).

Sua capacidade em fornecer altas proporções de óleo faz com que o óleo de girassol seja um dos mais consumidos no mundo, principalmente na Europa, pois é de fácil extração e possui propriedades organolépticas de ótima qualidade industrial e nutricional, pois para Castro, Castiglioni e Balla (1997) dentre os óleos vegetais, o óleo de girassol destaca-se por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais. Possui alta relação de ácidos graxos poli-insaturado/saturados (65,3%/1,6%), sendo que o teor de poli-insaturados é

constituído na sua quase totalidade pelo ácido linoléico, 65% em média, sendo assim, essencial à saúde humana, pois age na prevenção de doenças cardiovasculares e combate ao colesterol, além da presença de compostos fenólicos (antioxidantes) e vitamina E (MANDARINO, 1992). Os subprodutos da extração do óleo de girassol tais como o farelo, a torta, farinha ou o concentrado protéico, podem ser utilizados na produção de silagem e rações de animais domésticos, na indústria de biscoitos e de outros produtos de panificação e em alimentos dietéticos.

Devido a essas particularidades e ao aumento da demanda do setor industrial e comercial, o cultivo do girassol está se tornando uma alternativa econômica viável no sistema de rotação, consorciação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos do país (CARVALHO et al., 2003). O aproveitamento de áreas agrícolas para um segundo cultivo, no mesmo ano, na época de “safrinha” (plantio em fevereiro), visa aumentar a renda, por meio da venda de grãos destinados à produção de óleos de mesa de alta qualidade, à produção artesanal de óleo virgem, torta ou silagem (ANGELINI et al., 1998).

O girassol representa hoje, uma importante opção de cultivo entre as oleaginosas, por isso, têm-se ampliado pesquisas e iniciativas públicas e privadas direcionadas ao processamento industrial do óleo bruto de girassol visando também à produção de biocombustível, pelo elevado teor de óleo contido no grão. Aspectos como a facilidade de extração do óleo a frio, feita a partir da prensagem mecânica, filtragem e decantação e a produtividade média de 1600 kg de grãos por hectare, também são pontos favoráveis à utilização do girassol como matéria-prima para produção de biodiesel (LEITE; CASTRO; SMIRDELE, 2007). Além dos fatores econômicos e ambientais, a agricultura de energia pode também se tornar uma grande alternativa para a agricultura familiar. Baseadas em oleaginosas como o girassol para produção de biodiesel, podem-se derivar inúmeras outras oportunidades nas cadeias produtivas,

gerando emprego e renda para esse segmento de agricultores (PERES; FREITAS JÚNIOR; GAZZONI, 2005).

A planta de girassol possui características importantes como ciclo curto, polinização cruzada, maior resistência à seca, ao frio e ao calor que a maioria das espécies cultivadas no Brasil e possui ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas. O sistema radicular é do tipo pivotante com baixa capacidade de penetração, porém, se não encontrar obstáculos, pode perfurar o solo em profundidades superiores a um metro, o que melhora o aproveitamento da água e dos elementos nutritivos, proporcionando maior resistência à seca e melhor reciclagem dos nutrientes (ASSISTÊNCIA NESTLÊ AOS PRODUTORES DE LEITE - ANPL, 1994).

Suas flores estão reunidas numa inflorescência denominada capítulo, onde as flores localizadas nos bordos do capítulo são femininas e as do interior do disco são hermafroditas. A semente de girassol é, botanicamente, o fruto seco do tipo aquênio composto por pericarpo (casca) e semente propriamente dita (amêndoa) que pode ser de coloração branca, preta ou listrada. Os híbridos atualmente cultivados possuem até 25% de casca e 75% ou mais de tecido de reserva em seus aquênios. O rendimento de óleo da semente inteira varia de 30 a 52%, sendo que a qualidade do óleo é determinada pela quantidade e qualidade dos ácidos graxos insaturados que os compõem (ANPL, 1994).

Apesar da importância econômica da cultura do girassol ainda existem muitos desafios para adequação da produção, como por exemplo, a manutenção da qualidade das suas sementes ao longo do armazenamento e total aproveitamento de seus subprodutos. A qualidade das sementes de girassol, devido ao seu alto teor de óleo, pode ser alterada durante o armazenamento e conseqüentemente afetar a produtividade, entretanto, ainda são poucos os resultados de pesquisa, principalmente no tocante à área de tecnologia de conservação.



## 2.2 Armazenamento de sementes

O conhecimento prévio do potencial de armazenamento de um lote de semente é muito importante para a indústria sementeira. O armazenamento possui diversas finalidades, que vão desde a regulação do comércio de sementes e manutenção de recursos genéticos em bancos de germoplasma, até o suprimento anual de sementes para as espécies com produção irregular ao longo dos anos (SANTOS, 2004).

Dentre as várias etapas pelas quais as sementes passam após colheita, o armazenamento constitui etapa obrigatória de um programa de produção assumindo importante papel, principalmente no Brasil devido às condições climáticas tropicais e subtropicais. A atenção nessa fase deve ser redobrada pelos produtores, pois estes precisam ter cuidados especiais visando à preservação da qualidade das sementes evitando assim problemas com descarte de lotes.

O objetivo principal do armazenamento é a conservação da qualidade das sementes, por isso, visa-se com um conjunto de procedimentos, minimizar a velocidade do processo de deterioração, uma vez que a queda no potencial de armazenamento das sementes é uma das consequências desse processo (DELOUCHE; BASKIN, 1973). A capacidade de uma semente manter sua qualidade durante o armazenamento depende da longevidade inerente a espécie e da sua qualidade inicial, mas as condições do armazenamento podem modificar o seu potencial de conservação. Portanto, informações a respeito do comportamento das sementes em relação à sua deterioração durante o armazenamento se tornam fundamentais para garantir a qualidade e o sucesso de uma lavoura (FREITAS et al., 2004).

O período em que um determinado lote irá manter uma alta porcentagem de suas sementes viáveis (potencial de armazenamento) dependerá de uma série

de fatores, como a umidade relativa do ar, grau de umidade das sementes, temperatura, embalagens, etc. (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O armazenamento após a colheita deve ser conduzido de maneira que venha a diminuir as transformações bioquímicas que provocam a redução da qualidade fisiológica, além de evitar o desenvolvimento de insetos e microorganismos, os quais contribuem para a diminuição dessa qualidade (CARVALHO; VILELA, 2006).

A longevidade da semente é bastante influenciada pelas condições de armazenamento, sobretudo pelo teor de água e temperatura ambiental (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Durante o armazenamento, a umidade relativa do ar está diretamente relacionada com o teor de água das sementes, enquanto a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos (DELOUCHE; BASKIN, 1973). O grau de umidade máximo recomendado para o armazenamento seguro de sementes de girassol é de 9,5% com umidade relativa do ar de, aproximadamente, 75%. Os fungos começam a se desenvolver em sementes de girassol armazenadas com umidade em torno de 11% e, com o aumento na incidência de patógenos ocorre perda de peso e um aumento da umidade e da temperatura das sementes armazenadas (CARTER, 1978).

As melhores condições para manutenção de qualidade das sementes ortodoxas como o girassol são baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura, pelo fato de manterem o embrião em baixa atividade metabólica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Grisi e Santos (2007) observaram que a qualidade fisiológica das sementes de girassol reduziu com o avanço do tempo de armazenamento, tanto para a condição ambiente quanto para a condição de câmara fria. Camargo (2003) avaliou a interação ambiente e embalagem no armazenamento de sementes de milho doce durante 18 meses e verificou que a condição de câmara refrigerada em relação ao ambiente com condições não

controladas foi a mais eficiente para a preservação da qualidade fisiológica das sementes.

As embalagens também desempenham função muito importante no armazenamento, pois, quando as sementes são conservadas em embalagens que permitem trocas de vapor d'água com a atmosfera, podem absorver umidade, deteriorando-se com facilidade (CANEPILLE et al., 1995). A escolha correta da embalagem a ser utilizada associada a um armazenamento sob condições favoráveis minimiza perdas qualitativas e quantitativas, além de permitir uma maior flexibilidade na comercialização do produto (CARVALHO; PINHO, 1999). Existem vários tipos de embalagem para a conservação das sementes: as permeáveis, as semipermeáveis e as impermeáveis.

O tipo de embalagem empregada para o acondicionamento das sementes, durante o armazenamento, assume relevante importância na preservação da qualidade (CROCHEMORE, 1993), pois deve auxiliar na diminuição da velocidade de deterioração, mantendo o grau de umidade inicial das sementes armazenadas, com o intuito de diminuir a respiração (TONIN; PEREZ, 2006).

No processo de escolha do tipo de embalagem a ser utilizado, devem-se considerar as condições climáticas nas quais a semente vai permanecer armazenada, o tempo de armazenamento, a quantidade de semente por embalagem, a modalidade de comercialização da semente, as características mecânicas da embalagem, a disponibilidade no comércio e o custo da embalagem (CARVALHO; VILELA, 2006).

Sementes ricas em óleo perdem sua viabilidade com maior facilidade do que as ricas em proteínas e carboidratos, em razão da maior instabilidade desse componente (HARRINGTON, 1972) comprometendo assim o tempo de armazenamento. De acordo com Azevedo et al. (2003), que estudou a conservação de sementes de gergelim em dois ambientes (câmara fria e ambiente natural) e três embalagens (saco de papel, saco plástico e recipiente

metálico) durante seis meses, a perda do vigor ocorreu mais cedo para a embalagem saco de papel (dois meses depois do início do armazenamento), enquanto que o saco plástico e o recipiente metálico começaram a perder vigor a partir do quarto mês. As condições controladas resultaram em sementes mais vigorosas.

Além do teor de água das sementes, da umidade relativa e temperatura do ambiente de armazenamento, fatores como atmosfera controlada pela aplicação de vácuo ou de gases como dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio no interior da embalagem, podem afetar a conservação de sementes durante o armazenamento (BASS, 1973). Com a aplicação de condições de atmosfera controlada ao invés de condições de anoxia são usados baixos níveis de oxigênio para impedir que as tensões desse gás nos tecidos baixem a ponto de estimular o metabolismo fermentativo (WILLS et al., 1998).

Em sementes de abóbora, Bee e Barros (1999) verificaram que é viável o uso de embalagens a vácuo para o armazenamento das sementes. Para Camargo e Carvalho (2008), o melhor tipo de embalagem utilizado para sementes de milho doce foi dependente do ambiente de armazenamento, sendo a embalagem de papel recomendada para ambiente com condições controladas e a embalagem a vácuo para as condições naturais. Mussi, (2005) avaliou o efeito de embalagens de alta (náilon) e média (polipropileno) barreira ao oxigênio sobre o poder germinativo de sementes de girassol e concluiu, de modo geral, que a embalagem de alta barreira ao oxigênio influenciou menos os valores de germinação do que de média barreira ao oxigênio.

No entanto Figliola et al., (2000); Silva et al., (2001) e Silva et al., (1992) verificaram que o uso da restrição ao oxigênio (vácuo) no acondicionamento de sementes de *Gallesia gorarema* (Vell.) Mog (pau d'alho), *Cariniana estrellensis* kuntze (jequitibá-branco) e *Tabebuia heterophila* (A.P. Candolle) Britton (ipê rosa), respectivamente, não favoreceu a conservação das

sementes. Em todos os trabalhos, as sementes foram armazenadas em ambientes sem controle de temperatura, de câmara fria e câmara seca.

Dessa maneira, o estudo do armazenamento de sementes tem sido objeto de novas investigações, incluindo estudos relativos ao processo de deterioração de sementes, sendo que a redução no potencial de armazenamento está diretamente relacionada a esse processo complexo e inevitável, porém, passível de ser minimizado com técnicas adequadas de conservação.

### **2.3 Deterioração de sementes durante o armazenamento**

A deterioração ou envelhecimento de sementes é um processo degenerativo contínuo, que envolve uma sequência de eventos bioquímicos e fisiológicos que levam a uma progressiva queda na qualidade de sementes e, finalmente, à perda da viabilidade (ELLIS, 1991). Essas mudanças que ocorrem durante esse processo estão diretamente ligadas ao período e às condições de armazenamento, podendo resultar na redução da velocidade e na uniformidade de emergência e num baixo desenvolvimento das plantas no campo (BINGHAM; HARRIS; MCDONALD, 1994).

De acordo com Basra (1995), a deterioração é um processo inevitável e irreversível, mas que pode ser controlado. Portanto, a deterioração é um processo que pode ser mais rápido ou mais lento, dependendo das características ambientais e das características das próprias sementes. De uma maneira geral, a redução da luminosidade, da temperatura e da umidade de ambos, sementes e ambiente, fazem com que ocorra uma redução do seu metabolismo (VIEIRA et al., 2002).

Na maturidade fisiológica, quando a semente atinge seu nível máximo de qualidade, a deterioração está em seu nível mínimo. A partir da maturidade, o nível de qualidade da semente começa a decrescer em consequência de diversos

fatores, tais como extremos de temperatura durante a maturação, flutuações das condições de umidade ambiente, deficiências nutricionais das plantas, pragas e doenças, além de técnicas inadequadas de colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento e transporte (CARVALHO; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2006).

A deterioração, teoricamente, se inicia com a maturidade fisiológica, no entanto, ela é detectada com maior frequência durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005). O armazenamento de sementes apresenta como fatores fundamentais a temperatura e a umidade relativa do ar, visto que o alto teor de água na semente aliado a altas temperaturas aceleram o metabolismo, levando a redução da qualidade da semente. A queda do potencial de armazenamento, segundo Delouche e Baskin (1973), é uma das manifestações do processo de deterioração que, por sua vez, culmina com a redução do poder germinativo.

A velocidade de deterioração de sementes durante o armazenamento é influenciada por fatores dos quais os mais importantes parecem ser a umidade do ambiente, a temperatura do ar, a taxa de crescimento dos patógenos existentes, a localização e a severidade de danos mecânicos, a condição fisiológica inicial da semente e as características genéticas da cultivar. Estes fatores operam juntos na deterioração e podem ser responsabilizados pelas diferenças de comportamento entre lotes armazenados nas mesmas condições (CARVALHO; PINHO, 1999). A deterioração pode ocorrer, também, devido ao aquecimento da massa de sementes produzido pelo calor e aumento de umidade que se desprende da respiração da própria semente e de microorganismos associados (BROD, 2005).

O processo de deterioração de sementes pode envolver transformações físicas, fisiológicas e bioquímicas, dentre as quais se destacam o esgotamento de reservas; queda da atividade enzimática; peroxidação de lipídeos e reações não enzimáticas; quebra parcial das proteínas; alterações nas membranas celulares

com redução da integridade, aumento da permeabilidade e desorganização das membranas celulares (PRIESTLEY, 1986). Embora a deterioração aumente com a elevação do grau de umidade das sementes, os mecanismos celulares funcionais de reparo são mantidos pelo metabolismo durante a respiração aeróbica (IBRAHIM; ROBERTS, 1983).

Conforme Bewley e Black (1994), além da perda da integridade das membranas durante o processo de deterioração, verificam-se também uma redução da produção de ATP, diminuição na síntese de proteínas e ácidos nucleicos e degeneração cromossômica. Aguilar et al. (1992) sugerem que a perda da viabilidade de sementes é acompanhada por redução na capacidade de sintetizar proteínas devido ao declínio de componentes como ribossomos, RNA mensageiro e alterações ao nível de transcrição e tradução com o envelhecimento das sementes e à degradação de macromoléculas, tais como: proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e, conseqüentemente, à diminuição de atividades bioquímicas de sementes (COOLBEAR, 1995). O fato da deterioração não correr de maneira uniforme, constitui uma dificuldade a mais para se generalizar a ocorrência destes eventos.

Dentre as teorias propostas por diversos autores para elucidar o processo de deterioração, a da degeneração das membranas e a da inativação enzimática têm sido as mais enfocadas. Delouche e Baskin (1973) em estudos de envelhecimento artificial de sementes de milho afirmaram que o processo de deterioração se inicia com a desorganização de membranas e a perda da sua integridade. O envelhecimento das sementes teria, conforme Koostra e Harrington (1973), a desestruturação do sistema de membranas como alteração bioquímica inicial no nível celular, por meio da ação de radicais livres, o que resultaria num desequilíbrio na sua capacidade de regular o fluxo de solutos, em ambos os sentidos, tanto no nível das células como de organelas. Essas

modificações ocorreriam nos ácidos graxos insaturados pela ação dos radicais livres (WILSON; MCDONALD, 1986).

Os eventos deteriorativos estão ligados ao aumento ou diminuição na atividade de um determinado grupo de enzimas, além de alterações em componentes de reserva, como a queda na síntese e conteúdo de proteínas, variações na disponibilidade e na estrutura dos carboidratos, diminuição no conteúdo de lipídios e aumento dos ácidos graxos livres, alterações na permeabilidade de membranas, alterações nas atividades respiratórias e alterações no DNA (BASRA, 1995; MCDONALD, 1999).

As análises bioquímicas têm associado alterações em diferentes componentes de reserva de várias espécies. Estas alterações provocam a deficiência de processos metabólicos que conduzem a perda de viabilidade das sementes. Isso foi observado por Halder, Kole e Gupta (1983) em que a redução no conteúdo de lipídios em sementes de girassol ocasionou a diminuição da viabilidade. Gupta e Halder (1980) constataram que sementes de girassol armazenadas por mais de 90 dias com umidade relativa elevada e temperaturas de 25 °C provocaram o aumento da lixiviação de eletrólitos, da solubilidade de nitrogênio, de carboidratos e do nível de aminoácidos.

Os radicais livres são grupos de átomos com um elétron não pareados altamente reativos e instáveis. Nesse contexto, os radicais mais importantes são a hidroxila (OH<sup>-</sup>), superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) e o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Uma vez presentes na célula, esses radicais livres podem iniciar reações oxidativas em cadeia, altamente prejudiciais, especialmente com ácidos graxos poli-insaturados, originando hidroperóxidos de lipídios (COOLBEAR, 1995; DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997). Ainda de acordo com Wilson e McDonald (1986), os ácidos graxos insaturados, em presença de superóxido, produzem radicais livres e hidroperóxidos insaturados (produtos primários), os quais sofrem novas reações produzindo produtos secundários de menor peso



molecular. Então, essa reação é acelerada por uma classe de enzimas denominada lipoxigenase, a qual se atribuiu ser a principal contribuinte na peroxidação de lipídeos e geração de radicais livres. Reações peroxidativas em lipídeos de sementes são as maiores causas descritas de deterioração em sementes durante o armazenamento (FERGUNSON; TEKRONY; EGLI, 1990).

Um dos fatores que levam à redução no conteúdo de lipídios é a peroxidação de lipídios, que muitas vezes é ativada pela ação do oxigênio sobre um ácido graxo poliinsaturado como o ácido oleico e o ácido linoleico, presentes nas membranas das sementes. Conforme Kar e Gupta (1991), quando aumentava a degradação do RNA e havia acréscimos do nível de malonaldeído, um produto da peroxidação de ácidos graxos insaturados, aumentava a deterioração de sementes de girassol envelhecidas. Bailly et al., (1996) verificaram em sementes de girassol, aumentos significativos nos níveis de malonaldeído, sugerindo que a peroxidação de lipídios foi acelerada durante o armazenamento, o que pode ser comprovada pelo acúmulo de peróxidos.

O processo de degradação de membranas e macromoléculas durante o envelhecimento de sementes tem sido alvo de pesquisas nos últimos anos. Uma metodologia alternativa para o estudo da deterioração em sementes é a utilização de grupos de isoenzimas, pois permite identificar os pontos iniciais em que ocorrem os danos, bem como de afirmações mais seguras sobre as reais causas de eventos deteriorativos e suas consequências (CAMARGO, 2003). Várias oxidações enzimáticas e espontâneas podem ocorrer e gerar radicais livres, que podem causar a destruição de grandes polímeros, incluindo os lipídios de membranas. Existem enzimas que são consideradas “scavengers”, ou seja, removedoras de radicais livres formados durante o processo deteriorativo em sementes. Neste contexto, de acordo com McDonald (1999) as enzimas catalase, peroxidase e superóxido dismutase são apontadas como as principais.

A catalase é uma enzima tetramérica encontrada numa organela especializada denominada de peroxissomo, e tem a função de consumir o peróxido de hidrogênio produzido em condições de estresse, além de possui um mecanismo muito eficiente de remoção de radicais livres (MALLICK; MOHN, 2000). Já a peroxidase, outra enzima removedora de radicais livres, utiliza o peróxido de hidrogênio para oxidar uma variedade de substâncias doadoras de hidrogênio como fenóis, grupos com anéis aromáticos, diaminas, ácido ascórbico, aminoácidos e alguns íons inorgânicos (NKANG, 1996).

As superóxido dismutase (SOD) são um grupo de enzimas cuja função é catalisar a reação de dismutação de radicais superóxidos livres produzidos em diferentes locais na célula, para oxigênio molecular e peróxido de hidrogênio (SCANDÁLIOS, 1993). A principal função da SOD é transformar o superóxido em peróxido de hidrogênio cujo composto é muito menos reativo. Porém, o acúmulo de peróxido na célula também é tóxico a ela, podendo levá-la à morte, principalmente na presença de ferro (EATON, 1991)

A enzima malato desidrogenase (MDH) apresenta importantes funções fisiológicas dentro da célula, como enzima do ciclo de Krebs, além de atuar como papel central na maioria das rotas bioquímicas da célula. Essas enzimas são encontradas em associação a uma grande quantidade de organelas subcelulares apresentando diferenças na regulação da atividade em vários sítios (SCANDÁLIOS, 1974). Por se tratar de uma enzima importante na respiração, o aumento do número e ou da intensidade de coloração de bandas em sementes submetidas a períodos longos de armazenamento pode ser em função do aumento da respiração que ocorre em sementes que se encontram em processo de deterioração avançado, uma vez que enzimas envolvidas na respiração podem ser ativadas em sementes de qualidade reduzida (SHATTERS et al., 1994).

A enzima álcool desidrogenase (ADH) está relacionada à respiração anaeróbica, promovendo redução do acetaldeído a etanol (BUCHANAN;

GRUISSEM; JONES, 2005). O acetadeído acelera a deterioração das sementes (ZHANG et al., 1994) portanto, com o aumento da atividade da ADH, as sementes ficam mais protegidas contra a ação deletéria deste composto, constituindo numa ferramenta de grande valor no diagnóstico precoce do estado fisiológico das sementes armazenadas em embalagens herméticas.

A sequência de eventos metabólicos deficientes que levam à perda da viabilidade das sementes inclui: aumento na atividade de enzimas como RNAses, lipoxigenases, isoesterases, proteases, e reduções em outras como a peroxidase,  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase com o aumento do envelhecimento. Para Basavarajappa, Shetty e Prakash, (1991), a diminuição na atividade de enzimas removedoras de peróxidos pode tornar a semente mais sensível aos efeitos de  $O_2$  e radicais livres, bem como de produtos secundários de degradação de lipídeos sobre ácidos graxos de membranas.

Embora exista um grande número de pesquisas relacionadas aos mecanismos que levam à deterioração de sementes, estes ainda não estão totalmente elucidados, pois a redução na qualidade fisiológica das sementes está atrelada às alterações bioquímicas que conduzem ao comprometimento de suas atividades metabólicas (FREITAS et al., 2004). No entanto, a perda da integridade das membranas celulares tem sido constatada como um dos processos iniciais de deterioração de sementes (MCDONALD, 1999).

Métodos rápidos que visam à avaliação da qualidade de sementes durante o período de armazenamento, bem como o processo de deterioração são cada vez mais pesquisados. Segundo Abdul-Baki e Anderson (1973) testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes que demandam um curto período de tempo para sua realização estão relacionados com as atividades enzimáticas, respiratórias e à integridade das membranas celulares. Dentre esses

testes, a condutividade elétrica tem se destacado com inúmeras pesquisas em diversas espécies.

#### **2.4 Teste de condutividade elétrica**

Baseando-se na hipótese de que a deterioração é iniciada pela degradação do sistema de membranas (BASRA, 1995; DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997), os testes mais indicados para verificar diferenças sutis de vigor entre lotes são aqueles que avaliam a estrutura dessas membranas detectando o processo de deterioração das sementes em sua fase inicial (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

O teste de condutividade elétrica é um método simples, rápido, barato e eficiente de determinação da qualidade fisiológica de sementes. Este teste foi introduzido nas Regras Internacionais para Análise de Sementes, em 2002, para avaliação do vigor em sementes de ervilha (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA, 2007). Objetiva-se, com o teste, avaliar indiretamente a intensidade dos danos causados às membranas celulares resultantes da deterioração da semente. O método consiste na quantificação dos eletrólitos lixiviados pela semente na água de embebição, sendo que, sementes com qualidade inferior liberam maior quantidade de eletrólitos em consequência de uma menor seletividade celular da membrana. A perda do potencial fisiológico da semente está diretamente ligada às maiores quantidades de solutos lixiviados, resultando de uma perda da integridade da membrana (LOEFFLER; TEKRONY; EGLI, 1988; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Segundo Simon e Raja Harun, (1972), as sementes ao entrarem em contato com a água durante o processo de embebição, sofrem uma rápida e intensa lixiviação de eletrólitos proporcional ao estado de desorganização das membranas, seguida de uma redução na perda de solutos, à medida que os

tecidos são reidratados, até atingir um estado de equilíbrio. Durante a embebição, as membranas celulares se reestruturam e recuperam sua permeabilidade seletiva. Sendo assim, a velocidade de reorganização do sistema de membrana das sementes reflete o seu vigor, pois, quanto menor for o período de reestruturação, menor será a perda de lixiviados para o meio externo (ABDUL-BAKI, 1980).

Essa capacidade de reorganização é maior em sementes consideradas de alto vigor, ou seja, menos deterioradas. A integridade das membranas celulares, determinada pelo grau de alterações bioquímicas deteriorativas e ou danos físicos, pode ser considerada como causa fundamental de diferenças no vigor de sementes (POWELL, 1988). De acordo com Mathews e Powell (2006), a lixiviação de solutos das sementes é a primeira consequência das duas maiores causas de redução no vigor entre lotes, que são a deterioração e os danos de embebição, os quais interagem entre si, pois sementes mais deterioradas são mais suscetíveis ao dano de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de embebição.

Existem vários estudos realizados para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol, utilizando o teste de condutividade elétrica. Smiderle e Lima (2006) indicam a utilização da condutividade elétrica como parâmetro para separação de lotes de sementes de girassol, por apresentar em 24 horas, resultados que seriam obtidos em cinco dias utilizando o teste de germinação. Albuquerque et al. (2001), trabalhando com quatro genótipos de girassol investigou diferentes metodologias para os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio e verificaram que ambos os testes não foram eficientes na avaliação da qualidade das sementes de girassol. Brandão Júnior et al. (1997), utilizaram o teste de condutividade na avaliação de sementes íntegras e destegumentadas de girassol e concluíram que os tratamentos com sementes

destegumentadas, embebidas por 18 e 24 horas, foi mais eficiente em detectar diferenças de qualidade existentes entre os lotes.

Os resultados do teste de condutividade elétrica são influenciados por vários fatores, dentre os quais se destacam o teor de água inicial das sementes, o período e a temperatura de embebição, o tamanho da semente, o genótipo dentro da mesma espécie, a idade e a coloração da semente (LOEFFLER; TEKRONY; EGLI, 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 1991; PANOBIANCO; VIEIRA, 1996). Entretanto, algumas pesquisas têm evidenciado que os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento, sugerindo que a deterioração das sementes em temperaturas baixas parece não estar relacionada diretamente com a perda da integridade das membranas celulares (PANOBIANCO; VIEIRA; PERECIN, 2007).

Avaliando seis lotes de sementes de soja com diferentes níveis de qualidade, Vieira et al., (2001) objetivaram investigar o efeito da temperatura de armazenamento na deterioração de sementes de soja. Foi verificado que o teste de condutividade elétrica não separou os lotes em diferentes níveis de qualidade, uma vez que, à temperatura de 10°C, os danos causados às membranas não ocorrem na mesma intensidade que no armazenamento à temperatura de 20°-25°C.

De acordo com Fessel (2001); Fessel et al. (2006) e Panobianco, Vieira e Percin (2007), que pesquisaram a influência do armazenamento a 10°C em resultados do teste de condutividade elétrica em sementes de soja, milho e ervilha, respectivamente, a condutividade elétrica como teste de vigor não detectou a intensidade do processo de deterioração das sementes dessas espécies sob o armazenamento a frio. Entretanto, a deterioração das sementes a 10°C não pareceu estar diretamente relacionada à perda da integridade da membrana,

sugerindo tal fato ao seu reparo ou reorganização durante o armazenamento a baixas temperaturas.

Uma explicação para tal fato seria que a mobilidade molecular é consideravelmente menor quando o citoplasma está no estado vítreo do que no estado líquido, sendo esse fator interligado a uma taxa mais lenta do envelhecimento (BUITINK et al., 2000). Segundo Bernal-Lugo e Leopold (1998), a transição da membrana de um período de estabilidade relativa para a dinâmica do envelhecimento das sementes pode acontecer por meio da perda de seu estado vítreo. Esta perda pode ser influenciada por um aumento no teor de água, na temperatura, ou por uma separação de açúcares envolvidos.

No entanto ainda não existem estudos que comprovem os mecanismos de deterioração em condições de baixa temperatura durante o armazenamento de sementes, havendo necessidade de pesquisas relativas a esse tópico para várias espécies.

### 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O estudo do armazenamento de sementes tem sido objeto de novas investigações, incluindo estudos relativos ao processo de deterioração de sementes, sendo que a redução no potencial de armazenamento está diretamente relacionada a esse processo complexo e inevitável, porém, passível de ser minimizado com técnicas adequadas de conservação. A qualidade das sementes de girassol, devido ao seu alto teor de óleo, pode ser alterada durante o armazenamento, entretanto, ainda são poucos os resultados de pesquisa, principalmente no tocante à área de tecnologia de conservação.

Métodos rápidos que visam à avaliação da qualidade de sementes durante o período de armazenamento, bem como o processo de deterioração são cada vez mais pesquisados. Testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes que demandam um curto período de tempo para sua realização estão relacionados com as atividades enzimáticas, respiratórias e à integridade das membranas celulares. Dentre esses testes, a condutividade elétrica tem se destacado com inúmeras pesquisas em diversas espécies. No entanto, ainda não existem estudos que comprovem os mecanismos de deterioração em condições de baixa temperatura durante o armazenamento de sementes, havendo necessidade de pesquisas relativas a esse tópico para várias espécies.



## REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, June 1980.

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 6, p. 630-633, Nov. 1973.

AGUILAR, R. et al. Changes in protein synthesis in embrionic axes after long term storage maize seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, n. 4, p. 191-198, Dec. 1992.

ALBUQUERQUE, M. C. F. E. et al. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-8, jun. 2001.

ANGELINI, A. C. et al. **Girassol**: uma planta versátil. Campinas: CECOR/DCT/CATI, 1998. 2p.

ASSISTÊNCIA NESTLÊ AOS PRODUTORES DE LEITE. **Girassol**: cultivo e ensilagem. Patos de Minas, 1994.

AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 519-524, dez. 2003.

BAILLY, C. et al. Changes in malondialdehyde content and superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related do deterioration during accelerated aging. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 104-110, May 1996.

BASAVARAJAPPA, B.; SHETTY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 19, n. 2, p. 279-286, July 1991.

BASRA, A. S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Basra, 1995. 389 p.

BASS, L. N. Controlled atmosphere and seed storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 463-489, Jan. 1973.

BEE, R. A.; BARROS, A. C. S. A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p.120-126, dez. 1999.

BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. The dynamics of seed mortality. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, n. 326, p. 1455-1461, Sept. 1998.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 444 p.

BINGHAM, L. J.; HARRIS, A.; McDONALD, L. A comparative study of radicle and coleoptile extension in maize seedlings from age and unaged seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 1, p. 127-139, July 1994.

BRANDÃO JÚNIOR, D. S. et al. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1-2, p. 184, jul./ago. 1997.

BROD, F. P. R. **Como armazenar**. Pelotas: Grupo Cultivar, 2005. 10 p. (Caderno técnico de máquinas e Mecanização, 43).

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2005. 1367 p.

BUITINK, J. et al. Molecular mobility in the cytoplasm: a new approach to describe and predict lifespan of dry germoplasm. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 97, n. 5, p. 2385-2390, Feb. 2000.

CAMARGO, R. **Armazenamento de sementes de milho doce**. 2003. 88 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CAMARGO, R.; CARVALHO, M. L. M. Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 131-139, jun. 2008.

CANEPPELE, M. A. B. et al. Influência da embalagem, do ambiente e do período de armazenamento na qualidade de sementes de cebola (*Allium cepa*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 249-257, dez. 1995.

CARTER, J. F. **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505 p. (Series Agronomy, 19).

CARVALHO, C. G. P. et al. **Informes de avaliação de genótipos de girassol, 2002/2003**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2003. 97 p.

CARVALHO, M. L. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Controle de qualidade na produção de semente. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 52-58, maio/jun. 2006.

CARVALHO, M. L. M.; PINHO, E. V. de R. von. **Armazenamento de sementes**. 1999. 67 p. Monografia (Especialização em Produção e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CARVALHO, M. L. M.; VILELA, F. A.. Armazenamento de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 70-75, maio/jun. 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. **Cultura do girassol: tecnologia de produção**. 2. ed. Londrina: Embrapa/CNPSo, 1997. 20 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: nono levantamento**, junho 2009. Brasília, 2009. 39 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 29 dez. 2009.

COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products, 1995. p. 223-275.

CROCHEMORE, M. L. Conservação de sementes de tremço azul (*Lupinus angustifolius* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 227-231, dez. 1993.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-252, July 1973.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook**. New York: Marcel Dekker, 1997. 627 p.

EATON, J. W. Catalases and peroxidases and glutathione and hydrogen peroxide: mysteries of the bestiary. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, Saint Paul, v. 118, n. 1, p. 3-4, July 1991.

ELLIS, R. H. Seed storage in national centers. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice germplasm collecting, preservation, use**. Manila: [s.n.], 1991. p. 81-85.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol: alguns comentários**. Florianópolis: MAPA/CONAB/SUGOF, 2002. 10 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Semente-deGirassol.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

FERGUSON, J. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. M. Changes during early soybean seed and axes deterioration: (II) lipids. **Crop Science**, Madson, v. 30, n. 1, p. 179-182, Jan. 1990.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. B. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FESSEL, S. A. **Condutividade elétrica em sementes de soja em função da temperatura e do período de armazenamento**. 2001. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2001.

FESSEL, S. A. et al. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, out. 2006.

FIGLIOLIA, M. B. et al. Conservação de sementes de *Cariniana estrellensis* Kuntze em diferentes condições de acondicionamento e armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 361-368, jul./ago. 2000.

FREITAS, R. A. et al. Testes fisiológicos e bioquímicos na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 84-91, jun. 2004.

GRISI, P. U.; SANTOS, C. M. Influência do armazenamento, na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 1, n. 7, p. 14-17, 2007.

GUPTA, K.; HALDER, S. Effect of storage of sunflower seed in high and low relative humidity on solute leaching and internal biochemical changes. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 8, n. 3, p. 17-321, Dec. 1980.

HALDER, S.; KOLE, S.; GUPTA, K. On the mechanism of sunflower seed deterioration under two different types of accelerated ageing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 11, n. 3, p. 331-339, ct. 1983.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: SILVA, M. F. **Flora neotropica**. New York: Academic, 1972. v. 3, p. 145-245.

IBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H. Viability of lettuce seeds: (I) survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, n. 5, p. 620-630, 1983.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **7-025**: detection of *Aphelenchoides besseyi* on *Oryza sativa*. Bassersdorf, 2009. 6 p.

KAR, C.; GUPTA, K. Effect of tryazole type plant growth regulators on sunflower and safflower seed viability. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 69, n. 6, p. 1344-1348, June 1991.

KOOSTRA, P.; HARRINGTON, J. Biochemical effects of age on membranal lipids of *Cucumis sativus* L. seed. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Copenhagen, v. 34, p. 329-340, 1973.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, F. B.; HENNING, A. A. Relatório dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C.; SMIRDELE, O. J. Girassol: mais uma opção para os biocombustíveis. **Revista Biodiesel**, São Paulo, n. 16, p. 17-18, 2007.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 12, n. 1, p. 37-53, June 1988.

MALLICK, N.; MOHN, F. H. Reactive oxygen species: response to alga cells. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 157, n. 2, p. 183-193, Dec. 2000.

MANDARINO, J. M. G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 1992. 25 p. (Documentos, 52).

MARCOS FILHO, J. et al. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, dez. 1990.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2005. v. 1, 495 p.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **ISTA News Bulletin**, Zurich, n. 131, p. 32-35, 2006.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 177-237, Apr. 1999.

MUSSI, M. M. **Germinação e vigor de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidos a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>, períodos de exposição e embalagens**. 2005. 73 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NKANG, A. Effect of cyanide pre-treatment on peroxidase activity in germination seeds of *Guilfoylia Monostylis*. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 149, p. 3-8, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, set. 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 119-124, 2007.

PERES, J. R. R.; FREITAS JÚNIOR, E.; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 14, n. 1, p. 31-41, jan./mar. 2005.

POWELL, A. A. Seed vigour and field establishment. **Advances in Research and Technology of Seeds**, New York, v. 11, p. 29-61, 1988.

PRIESTLEY, D. A. **Seed ageing**: implications for seed storage and persistence in the soil. Ithaca: Cornell Universitys, 1986. 304 p.

SANTOS, R. G. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (BAILL.) SMITH & DOWNS**. 2004. 95 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

SCANDALIOS, J. G. Isozymes in development and differentiation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 25, n. 1, p. 225-258, Jan. 1974.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, Rockville, v. 101, n. 1, p. 7-12, Jan. 1993.

SHATTERS, R. G. et al. Soybean seed deterioration and response to osmotic priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germination seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 33-41, Mar. 1994.



SILVA, A. et al. Comportamento de sementes de *Gallesia gorarema* (Vell.) Mog., liofilizadas e fechadas a vácuo, em laboratório e viveiro. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, p. 497-503, mar. 1992.

SILVA, A. et al. Liofilização e armazenamento de ipê-rosa (*Tabebuia heterophilla* (A. P. Candolle) Britton): bignoniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 252-259, jun. 2001.

SIMOM, E. W.; RAJA HARUN, R. M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 4, p. 1076-1085, Nov. 1972.

SMIDERLE, O. J.; LIMA, A. N. O. **Condutividade elétrica para avaliação de vigor em sementes de girassol**. São Paulo: Embrapa, 2006. (Comunicado Técnico, 17).

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 26-33, 2006.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, set. 2002.

VIEIRA, R. D. et al. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 599-608, Oct. 2001.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

VIEIRA, R. D.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-26.

WILLS, R. H. et al. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 4. ed. New York: CAB, 1998. 262 p.

WILSON, D. O.; MCDONALD, M. B. The lipid peroxidation model of deterioration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 14, n. 2, p. 269-300, July 1986.

ZHANG, M. et al. A mechanism of seed deterioration in relation to volatile compounds evoked by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 49-56, Mar. 1994.

## **CAPÍTULO 2**

### **Qualidade de sementes de girassol armazenadas em diferentes ambientes e embalagens**

## RESUMO

A avaliação da qualidade de sementes ao longo do armazenamento é de suma importância para a produção de sementes, principalmente no Brasil, devido às condições climáticas desfavoráveis a conservação de sementes de espécies oleaginosas como o girassol (*Helianthus annuus* L.). A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de investigar o efeito de diferentes tipos de embalagens e ambientes de armazenamento na qualidade de sementes de girassol, por um período de doze meses. Foram utilizadas sementes de dois híbridos de girassol, Helio 250 e Helio 251 e testados três tipos de embalagens: papel Kraft multifoliado e embalagens plásticas com e sem acondicionamento a vácuo. As sementes foram armazenadas sob condição de câmara fria e armazém convencional, sendo avaliadas em sua qualidade pelos testes de germinação, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, sanidade, teores de água e de óleo além de alterações nos sistemas enzimáticos álcool desidrogenase (ADH), malato desidrogenase (MDH) e superóxido dismutase (SOD). A resposta ao armazenamento de sementes de girassol em câmara fria ou armazém convencional varia em função da embalagem utilizada. O armazenamento em câmara fria é mais eficiente na conservação da qualidade fisiológica das sementes de girassol, e nesse ambiente, o armazenamento em embalagem de papel é o mais adequado. A conservação de sementes de girassol em armazém convencional e embalagem a vácuo propiciam a manutenção da qualidade fisiológica. Alterações na qualidade fisiológica de sementes girassol são detectadas pela análise dos sistemas enzimáticos álcool desidrogenase e superóxido dismutase. Independente das condições de armazenamento a incidência dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. é favorecida. O teor de óleo nas sementes decresce, ao longo do tempo, independente da condição de armazenamento.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Semente oleaginosa. Deterioração. Conservação de sementes.

## ABSTRACT

The evaluation of seed quality in the storage is important role in seed production system, mainly in Brazil, due to unfavorable climate conditions at seed oleaginous species conservation as the sunflower (*Helianthus annuus* L.). The research was carried out at the Central Laboratory of Seed of the Federal University of Lavras, with the objective of to investigate the effect of different types of package and storage environments on sunflower seed quality after 12 months of storage. Were used seed of two sunflower hybrids (Helio 250 and Helio 251) and three types of packages: layered Kraft paper and plastic package with and without vacuum condition. The seeds were stored in cold room or in conventional warehouse. Seed quality was evaluated using the following tests: germination, seedling emergence, accelerated aging, electrical conductivity, sanity test, seed moisture and oil content and evaluation of changes in alcohol dehydrogenasis (ADH), malate dehydrogenasis (MDH) and superoxide dismutase (SOD) enzyme systems. The storage response of sunflower seeds in cold room or in conventional warehouse ranged with package used. The storage in cold room is more effective in preserving the physiological quality of sunflower seeds, and in this environment, the storage in paper packages is more adequate. The sunflower seeds conservation in conventional warehouse in packages with vacuum condition favored the preservation of physiological quality. Changes in physiological quality of sunflower seeds were detect at the enzymatic systems ADH and SOD. Regardless of storage conditions, the incidence of the fungi *Aspergillus* sp. and *Alternaria* sp. was favored. The oil content in seed decreases over time regardless of storage conditions.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Oleaginous seed. Deterioration. Seed conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do girassol (*Helianthus annuus* L.) tem aumentado significativamente nos últimos anos, devido sua grande capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Assim, apresenta-se como opção para os sistemas de rotação e sucessão de culturas em várias regiões produtoras de grãos do país (CARVALHO et al., 2003). A produção do girassol concentra-se principalmente nos estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Goiás (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2009) com potencialidade de expansão da cultura em todo território nacional.

O crescente interesse pelo girassol visa atender o mercado de óleo comestível e também ao incentivo à produção de biodiesel, o que exigirá grandes áreas de plantio para atender a demanda de biocombustíveis, pois, de acordo com Fagundes (2009), a cultura do girassol apresenta viabilidade técnico-ambiental na produção de biodiesel. Entanto, para que a ampliação da oferta dessa matéria-prima seja bem sucedida, é necessária a obtenção de sementes de alta qualidade e conhecimentos sobre a sua conservação, para que essa cultura faça frente a outras opções de oleaginosas, cujas tecnologias de produção são mais aprimoradas, a exemplo da soja, algodão e amendoim.

Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes durante o armazenamento, a qualidade inicial do lote, o ambiente de conservação com suas variações de temperatura, umidade e disponibilidade de oxigênio, embalagem, bem como as características inerentes da espécie devem ser considerados (SANTOS, 2010). Logo, o desenvolvimento de métodos adequados para preservação da qualidade de sementes de girassol é fundamental.

As condições de armazenamento, em especial teor de água e temperatura ambiental, influenciam sobremaneira a conservação das sementes no decorrer do

período em que serão armazenadas. De acordo com Delouche e Baskin, (1973) durante a armazenagem, a umidade relativa do ar está diretamente ligada ao teor de água das sementes, enquanto a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos. Sabe-se que as melhores condições para manutenção da qualidade das sementes ortodoxas são baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura, pelo fato de manterem o embrião em baixa atividade metabólica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000) preservando sua viabilidade.

Segundo Carter (1978) para o armazenamento seguro de sementes de girassol recomenda-se que o teor de água máximo seja de 9,5%, com umidade relativa do ar próxima a 75%. O autor verificou que em sementes de girassol armazenadas com umidade em torno de 11%, ocorreu o desenvolvimento de patógenos e com o aumento na incidência desses microorganismos houve diminuição de peso e aumento da umidade e da temperatura da massa de sementes. Para Rossi (1998), as sementes de girassol mantidas com teor de água de 8%, tratadas e ensacadas, podem ser conservadas em câmaras com temperatura controlada de 4°C e umidade relativa de 20% durante longo período, o que permite conservar sua germinação e vigor iniciais.

As embalagens também desempenham função muito importante no armazenamento, pois, quando as sementes são conservadas em embalagens que permitem trocas de vapor d'água com a atmosfera, podem absorver umidade, deteriorando-se com facilidade (CANPELLE et al., 1995). A embalagem confere às sementes maior proteção contra a umidade, insetos, roedores e danos no manuseio, além de oferecer facilidades de identificação, comercialização, manejo e transporte (AZEREDO et al., 2005).

Na escolha do tipo de embalagem a ser utilizada, devem-se considerar as condições climáticas nas quais a semente permanecerá armazenada. O teor de água e a temperatura de armazenamento da semente podem ser facilmente manipulados pelo processo de secagem e armazenamento em ambiente com

umidade e temperatura controladas por equipamentos. O conteúdo de oxigênio disponível, por sua vez, pode ser reduzido pelo empacotamento a vácuo, em embalagens impermeáveis seladas, ou pela injeção de um gás livre de oxigênio (CAMARGO; CARVALHO, 2008). Ensaio realizados com sementes de mamona (SANTOS, 2010), milho doce (CAMARGO, 2003) e abóbora (BEE; BARROS, 1999) constataram a eficiência do emprego de embalagens a vácuo utilizadas em armazém convencional na conservação da qualidade de sementes. Ao contrário, New (1988) relata que o acondicionamento de semente de soja e milho a vácuo pode resultar em ganhos pouco significativos, o que torna a técnica não recomendável para uso comercial em larga escala.

O uso de embalagens adequadas para cada ambiente de armazenamento se faz necessário devido à semente possuir a capacidade de absorver ou perder água em relação ao meio ambiente. Esta característica é mais evidente em sementes atacadas por insetos e fungos. O aparecimento dessas pragas se relaciona diretamente com o aumento de umidade e da temperatura das sementes armazenadas; por outro lado, ambos os fatores estão relacionados com o aumento de ácidos graxos livres do óleo contido na semente (ROBERTSON; ROBERTS; CHAPMAN JÚNIOR, 1985).

White e Jayas (1993) armazenaram sementes de girassol a 10 °C, 20 °C, 30 °C e 40 °C com umidade relativa de 35%, 45%, 55% e 75% por até 12 meses e observaram que, a 75% de umidade relativa, o crescimento de fungos foi intenso e que os ácidos graxos livres aumentaram rapidamente sob todos os regimes de temperatura. Christensen (1972) armazenou sementes de girassol com umidades iniciais de 10%, 12% e 14% em temperaturas de 5 °C, 10 °C e 28 °C e concluiu que a incidência de fungos e o decréscimo da germinação estavam proporcionalmente relacionados com o aumento do conteúdo de umidade inicial, da temperatura e do período de armazenagem.



A peroxidação de lipídeos pode ser a causa mais frequente de deterioração e perda de viabilidade de sementes, pois é um fator que leva à redução no conteúdo de lipídios em sementes durante o armazenamento sendo muitas vezes, ativada pela ação do oxigênio sobre um ácido graxo poliinsaturado presente nas membranas das sementes (FERGUNSON; TEKRONY; EGLI, 1990). O teor de óleo nas sementes pode variar de acordo com o genótipo e as condições de armazenamento, especialmente temperatura e a umidade relativa do ar (KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 2000) sendo que estas variações influenciam diretamente a degradação deste óleo durante o armazenamento. Assim, a avaliação do óleo extraído de sementes de girassol armazenadas em diferentes condições pode vir a elucidar dúvidas relacionadas ao processo de deterioração de sementes desta espécie.

Considerando que os estudos relativos às condições ideais para o armazenamento de sementes de girassol ainda são escassos, com poucas informações referentes à qualidade fisiológica em diferentes condições de armazenamento, é desejável o conhecimento sobre as potencialidades das sementes dessa espécie durante o período em que se encontram armazenadas.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho investigar o efeito de diferentes tipos de embalagens e ambientes de armazenamento sobre a qualidade de sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, durante doze meses em relação às alterações fisiológicas, bioquímicas, sanitárias e no teor de óleo das sementes.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, MG no período de maio de 2008 a maio de 2009. Foram utilizados aquênios de girassol, (denominados, a partir de agora, de sementes) de dois híbridos com diferentes teores de óleo, Hélio 250 (alto teor de óleo) e Hélio 251 (baixo teor de óleo) produzidas pela empresa Helianthus do Brasil Ltda., armazenadas em câmara fria e seca (10°C/40%UR) e em condição de armazém convencional ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ). As sementes foram embaladas em papel Kraft multifoliado e embalagem de polietileno (plástico, nas dimensões 25 cm X 15 cm X 0,12  $\mu$ ) com e sem acondicionamento a vácuo. O empacotamento das sementes a vácuo foi realizado com o auxílio de uma bomba de vácuo ajustada para fornecer uma pressão de 0,1 atm. A cada quatro meses, num total de doze meses de armazenamento, a qualidade das sementes de girassol foi avaliada pelos testes descritos a seguir.

### **2.1 Teor de água**

A determinação do teor de água foi efetuada pelo método de estufa a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009) utilizando-se duas repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.2 Teor do óleo**

A obtenção e quantificação do óleo foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica do Departamento de Química da UFLA. Cem gramas de sementes de girassol secas e trituradas foram depositadas em um balão de fundo

redondo e boca esmerilada de 500 mL. Adicionou-se 200 mL de hexano até cobrir as sementes e levou-se para refluxar. Após 24 horas, filtrou-se, descartando o sólido e levou-se para evaporar em um evaporador rotatório Buchi-144, sob pressão reduzida. O óleo obtido de cada amostra foi colocado em estufa a, aproximadamente, 35°C por 24 horas para a completa evaporação do solvente e posterior pesagem, em gramas de óleo por grama da semente seca e triturada (SALGADO et al., 2003).

### **2.3 Teste de germinação**

Foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. O substrato empregado foi papel toalha na forma de rolo, umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato. Os rolos foram mantidos em germinadores a 25°C. As contagens foram efetuadas aos quatro e dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009) e os resultados, expressos em porcentagem de plântulas normais.

### **2.4 Emergência de plântulas**

A emergência de plântulas foi realizada sob condições controladas em câmara de crescimento vegetal a 25°C, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeados em bandejas com mistura de terra e areia na proporção 2:1. A emergência das plântulas foi computada aos dez dias após a semeadura, avaliando-se o número de plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em porcentagem.

### **2.5 Condutividade elétrica**

O teste de condutividade elétrica foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos de 200 mL contendo 75 mL de água deionizada. Em seguida foram mantidas em BOD, à temperatura constante de 25°C, onde permaneceram por 24 horas (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997). Após o período de condicionamento, a condutividade elétrica da solução foi medida por meio de leitura em um aparelho condutivímetro da marca Digimed, modelo CD-21, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ .

### **2.6 Envelhecimento acelerado**

Foi conduzido de acordo com a metodologia recomendada pela Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983). Quatro repetições de 50 sementes foram dispostas sobre uma tela de alumínio em gerbox adaptado. Em cada gerbox foram colocados 40 mL de água, e em seguida, mantidos em BOD a 42°C, por 48 horas, conforme (ADAMO; SADER; BANZATTO, 1984). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme Brasil (2009).

### **2.7 Teste de sanidade**

O teste de sanidade foi conduzido pelo método de incubação em papel de filtro (NEERGAARD, 1979) com oito repetições de 25 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas em placa de Petri de 15 cm de diâmetro contendo três folhas de papel filtro previamente esterilizadas e umedecidas em solução de 2,4-D. As sementes foram incubadas a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , em câmara com

fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, durante sete dias. Para a identificação de patógenos presentes nas sementes, foram utilizados lupa estereoscópica e microscópio ótico. A incidência foi avaliada em porcentagem de fungos encontrados.

## **2.8 Análises isoenzimáticas**

A cada quatro meses foram retiradas amostras de 100 gramas de sementes dos tratamentos para a análise eletroforética de enzimas. As amostras foram trituradas em mortar sobre gelo na presença de PVP e nitrogênio líquido e, posteriormente, armazenadas à temperatura de -86°C. Para a extração das enzimas, foi utilizado o tampão Tris HCl 0,2M pH 8,0 + (0,1% de  $\beta$  mercaptoetanol), na proporção de 250 $\mu$ L por 100mg de sementes. O material foi homogeneizado em vortex e mantido em overnight, em geladeira, seguido de centrifugação a 14.000 x g, por 30 minutos a 4°C. As corridas eletroforéticas foram realizadas em sistema de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 50  $\mu$ L do sobrenadante da amostra nos géis e a corrida efetuada a 150V por 4 horas. Terminada a corrida, os géis foram revelados para as enzimas superóxido dismutase, álcool desidrogenase e malato desidrogenase conforme Alfenas et al. (1998).

## **2.9 Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 4x3x2, correspondente a quatro épocas de avaliação (0, 4, 8 e 12 meses), três métodos de acondicionamento (papel Kraft multifoliado, plástico e plástico a vácuo) e dois ambientes de armazenamento

(câmara fria e armazém convencional). Os resultados dos testes obtidos para os dois híbridos foram analisados separadamente. As médias foram comparadas entre si, pelos testes de Scott-Knott e t de Student a 5% de probabilidade, para as condições de armazenamento e análise de regressão para as épocas de armazenamento.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados referentes aos valores médios das temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), e médias (Tm) e da umidade relativa (UR) nos meses correspondentes ao período de armazenamento das sementes de girassol estão contidos na Tabela 1, ANEXO A.

#### **3.1 Teor de água**

Os valores médios obtidos na determinação do teor de água das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, estão apresentados na Tabela 1. Podem ser verificadas, de um modo geral, algumas oscilações na umidade das sementes devido às alterações da umidade relativa do ar e da temperatura durante o período de armazenamento, segundo o tipo de embalagem e o ambiente de armazenamento.

Observa-se, para ambos os híbridos, que a embalagem de papel foi a que propiciou maiores oscilações de umidade nas sementes armazenadas, tanto em câmara fria quanto em armazém convencional, durante as épocas estudadas. Carvalho e Nakagawa (2000) enfatizam que as sementes, por serem higroscópicas, tendem a sofrer alterações em seu grau de umidade durante o período de armazenamento, principalmente em ambiente não controlado.

A umidade relativa do ambiente de armazenamento sem dúvida exerce grande influência sobre a qualidade fisiológica das sementes, principalmente quando são acondicionadas em embalagens permeáveis ao vapor de água. Assim o uso de embalagens impermeáveis pode ser de grande interesse, em regiões de clima tropical e subtropical úmido (HENNING et al., 2001). Harrington (1973) recomenda que o grau de umidade das sementes ideal para armazenamento em

embalagens impermeáveis é de 4 a 9% para sementes de espécies oleaginosas. Graus de umidade de 9% para sementes ricas em óleo fazem com que as sementes armazenadas em embalagens impermeáveis tenham deterioração mais rápida do que nas embalagens permeáveis.

Tabela 1 Teor de água (%) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.

Híbrido	Época	Embalagem	Ambiente de armazenamento	
			Câmara Fria	Armazém
Helio 250	0	Papel	7,8	7,7
		Plástico	7,8	7,8
		Vácuo	7,5	7,8
	4	Papel	6,5	6,7
		Plástico	7,6	7,6
		Vácuo	7,4	7,4
	8	Papel	7,4	8,3
		Plástico	7,6	7,6
		Vácuo	7,3	7,3
	12	Papel	6,9	6,7
		Plástico	7,5	7,2
		Vácuo	7,0	7,3
Helio 251	0	Papel	8,5	8,5
		Plástico	8,5	8,5
		Vácuo	8,5	8,3
	4	Papel	7,3	7,5
		Plástico	8,5	8,5
		Vácuo	8,1	8,1
	8	Papel	8,3	8,9
		Plástico	8,2	8,2
		Vácuo	8,1	8,2
	12	Papel	8,1	7,7
		Plástico	8,3	8,3
		Vácuo	8,0	8,1



### **3.2 Avaliação da germinação**

Pela análise da germinação das sementes dos híbridos Helio 250 e Helio 251 (Figura 1), foi evidenciada uma tendência de redução na qualidade das sementes com o decorrer do armazenamento, independente do ambiente testado, a partir do quarto mês de armazenamento.

Estes resultados vêm comprovar os encontrados por Grisi et al., (2007) que concluíram que a qualidade fisiológica das sementes de girassol dos mesmos genótipos utilizados neste estudo, foi afetada negativamente com o avanço do tempo de armazenamento, tanto para a condição de armazém convencional quanto para a condição de câmara fria, o que demonstra a susceptibilidade dessas sementes a deterioração no armazenamento em curto prazo.

De maneira geral, a condição de câmara fria em relação ao armazém convencional propiciou melhor conservação da qualidade fisiológica das sementes de girassol. Para ambos os híbridos, as sementes armazenadas em câmara fria obtiveram porcentagens médias de germinação superiores quando embaladas em papel trifoliado. De modo semelhante, Camargo (2003) observou que, sob condição de câmara refrigerada, os tratamentos de armazenamento em embalagem de papel foram um dos melhores com relação à porcentagem de germinação de sementes de milho doce. Segundo Cavasin (2001), para o armazenamento de sementes de girassol pode-se utilizar câmara fria entre 10 °C e 15 °C, embalando as sementes em sacos de papel.

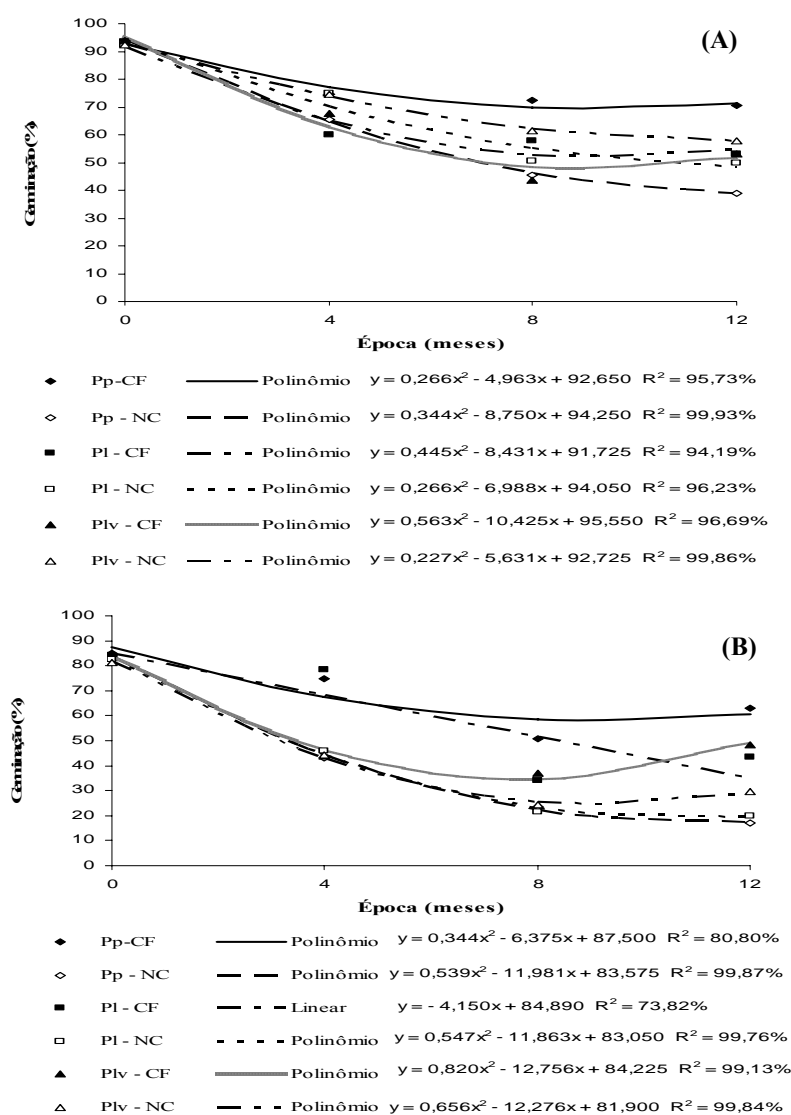


Figura 1 Germinação (%) de sementes dos híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (Câmara fria – CF; Armazém convencional – NC; Embalagem papel – Pp; Embalagem Plástica – Pl; Embalagem plástica a vácuo – Plv).

Vale ressaltar, na última época de armazenamento em armazém convencional, o resultado de germinação das sementes do híbrido Helio 250 embaladas em papel. A porcentagem de germinação foi de apenas 39% (Tabela 2, ANEXO A), devido à elevada incidência do fungo *Aspergillus* spp. Geralmente, as espécies de *Aspergillus* sp. prejudicam a qualidade das sementes durante o armazenamento, causando reduções ou perda do poder germinativo, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, culminando com o aumento da velocidade de deterioração (MACHADO, 1988).

Na pesquisa, foram constatados melhores resultados de germinação nas sementes do híbrido Helio 250 armazenadas em armazém convencional e embaladas em plástico com e sem restrição de oxigênio em relação às sementes embaladas em papel multifoliado. No oitavo mês, destaca-se a superioridade do desempenho germinativo das sementes embaladas a vácuo, armazenadas sem controle de temperatura ambiente. Bass, Clark e James (1963) avaliaram o efeito de atmosferas controladas na qualidade de sementes de girassol e gergelim armazenadas testando atmosferas modificadas com o uso de dióxido de carbono, nitrogênio, hélio, argônio e vácuo parcial de oxigênio. Foi verificada significativa vantagem no uso dessas atmosferas em substituição ao ar natural para o armazenamento das sementes e também se comprovou a grande influência da temperatura ambiente e do grau de umidade das sementes sobre a taxa de deterioração das mesmas.

A eficiência do uso de embalagens a vácuo em armazém convencional na preservação da longevidade de sementes foi comprovada por Bee e Barros, (1999); Camargo e Carvalho, (2008) e Yeh et al., (2005). De acordo com Santos (2010), o armazenamento de sementes de mamona embaladas a vácuo em temperaturas próximas a 25 °C propicia melhor conservação das sementes, e que, a utilização da restrição de oxigênio nas embalagens a vácuo associada a baixas temperaturas de armazenamento, reduz drasticamente a qualidade

fisiológica das sementes, corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho para sementes de girassol. No entanto, os resultados dessa aplicação têm sido contraditórios, devido principalmente, aos diferentes procedimentos empregados pelos pesquisadores e a eficácia obtida na conservação das sementes tem variado entre espécies e cultivares testadas.

### **3.3 Emergência de plântulas**

Pelos resultados do teste de emergência de plântulas realizado em condições controladas, observa-se, para as sementes do híbrido Helio 250 (Figura 2), que não houve diferenças entre os tipos de embalagens utilizadas na condição de câmara fria durante o período armazenamento e que todos os tratamentos mantiveram elevada porcentagem de emergência de plântulas após 12 meses. Albuquerque e Carvalho (2003) constataram que o uso de sementes de girassol de alto vigor proporcionou maior emergência das plântulas.

Na condição ambiente, é possível observar que as sementes de girassol tiveram uma tendência de redução em seu potencial fisiológico após o oitavo mês de armazenamento, embora, nesse período, as sementes embaladas a vácuo tenham se destacado por preservar a qualidade das sementes, enquanto que os demais tratamentos registraram queda no vigor das sementes.

Com relação a esse teste, nota-se que a porcentagem de emergência foi superior quando comparada à porcentagem de germinação. Isso, provavelmente, ocorreu devido à ausência de ataque de patógenos na ocasião da realização do teste, o qual foi efetuado em bandejas com terra e areia.

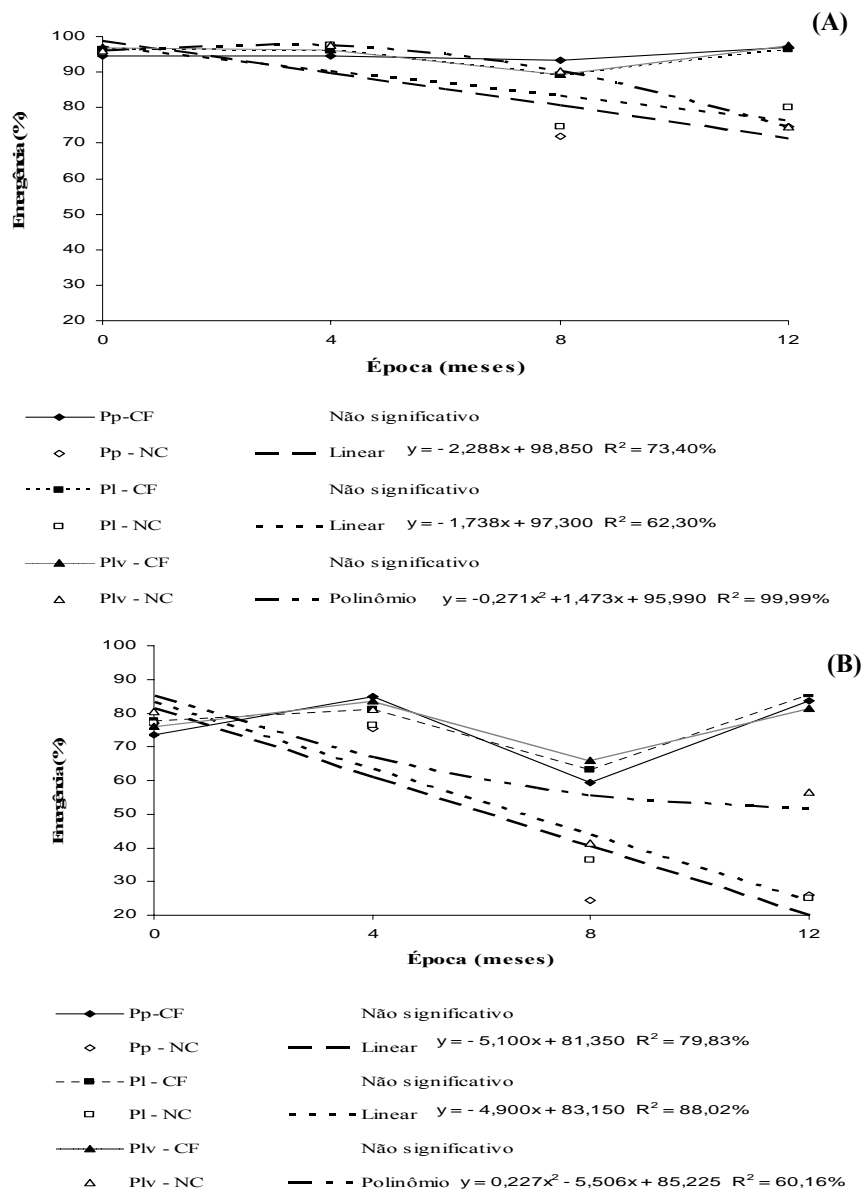


Figura 2 Emergência de plântulas (%) para os híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (Câmara fria – CF; Armazém convencional – NC; Embalagem papel – Pp; Embalagem Plástica – PI; Embalagem plástica a vácuo – PIV).

Para o híbrido Helio 251 (Figura 2), verifica-se que o de ambiente câmara fria também não influenciou os resultados de emergência de plântulas em nenhuma das embalagens testadas durante o período de armazenamento, mesmo ocorrendo na época oitavo, redução no vigor das sementes, devido à incidência de fungos associados às sementes. Conforme Tanaka, Maeda e Plazas (2001) é importante observar que apesar de a condição de baixa temperatura ser favorável à conservação da qualidade das sementes, corroborando com os dados obtidos nessa pesquisa pelo teste de germinação (Figura 1), nesta condição, a viabilidade de alguns fungos é favorecida.

O decréscimo no vigor das sementes armazenadas em todas as embalagens testadas foi drástico na condição ambiente não controlado do oitavo mês em diante, chegando a registrar apenas 25% de plântulas emergidas provenientes de sementes embaladas em papel. De acordo com Matthews (1985) a principal consequência da deterioração de sementes é a redução dos valores de germinação, entretanto, isso é frequentemente precedido pela redução da emergência de plântulas.

Por meio desses resultados, infere-se que, as demais condições de armazenamento também obtiveram reduções no vigor das sementes, porém, seguindo a tendência de a embalagem plástica com acondicionamento a vácuo armazenada em ambiente sem controle de temperatura ser a melhor condição para a conservação das sementes de girassol em longo prazo.

### **3.4 Envelhecimento acelerado**

Analisando as curvas respostas do envelhecimento acelerado das sementes de girassol, nota-se a tendência decrescente na germinação de todas as condições de armazenamento testadas para ambos os híbridos (Figura 3), sendo que o decréscimo na germinação foi mais acentuado em condições de ambiente

sem controle de temperatura. Isto se baseia no fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente através de sua exposição em níveis muito adversos de temperatura e umidade relativa. Nessas condições, sementes de menor qualidade deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, com reflexos na germinação após o período de envelhecimento acelerado (TORRES; MARCOS FILHO, 2001).

De acordo com o vigor estimado pelo envelhecimento acelerado das sementes do híbrido Helio 250 foi determinado que o armazenamento em câmara fria foi eficiente na preservação da qualidade fisiológica em comparação a condição ambiente até o final do período de armazenamento e nesse ambiente, deve-se destacar o vigor das sementes embaladas em papel. No entanto, para o armazenamento a temperatura ambiente, resultados mais favoráveis à conservação das sementes de girassol foram obtidos utilizando-se embalagens plásticas com condição de vácuo.

Verifica-se que as sementes do híbrido Helio 251 armazenadas em ambiente não controlado tiveram seu potencial fisiológico reduzido aos quatro meses. Ressalta-se que, nessa condição, a deterioração foi mais acentuada quando as sementes foram armazenadas em embalagens de papel e em embalagens plásticas sem acondicionamento a vácuo. No ambiente de câmara fria associado à embalagem papel as sementes de girassol mantiveram seu potencial fisiológico até o quarto mês de armazenamento. Após esse período, o vigor das sementes reduziu significativamente. O teste de envelhecimento acelerado reduziu o poder germinativo das sementes de girassol, o que foi constatado principalmente pela elevada ocorrência de plântulas anormais (QUEIROGA, 1992).

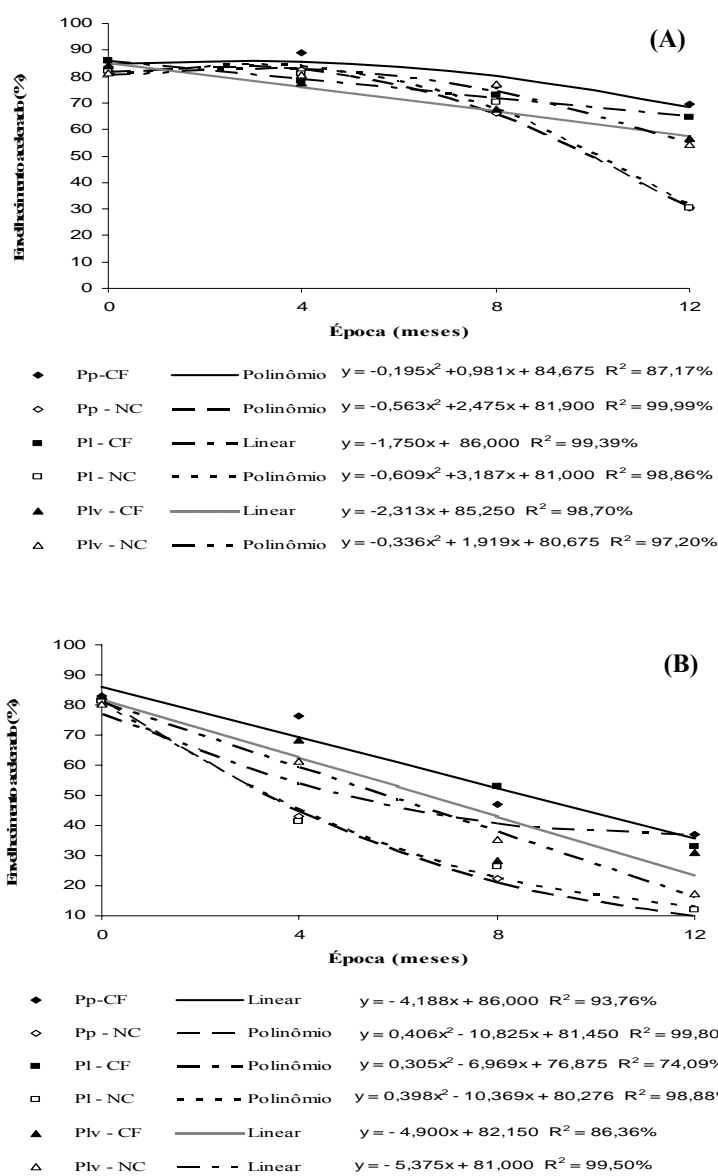


Figura 3 Envelhecimento acelerado (%) para os híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (Câmara fria – CF; Armazém convencional – NC; Embalagem papel – Pp; Embalagem Plástica – Pl; Embalagem plástica a vácuo – Plv).



### **3.5 Condutividade elétrica**

Em relação à condutividade elétrica das sementes do híbrido Helio 250 (Figura 4), não houve diferenças entre os tipos de embalagem utilizadas, independente do ambiente de armazenamento. Verifica-se também tendência de aumento dos valores de condutividade das sementes de girassol com o decorrer do armazenamento. De acordo com alguns autores (FESSEL et al., 2006; FESSEL, 2001; PANOBIANCO; VIEIRA; PERECIN, 2007; VIEIRA; TEKRONY; EGLI, 2001;) os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento, sugerindo que a deterioração das sementes em temperaturas baixas parece não estar relacionada com a perda da integridade das membranas celulares, uma vez que, à temperatura de 10 °C, os danos causados às membranas não ocorrem na mesma intensidade que no armazenamento à temperaturas entre 20 °C e 25 °C.

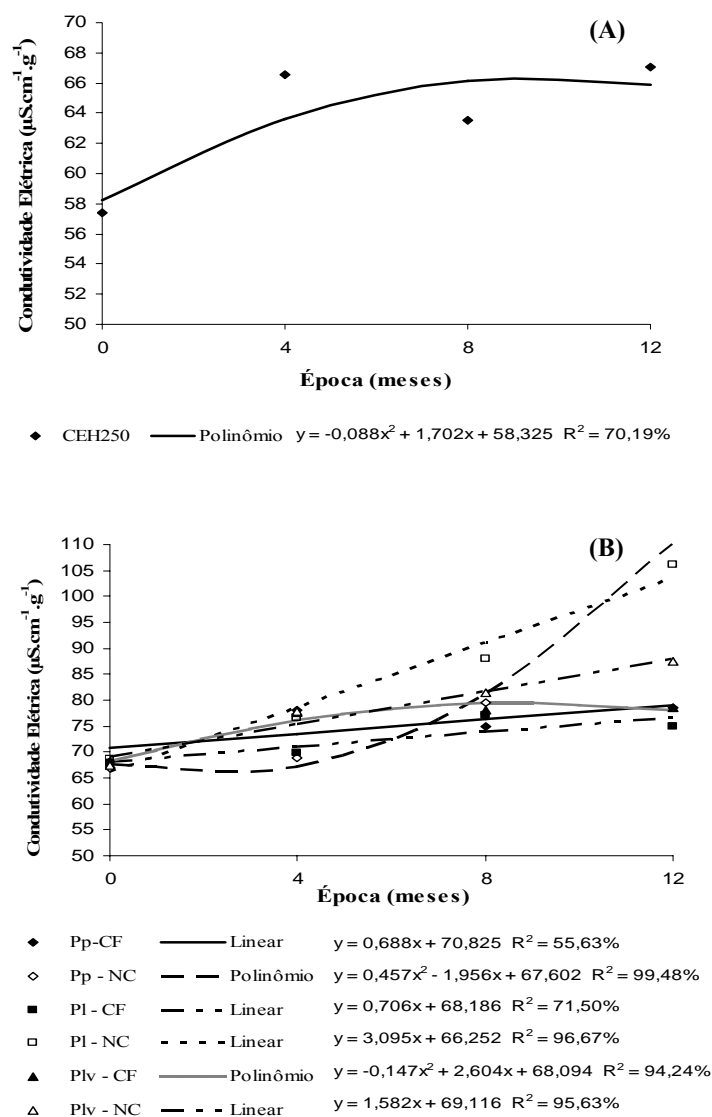


Figura 4 Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para os híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (Câmara fria – CF; Armazém convencional – NC; Embalagem papel – Pp; Embalagem Plástica – Pl; Embalagem plástica a vácuo – Plv).

Nota-se que, no ambiente de câmara fria, também não foram detectadas diferenças na condutividade elétrica das sementes de girassol do híbrido Helio 251 (Figura 4) entre as embalagens testadas, embora, nos resultados obtidos pelos testes de germinação e envelhecimento acelerado, diferentes níveis de vigor entre os tratamentos foram observados. Esse resultado corrobora com Ferguson (1988), que armazenou sementes de soja a 10°C e observou que as sementes tiveram sua qualidade fisiológica reduzida, quando avaliadas pelos testes de germinação (Figura 1) e teste de envelhecimento acelerado (Figura 3); entretanto, o teste de condutividade elétrica não detectou esta redução.

Na condição de armazenamento em armazém convencional, as sementes embaladas a vácuo tiveram uma baixa lixiviação de solutos em relação às demais, ao final do período de 12 meses, comprovando que a restrição de oxigênio aliada ao armazenamento em condição de temperatura não controlada propicia resultados satisfatórios com relação à conservação de sementes de girassol.

### **3.6 Teor de óleo**

Com relação ao teor de óleo obtido das sementes do híbrido Helio 250 (Figura 5), durante os doze meses de armazenamento, não foram detectadas diferenças entre as embalagens testadas e a baixa temperatura de armazenamento, embora se constate a tendência decrescente no teor de óleo das sementes de girassol com o decorrer do período de armazenagem. Resultados semelhantes foram obtidos por Balesevic-Tubic et al., (2007) que não observaram nenhuma mudança significativa no teor de óleo durante o armazenamento de sementes de girassol, tanto em câmara fria quanto em condições naturais por 12 meses.

Gidrol et al., (1989) e Vrbaski et al., (1996) mencionam um decréscimo no conteúdo total de lipídeos durante o envelhecimento de sementes de girassol. Segundo Beratliet e Iliescu, (1997) quando se eleva o grau de umidade da semente e a temperatura de armazenamento, as enzimas que participam ativamente do metabolismo de lipídeos são levadas a fazer uso desses lipídeos no processo de respiração, causando significativa redução no teor de óleo em sementes de girassol. Esse fato coincide com os resultados obtidos nesse trabalho durante a época oito para as sementes do híbrido Helio 250, devido ao aumento da temperatura e umidade relativa do ar. Koutroubas, Papakosta e Doitsinis (2000) salientam que as condições de armazenamento interferem decisivamente no teor de óleo de sementes de mamona, especialmente temperatura e a umidade relativa do ar.

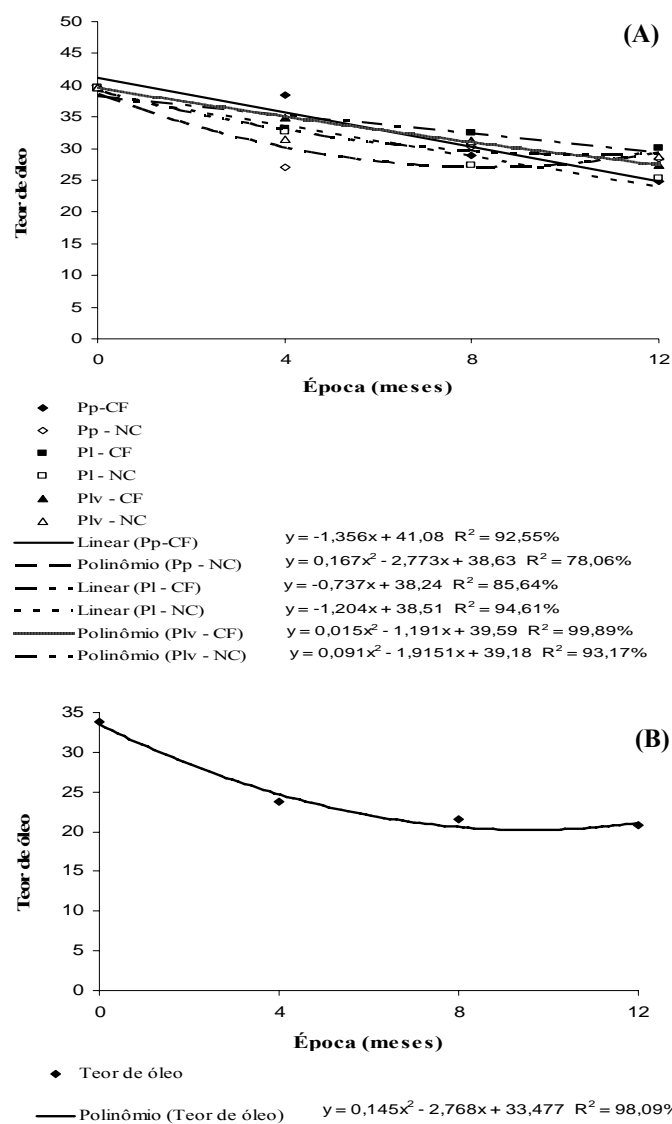


Figura 5 Teor de óleo (%) nas sementes dos híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (Câmara fria – CF; Armazém convencional – NC; Embalagem papel – Pp; Embalagem Plástica – Pl; Embalagem plástica a vácuo – Plv).

Os tratamentos testados para as sementes do híbrido Helio 251 (Figura 5) não diferiram entre si, em relação ao teor de óleo extraído, entretanto, é notória a tendência de redução no teor de óleo nas sementes de girassol ao longo do armazenamento. Ferguson, Tekrony e Egli (1990), também não verificaram nenhuma mudança no conteúdo total de óleo durante o envelhecimento natural de sementes de soja. Martini e Anon (2005) estudaram a influência do armazenamento de sementes de girassol, em diferentes temperaturas e épocas, sobre a qualidade do óleo em termos de conteúdo de cera e composição química e verificaram que a quantidade de óleo extraída não apresentou diferenças significativas entre as condições de armazenamento. É importante ressaltar que a autoxidação de lipídeos e o aumento no conteúdo de ácidos graxos livres durante o período de armazenamento são as principais causas da rápida deterioração de sementes de plantas oleaginosas, como o girassol (BALESEVIC-TUBIC et al., 2005; REUZEAU; CAVALIÉ, 1995).

### **3.7 Teste de sanidade**

Pelos resultados médios da incidência de fungos patogênicos encontrados nas sementes de girassol dos híbridos Helio 250 (Tabela 2) e Helio 251 (Tabela 3), observou-se um maior percentual de contaminação pelos fungos dos gêneros *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp., independente da condição de armazenamento das sementes de girassol, durante os 12 meses em que permaneceram armazenadas. Principalmente para as sementes do híbrido Helio 250, nota-se maior incidência de patógenos nas sementes embaladas em papel e armazenadas em tanto em armazém convencional quanto sob condição de câmara fria.

Tabela 2 Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de girassol, híbrido Helio 250, em função da condição de armazenamento.

Época	Condição de armazenamento	Fungo (%)			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>
0	C.F - Papel	15	22	0	3
	C.F - Plástico	12	15	0	0
	C.F - Vácuo	12	22	0	0
	AC - Papel	18	20	0	1
	AC - Plástico	20	11	0	0
	AC - Vácuo	13	12	0	0
4	C.F - Papel	33	11	7	0
	C.F - Plástico	51	7	0	0
	C.F - Vácuo	40	9	0	0
	AC - Papel	34	4	3	0
	AC - Plástico	52	10	0	0
	AC - Vácuo	21	5	2	0
8	C.F - Papel	39	44	13	10
	C.F - Plástico	25	45	0	3
	C.F - Vácuo	47	46	6	0
	AC - Papel	33	53	3	8
	AC - Plástico	48	43	6	4
	AC - Vácuo	44	43	4	4
12	C.F - Papel	30	41	3	0
	C.F - Plástico	16	39	0	0
	C.F - Vácuo	25	57	0	0
	AC - Papel	81	12	0	0
	AC - Plástico	25	13	0	0
	AC - Vácuo	14	10	0	0

As espécies de *Aspergillus* spp., estão associadas às condições ambientais durante o período de armazenamento e às características das sementes, especialmente o estado físico, teor de água e inóculo inicial que regulam a atividade desses fungos. Essas espécies depreciam a qualidade das sementes, pois são capazes de invadir e degradar os tecidos embrionários produzindo toxinas que reduzem a capacidade germinativa e provocam descoloração, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes,

características essas favoráveis ao aumento da velocidade de deterioração (GOULART, 2007; MACHADO, 1988; MENTEN et al., 2005).

Tabela 3 Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de girassol, híbrido Helio 251, em função da condição de armazenamento.

Época	Condição de armazenamento	Fungo (%)			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>
0	C.F - Papel	12	0	0	1
	C.F - Plástico	10	4	0	0
	C.F - Vácuo	2	4	0	0
	AC - Papel	14	3	0	0
	AC - Plástico	12	2	0	1
	AC - Vácuo	10	3	0	0
4	C.F - Papel	42	3	2	0
	C.F - Plástico	17	8	0	0
	C.F - Vácuo	34	1	0	0
	AC - Papel	40	2	2	0
	AC - Plástico	34	8	0	0
	AC - Vácuo	34	1	1	0
8	C.F - Papel	72	48	2	3
	C.F - Plástico	62	50	15	1
	C.F - Vácuo	61	49	24	7
	AC - Papel	49	37	10	10
	AC - Plástico	55	37	10	11
	AC - Vácuo	45	51	6	13
12	C.F - Papel	14	21	0	0
	C.F - Plástico	12	26	1	0
	C.F - Vácuo	1	2	0	0
	AC - Papel	9	22	6	0
	AC - Plástico	2	9	0	0
	AC - Vácuo	6	34	6	0

É importante destacar o comportamento semelhante entre os dois genótipos de girassol em relação à incidência de *Fusarium* spp. nas sementes, detectada apenas no oitavo mês de armazenamento. Esse fato está diretamente relacionado ao decréscimo dos valores de germinação (Figura 1) e emergência



de plântulas (Figura 2), verificados nessa época de armazenamento. Gomes et al. (2006), comparando os resultados obtidos para a incidência de fungos e a qualidade fisiológica em sementes de girassol, observaram que os fungos detectados não tiveram influência sobre o vigor e germinação, mas que os baixos percentuais de vigor do genótipo Hélio 251 e os baixos índices de plântulas normais do genótipo Hélio 250 também estavam relacionados com as altas porcentagens de sementes infectadas com *Fusarium* sp. Segundo Silva et al. (2007), o gênero *Fusarium* foi encontrado em sementes de girassol com incidência média de 72 e 85%, respectivamente, nas condições de armazenamento em temperatura ambiente e sob condição de refrigeração (4 °C).

A ocorrência dos mesmos patógenos encontrados nas sementes de girassol nesse trabalho, também foi reportada para a espécie por alguns autores. Solanke et al. (1997), observaram que sementes de girassol sem tratamento fungicida apresentaram queda de germinação de 91% para 67%, ao longo de 36 meses de armazenamento, devido, principalmente, aos patógenos *Fusarium* spp., *Alternaria alternata* e *Macrophomina*. De acordo com Grisi et al., (2009) para as sementes de girassol sem tratamento fungicida constatou-se, um predomínio do fungo *Rhizopus* spp., seguido do *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. Segundo Aguiar et al., (2001) que avaliaram, além da qualidade física e fisiológica, a qualidade sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos, foi verificado que a maior incidência de fungos foi detectada para *Alternaria* spp., seguida de *Penicillium* spp.

Houve um aumento na incidência do fungo *Penicillium* sp com o decorrer do período de armazenamento, salientando seu pico de infecção aos oito meses de armazenamento, para ambos os genótipos. O controle desse patógeno é importante, uma vez que é comum sua invasão nas sementes após a colheita, principalmente quando esta for retardada ou se houver demora no início do processo de secagem. Todo esse evento pode resultar em redução de

germinação das sementes e emergência de plântulas no campo (GOULART, 2005).

### **3.8 Análises isoenzimáticas**

Os perfis isoenzimáticos obtidos para as sementes de girassol, de ambos os genótipos, em função da época e das condições de armazenamento revelaram para a superóxido dismutase - SOD (Figura 6), um decréscimo na sua atividade a partir da época quatro; nas épocas subsequentes, não foi possível detectar a atividade dessa enzima nos tratamentos testados. Tais resultados condizem com os encontrados por Sung e Jeng (1994), em sementes de amendoim e Goel, Goel e Sheoran (2003), em sementes de algodão, que observaram a redução na atividade da SOD durante o envelhecimento das sementes. Segundo Balesevic-Tubic et al. (2005), a atividade da superóxido dismutase decresceu durante o envelhecimento natural de sementes de girassol, sendo esta redução especialmente evidenciada na ocasião da realização do teste de envelhecimento acelerado nas sementes.

Bailly et al., (1996) constataram que a perda da viabilidade de sementes de girassol, que apresenta alto teor de óleo, está associada ao decréscimo na atividade da superóxido dismutase devido ao envelhecimento da semente estimular a peroxidação de lipídeos e a redução da atividade de enzimas removedores de peróxido como a peroxidase e a superóxido dismutase. O nível da atividade da SOD no armazenamento de sementes pode ser um fator significativo na determinação do grau de proteção das sementes contra o estresse oxidativo (BOWLER et al., 1994).

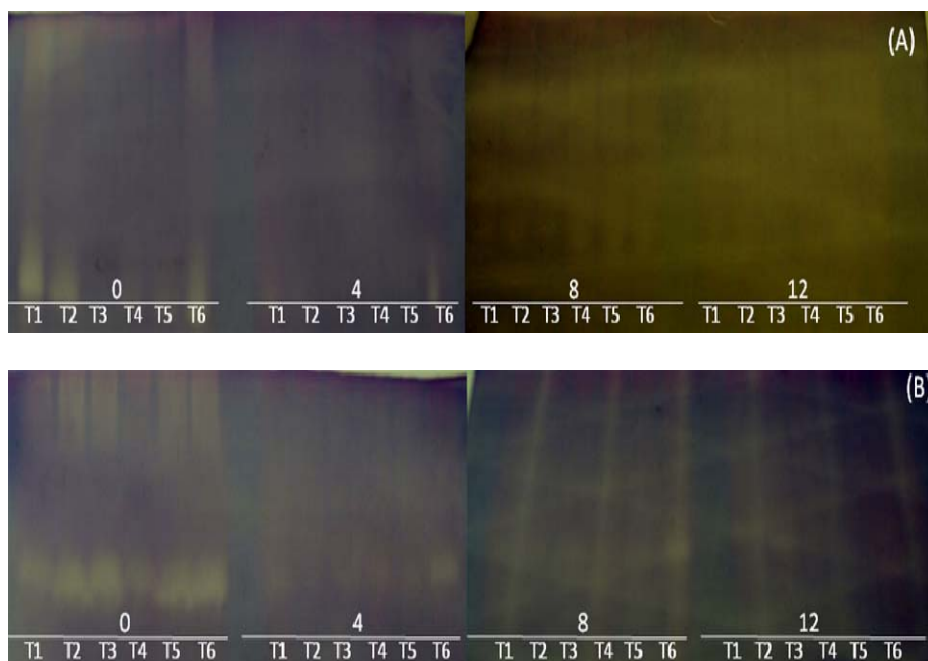


Figura 6 Padrões isoenzimáticos de sementes de girassol, híbrido Helio 250 (A) e Helio 251 (B) submetidas a diferentes épocas (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1 - Plástico câmara fria; T2 - Papel câmara fria; T3 - Vácuo câmara fria; T4 - Plástico armazém convencional; T5 - Papel armazém convencional; T6 - Vácuo armazém convencional) reveladas para a enzima superóxido dismutase (SOD).

Verificou-se, para a enzima álcool desidrogenase - ADH (Figura 7), uma diminuição da intensidade de bandas com o aumento do período de armazenamento das sementes do híbrido Helio 251, independente se armazenadas em armazém convencional ou câmara fria. No entanto, deve-se ressaltar que, aos quatro e oito meses de armazenamento a frio foi verificada maior atividade da ADH nas sementes acondicionadas a vácuo.

Esse comportamento é devido à redução da disponibilidade de oxigênio, causando, assim, a ativação da rota anaeróbica de respiração. Fato semelhante

foi observado para as sementes do híbrido Helio 250 armazenadas a 10 °C em embalagem a vácuo, na época doze. Esses resultados são coincidentes com as alterações na qualidade fisiológica observadas nos teste de germinação, emergência e envelhecimento acelerado. De maneira semelhante, Santos (2010) verificou um aumento na atividade da ADH em sementes de mamona, cultivar IAC-226, armazenadas em câmara fria e embaladas a vácuo após oito e doze meses de armazenamento.

A enzima álcool desidrogenase (ADH) participa de reações de oxireductase, agindo mais especificamente na oxidrila alcoólica atuando no metabolismo anaeróbico de plantas, reduzindo o acetaldeído a etanol (BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2005). Em estudos sobre os efeitos de voláteis endógenos no processo de deterioração de sementes, Zhang et al. (1994) verificaram que o acetaldeído pode ser um importante fator que acelera a deterioração de sementes, independente do ambiente de armazenamento, enquanto o etanol causa deterioração somente sob umidades relativas altas.

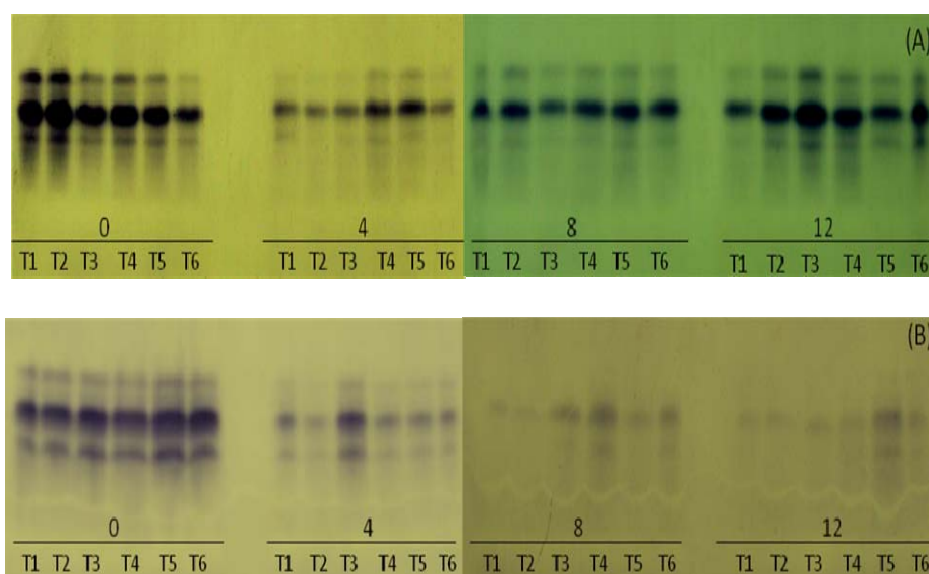


Figura 7 Padrões isoenzimáticos de sementes de girassol, híbrido Helio 250 (A) e Helio 251 (B), submetidas a diferentes épocas (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1 - Plástico câmara fria; T2 - Papel câmara fria; T3 - Vácuo câmara fria; T4 - Plástico armazém convencional; T5 - Papel armazém convencional; T6 - Vácuo armazém convencional) reveladas para a enzima álcool desidrogenase (ADH).

Para a enzima malato desidrogenase - MDH (Figura 8), não foram observadas variações na atividade da enzima, em ambos os híbridos estudados, que pudessem estar associadas à redução observada na qualidade fisiológica das sementes. Segundo Scandális (1974), a MDH é encontrada em associação a uma grande quantidade de organelas o que pode conferir uma estabilidade na atividade dessa enzima, no decorrer no armazenamento. Codificada por cinco locos a enzima malato desidrogenase encontra-se compartimentalizada em pequenas organelas, mitocôndrias e no citosol (CAMARGO; CARVALHO, 2008; GOODMAN; STUBER, 1987). Tal característica talvez configure uma das dificuldades no uso da ADH como um marcador seguro de alterações

deteriorativas em sementes. O estudo de alterações na atividade de enzimas-chaves dentro do processo respiratório em semente é justificado pela hipótese de que o dano à membrana mitocondrial seria um evento primário da deterioração da semente (FERGUNSON; TEKRONY; EGLI, 1990).

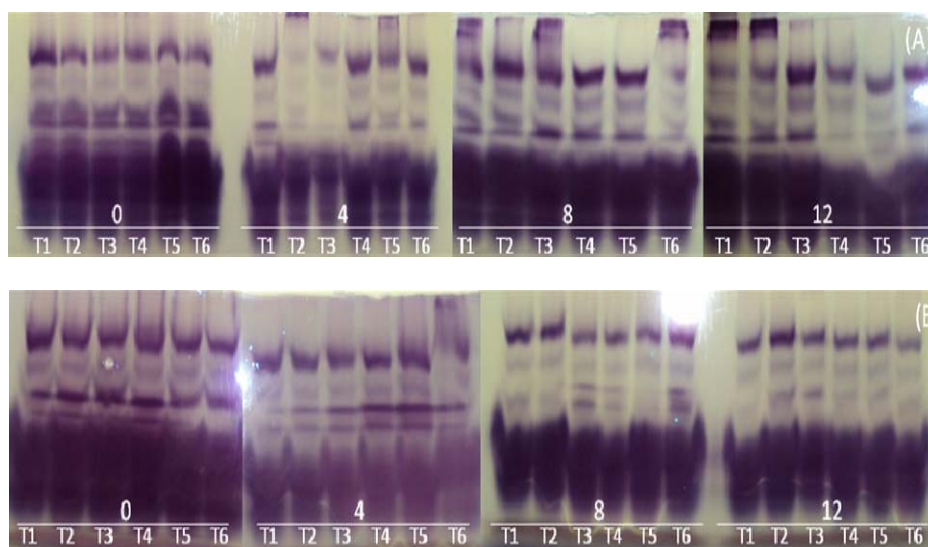


Figura 8 Padrões isoenzimáticos de sementes de girassol, híbrido Helio 250 (A) e Helio 251 (B), submetidas a diferentes épocas (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1 - Plástico câmara fria; T2 - Papel câmara fria; T3 - Vácuo câmara fria; T4 - Plástico armazém convencional; T5 - Papel armazém convencional; T6 - Vácuo armazém convencional) reveladas para a enzima malato desidrogenase (MDH).

#### 4 CONCLUSÕES

- A resposta ao armazenamento de sementes de girassol em câmara fria ou armazém convencional varia em função da embalagem utilizada.
- O armazenamento em câmara fria é mais eficiente na conservação da qualidade das sementes de girassol e, nesse ambiente, o armazenamento em embalagem de papel é o mais adequado.
- A conservação de sementes de girassol em armazém convencional em embalagem plástica a vácuo propicia a manutenção da qualidade.
- Alterações na qualidade fisiológica de sementes girassol armazenadas em diferentes condições são detectadas pela análise dos sistemas enzimáticos álcool desidrogenase e superóxido dismutase, o que não ocorre em relação ao sistema malato desidrogenase.
- Independente das condições em que são armazenadas, nas sementes de girassol, a incidência dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. é favorecida no decorrer do armazenamento.
- O teor de óleo nas sementes de girassol decresce ao longo do tempo, independente da condição de armazenamento.

## REFERÊNCIAS

ADAMO, P. E.; SADER, R.; BANZATTO, D. A. Influência do tamanho na produção e qualidade de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 9-14, dez. 1984.

AGUIAR, R. H. et al. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 134-139, jun. 2001.

ALBUQUERQUE, M. C. F.; CARVALHO, N. M. Effects of the environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L. Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 465-479, Dec. 2003.

ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 574 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 88 p. (Contribution, 32).

AZEREDO, G. A. et al. Conservação de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função do beneficiamento, embalagem e ambiente de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 37-44, jun. 2005.

BAILLY, C. et al. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiologia Plantarum**, Bratislava, v. 97, n. 1, p. 104-110, Jan. 1996.

BALESEVIC-TUBIC, S. et al. Changes of fatty acids content and vigor of sunflower seed during natural aging. **Helia**, Serbia, v. 30, n. 47, p. 61-68, Dec. 2007.



BALESEVIC-TUBIC, S. et al. Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. **Helia**, Serbia, v. 28, n. 42, p.107-114, 2005.

BASS, L. N.; CLARK, D. C.; JAMES, E. Vacuum and inert-gas storage of safflower and sesame seeds. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 3, p. 237-240, May 1963.

BEE, R. A.; BARROS, A. C. S. A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p.120-126, dez. 1999.

BERATLIEF, C.; ILIESCU, H. Highlights of proper sunflower seed storage. **Helia**, Serbia, v. 20, n. 26, p. 121-137, 1997.

BOWLER, C. et al. Superoxide dismutase in plants. **Plant Science**, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 199-218, Jan. 1994.

BRANDÃO JÚNIOR, D. S. et al. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 184, jul./ago. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SND/CLAV, 2009. 398 p.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2005. 1367 p.

CAMARGO, R. **Armazenamento de sementes de milho doce**. 2003. 88 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CAMARGO, R.; CARVALHO, M. L. M. Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 131-139, jun. 2008.

CANEPPELE, M. A. B. et al. Influência da embalagem, do ambiente e do período de armazenamento na qualidade de sementes de cebola (*Allium cepa*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 249-257, ago. 1995.

CARTER, J. F. **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505 p. (Series Agronomy, 19).

CARVALHO, C. G. P. et al. **Informes de avaliação de genótipos de girassol, 2002/2003**. Londrina: Embrapa/CNPS, 2003. 97 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CAVASIN, P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 69 p.

CHRISTENSEN, C. M. Microflora and seed deterioration. In: ROBERTS, E. H. (Ed.). **Viability of seeds**. Syracuse: Syracuse University, 1972. p. 59-93.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: nono levantamento, junho 2009**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 21 nov. 2009.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-252, July 1973.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol: alguns comentários**. Florianópolis: MAPA/CONAB/SUGOF, 2002. 10 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Semente-deGirassol.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2009

FERGUSON, J. M. **Metabolic and biochemical changes during the early stages of soybean seed deterioration**. 1988. 138 p. Thesis (Ph.D.) - University of Kentucky, Lexington, 1988.

FERGUSON, J. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. M. Changes during early soybean seed and axes deterioration: (II) lipids. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 1, p. 179-182, Jan. 1990.

FESSEL, S. A. **Condutividade elétrica em sementes de soja em função da temperatura e do período de armazenamento**. Jaboticabal: 2001. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2001.

FESSEL, S. A. et al. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, out. 2006.

GIDROL, X. et al. Biochemical changes induced by accelerated aging in sunflower seeds. I. Lipid peroxidation and membrane damage. **Physiology Plant**, Berne, v. 89, n. 2, p. 591-597, Feb. 1989.

GOEL, A.; GOEL, A. K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 160, p. 1093-1100, 2003.

GOMES, D. P. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de girassol cultivadas em Timon, MA. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 291-293, Apr./June 2006.

GOODMAN, M. M.; STUBER, C. W. Mayze. In: TANKSLEY, S. D.; ORTON, T. J. **Isoenzymes in plants genetics and breeding (Part B)**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 1-33.

GOULART, A. C. P. Suscetibilidade de cultivares de algodoeiro a *Rhizoctonia solani* e benefícios do tratamento de sementes com fungicidas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 222-228, Aug./Out. 2007.

GOULART, A. C. P. Tratamento de sementes de soja com fungicidas. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 451-478.

GRISI, P. U. et al. Efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária das sementes de girassol tratadas com fungicidas e inseticidas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 1-11, July/Aug. 2009.

GRISI, P. U.; SANTOS, C. M. Influência do armazenamento, na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 1, n. 7, p. 14-17, 2007.

HARRINGTON, J. F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 3, p. 701-709, Dec. 1973.

HENNING, A. A. et al. Embalagem de sementes de soja para armazenamento em regiões tropicais e subtropicais. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 88, 2001.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 33-41, Jan. 2000.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107 p.

MARTINI, S.; ANON, M. C. Storage of sunflower seeds: variation on the wax content of the oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 107, n. 2, p. 74-79, Feb. 2005.

MATTHEWS, S. Physiology of seeds ageing. **Outlook of Agriculture**, Wallingford, v. 14, n. 2, p. 89-94, Feb. 1985.

MENTEN, J. O. M. et al. Evolução dos produtos fitossanitários para tratamento de sementes no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 333-374.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. 2. ed. London: MacMillan, 1979. v. 1, 839 p.

NEW, J. H. Studies on vacuum packing of seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 16, n. 3, p. 715-723, Dec. 1988.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 119-124, 2007.

QUEIROGA, V. P. Teste de envelhecimento precoce e condutividade elétrica em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Agropecuária Técnica**, Brasília, v. 13, n. 1/2, p. 3-9, fev. 1992.

REUZEAU, C.; CAVALIÉ, G. Activities of free radical processing enzymes in dry sunflowers seeds. **New Phytologist**, Cambridge, v. 130, n. 1, p. 59-66, May 1995.

ROBERTSON, J. A.; ROBERTS, R. G.; CHAPMAN JÚNIOR, G. W. Changes in oil-type sunflower seed stored at 20°C at three moisture levels. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, Chicago, v. 62, n. 12, p. 1335-1339, Dec. 1985.

ROSSI, R. O. **Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998. 333 p.

SALGADO, A. P. S. P. et al. Rendimento de óleos fixos de sementes de soja (*Glycine max* L.), milho (*Zea mays* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) e sua caracterização química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 10., 2003, Ouro Preto. **Resumos...** Ouro Preto: ABQ, 2003. p. 166.

SANTOS, H. O. **Conservação de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2010. 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SCANDALIOS, J. G. Isozymes in development and differentiation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 25, n. 1, p. 225-258, Jan. 1974.

SILVA, P. V. et al. Fungos associados às sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) em diferentes condições de armazenamento. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 39-42, jan. 2007.

SOLANKE, R. B. et al. Effect of fungicidal seed treatment on seed health of sunflower under storage conditions. **Journal of Manarashtra Agricultural Universities**, Parbhani, v. 22, n. 3, p. 349-352, Mar. 1997.

SUNG, J. M.; JENG, T. L. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated ageing of peanut seed. **Physiologia Plantarum**, Bratislava, v. 91, n. 1, p. 51-55, May 1994.

TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; PLAZAS, I. H. A. Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 501-508, jul./set. 2001.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 108-112, ago. 2001.

VIEIRA, R. D.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 599-608, Dec. 2001.

VRBASKI, Z. et al. Oxidation stability of sunflower oil of altered sunflower after seed storage. **Helia**, Serbia, v. 19, n. 24, p. 73-78, 1996.

WHITE, N. D. G.; JAYAS, D. S. Microfloral infection and quality deterioration of sunflower seeds as affected by temperature and moisture content during storage and the suitability of the seeds for insect or mite infestation. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 73, n. 2, p. 303-313, Apr. 1993.

YEH, Y. M. et al. Partial vacuum extends the longevity of primed bitter melon seeds by enhancing their anti-oxidative activities during storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 101-112, Mar. 2005.

ZHANG, M. et al. A mechanism of seed deterioration in relation to the volatile compounds evolved by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 49-56, Mar. 1994.

### **CAPÍTULO 3**

**Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas**



## RESUMO

A deterioração é um dos grandes problemas do armazenamento de sementes, principalmente das oleaginosas. Estudos recentes têm evidenciado que a eficiência do teste de condutividade elétrica pode ser influenciada pela temperatura de armazenamento das sementes. Este fato sugere que a deterioração da semente, principalmente em baixas temperaturas de armazenamento, pode não estar relacionada diretamente com a perda da integridade das membranas celulares. Assim, o presente estudo foi desenvolvido no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de verificar o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento sobre os resultados do teste de condutividade elétrica em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). As sementes dos híbridos Helio 250 e Helio 251 foram embaladas em papel Kraft multifoliado e armazenadas nas temperaturas: 10 °C (constante); 25 °C (constante) e 25 °C, por seis meses e depois transferidas para 10 °C até o final do período de armazenamento, sendo que a cada três meses, num total de doze meses, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e teor de água. Verificou-se que a qualidade fisiológica das sementes de ambos os híbridos de girassol se manteve até os seis meses de armazenamento e após esse período a qualidade foi afetada negativamente. Pelo teste de condutividade elétrica não foi possível detectar a deterioração de sementes armazenadas nas diferentes temperaturas para o híbrido Helio 250, mas foi possível detectar a evolução da deterioração ao longo do armazenamento para ambos os híbridos. O grau de deterioração e o genótipo interferem nos resultados da avaliação da condutividade elétrica em sementes de girassol.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Qualidade fisiológica. Temperatura de armazenamento. Condutividade elétrica.

## ABSTRACT

The deterioration process is a problem in seed storage, particularly in oleaginous seed. Some research has revealed that conductivity test results may be influenced by storage temperature of seed. This fact suggests that seed deterioration, especially at low temperatures, does not seem to be directly related to the loss of cell membrane integrity. The research was carried out in the Central Laboratory of Seed of the Federal University of Lavras, with objective of verify the effect of different storage temperatures on electrical conductivity results in sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.). Seeds of two sunflower hybrids, Helio 250 and Helio 251, were packaging in layered Kraft paper and stored in following temperatures: 10°C; 25°C and 25/10°C. The physiological quality of seeds was evaluated every three months during 12 months storage period using germination, seedling emergence, accelerated aging and electrical conductivity tests. The physiological quality of seeds both sunflower hybrids remained until six months of storage and after this period, the seed quality was affected negatively. The electrical conductivity test wasn't efficient to detect differences in the deterioration of seeds stored at different temperatures, only for the hybrid Helio 250, but it was possible to detect the evolution of deterioration during storage for both hybrids. The deterioration level and the genotype influences the results of the evaluation of electrical conductivity test in sunflower seed.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Physiological quality. Storage temperatures. Electrical conductivity.

## 1 INTRODUÇÃO

As pesquisas com o girassol (*Helianthus annuus* L.), relativas à área de controle de qualidade de sementes, são essenciais para o estabelecimento da cultura e se justificam pela potencialidade da espécie e pela escassez de informações referentes à tecnologia de conservação de sementes oleaginosas.

O procedimento atualmente utilizado para a determinação da qualidade de sementes de girassol é o teste de germinação (BRASIL, 2009), que apresenta limitações por não detectar variações entre os lotes em estágio inicial de deterioração (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999) e nem sempre revela diferenças de desempenho entre lotes durante o armazenamento ou em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Essas diferenças podem ser elucidadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração ocorrem, geralmente, antes que sejam verificados declínios na capacidade germinativa (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Por essa razão, vários métodos têm sido indicados para avaliar o vigor das sementes como complemento as informações obtidas no teste de germinação.

Os testes de vigor têm sido instrumentos de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes para determinação da qualidade (VIEIRA et al., 2002) a partir da maturidade fisiológica. De acordo com Basra (1995) e Desai, Kotecha e Salunkhe (1997), a degradação do sistema de membranas celulares é a primeira etapa do processo de deterioração de sementes. Desse modo, os testes mais indicados para investigar diferenças sutis de vigor entre diferentes lotes são aqueles que avaliam a estrutura dessas membranas, detectando a deterioração das sementes em sua fase inicial (VIEIRA; CARVALHO, 1994). Dentre as técnicas utilizadas com tal finalidade, o teste de condutividade elétrica tem se destacado na avaliação do vigor em sementes de várias espécies.

O teste de condutividade elétrica é um método rápido e eficiente de determinação do vigor, que visa avaliar indiretamente a intensidade dos danos causados às membranas celulares, resultantes do processo de deterioração da semente. A técnica consiste na quantificação dos eletrólitos liberados pela semente na água de embebição, sendo essa quantidade proporcional ao grau de desorganização da membrana plasmática, seguida de uma redução na perda de solutos, à medida que os tecidos são reidratados, até alcançarem um estado de equilíbrio (SIMON; RAJA HARUN, 1972).

Assim, sementes com qualidade inferior liberam maior quantidade de eletrólitos, em consequência de uma menor permeabilidade seletiva da membrana. Baixos valores de condutividade elétrica correspondem à menor liberação de exsudatos e indicam alto potencial fisiológico, ou seja, menor intensidade de desorganização do sistema de membranas das células (VIEIRA et al., 2002). Além disso, o teste pode ser conduzido sem dificuldades em laboratórios de análise, sem grandes despesas com equipamentos e treinamento de pessoal (SOUZA, 2007).

Segundo Abdul-Baki (1980), durante a embebição, as membranas celulares são reestruturadas, recuperando sua permeabilidade seletiva. Assim, a velocidade de reorganização do sistema de membrana das sementes reflete o seu vigor, pois, quanto menor for o período de reestruturação, menor será a perda de lixiviados para o meio externo. Para Powell (1988), essa capacidade de reorganização é maior em sementes consideradas vigorosas, ou seja, menos deterioradas. A integridade das membranas celulares, determinada pelo grau de alterações bioquímicas deteriorativas e ou danos físicos, pode ser considerada como causa fundamental de diferenças no vigor de sementes.

Existem poucos relatos de pesquisas com ênfase à aplicação do teste de condutividade elétrica para estimar o efeito do armazenamento na qualidade fisiológica da semente. Em alguns estudos verificou-se que os resultados dessa

técnica podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento, sugerindo que a deterioração das sementes em temperaturas mais baixas parece não se relacionar diretamente com a perda da integridade das membranas celulares (PANOBIANCO; VIEIRA, 2007).

Segundo Ferguson (1988), sementes de soja armazenadas a 10 °C tiveram sua qualidade fisiológica reduzida quando avaliadas pelos testes de germinação e envelhecimento acelerado, no entanto, o teste de condutividade elétrica não detectou este fato. De acordo com os resultados obtidos por Vieira et al., (2001), o teste de condutividade elétrica não separou lotes de sementes de soja em diferentes níveis de qualidade, uma vez que, no armazenamento destas sementes à temperatura de 10°C, os danos causados às membranas não ocorrem na mesma intensidade que no armazenamento à temperatura de 20-25 °C.

O teste de condutividade elétrica também não foi apropriado para avaliação do vigor em sementes de soja (FESSEL, 2001; PANOBIANCO; VIEIRA, 2007); milho (FESSEL et al., 2006) e ervilha (PANOBIANCO; VIEIRA; PERECIN, 2007), sob o armazenamento a 10 °C, pois, conforme relato dos autores, a deterioração da semente a essa temperatura parece não estar diretamente relacionada à perda da integridade das membranas, sugerindo tal fato ao seu reparo ou reorganização durante o armazenamento a baixas temperaturas.

Dessa maneira, a pesquisa foi realizada com o objetivo de investigar o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento (10°C; 25°C e 25/10°C) na qualidade de sementes de girassol avaliadas pelo teste de condutividade elétrica.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, no período de maio de 2008 a maio de 2009. Foram utilizadas sementes de dois híbridos de girassol com diferentes teores de óleo, Hélio 250 (alto teor de óleo) e Hélio 251 (baixo teor de óleo). As sementes foram embaladas em sacos de papel Kraft multifoliado e armazenadas nas temperaturas: 10°C (constante); 25°C (constante) e 25°C, por seis meses e, depois, transferidas para 10°C até o final do período de armazenamento. A cada três meses, num total de doze meses de armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes de girassol foi avaliada pelos seguintes testes.

### **2.1 Teor de água**

A determinação do teor de água foi efetuada pelo método de estufa a 105 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se duas repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.2 Teste de germinação**

Realizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. O substrato empregado foi papel toalha na forma de rolo, umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato. Os rolos foram mantidos em germinadores a 25 °C. As contagens foram efetuadas aos quatro e dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009) e os resultados, expressos em porcentagem de plântulas normais.

### **2.3 Emergência de plântulas**

A emergência foi realizada com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em bandejas com mistura de terra e areia na proporção 2:1. A emergência das plântulas foi computada aos dez dias após a semeadura, avaliando-se o número de plântulas emergidas, com resultados expressos em porcentagem.

### **2.4 Envelhecimento acelerado**

Foi conduzido de acordo com a metodologia recomendada pela AOSA (1983). Quatro repetições de 50 sementes por tratamento que foram dispostos sobre uma tela de alumínio em gerbox adaptado. Em cada gerbox foram colocados 40 ml de água e, em seguida, mantidos em BOD, a 42°C, por 48 horas (ADAMO; SADER; BANZATTO, 1984). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme Brasil (2009).

### **2.5 Condutividade elétrica**

O teste de condutividade elétrica foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, que foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos de 200 ml contendo 75 ml de água desionizada (<2,0µmhos/cm de condutividade). Em seguida foram mantidas em BOD, à temperatura constante de 25°C, por 24 horas (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997). Após o período de condicionamento, a condutividade elétrica da solução foi medida por meio de leitura em aparelho condutivímetro da marca Digimed, modelo CD-21, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ .

## **2.6 Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 3x5, correspondente a três temperaturas de armazenamento (10 °C, 25 °C e 25/10 °C) e cinco épocas de avaliação (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Para os resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, emergência e condutividade elétrica as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade e foram realizadas análises de regressão para cada híbrido, separadamente. Também foram calculados os coeficientes de correlação para as combinações entre o teste de condutividade e os demais testes realizados.





### 3.1 Avaliação da germinação

Pelos resultados da análise de germinação das sementes dos híbridos de girassol, Helio 250 e Helio 251 (Figura 1), observa-se, de maneira geral, uma tendência de decréscimo na porcentagem de germinação com o decorrer do período de armazenamento em todas as temperaturas testadas, ressaltando que ambos os genótipos seguiram a tendência de queda na qualidade fisiológica após seis meses de armazenamento. Nota-se que o armazenamento a baixa temperatura propiciou a manutenção da qualidade fisiológica das sementes de girassol em relação àquelas armazenadas a 25 °C.

Para as sementes do híbrido Helio 250, até o sexto mês de armazenamento, não houve diferença entre os tratamentos. Na época nove, apesar da redução na porcentagem de germinação, os dados obtidos a 10 °C foram superiores aos demais tratamentos. O aumento no teor de água das sementes nessa época e a incidência de patógenos associados às sementes podem ter acelerado o processo de deterioração. Comportamento semelhante foi observado para as sementes do híbrido Helio 251, com relação à conservação da qualidade até o sexto mês de armazenamento. De acordo com Harrington (1972), sementes oleaginosas perdem sua viabilidade mais facilmente do que as sementes cujo material de reserva são proteínas e carboidratos, devido à instabilidade do óleo presente em sua composição. Em contrapartida, destaca-se o potencial germinativo das sementes armazenadas a temperatura de 10°C, que mantiveram sua qualidade fisiológica até o final do período de armazenamento.

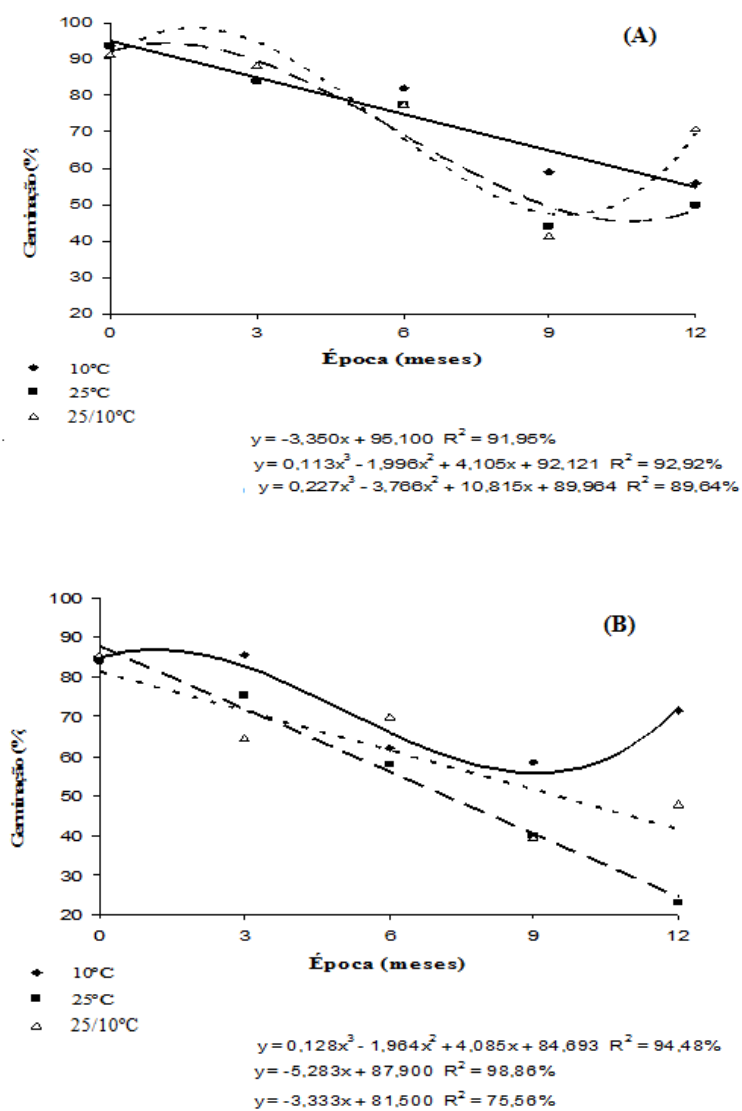


Figura 1 Germinação (%) das sementes dos híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em nas épocas analisadas para as temperaturas estudadas.

### 3.2 Emergência de plântulas

Os dados referentes ao vigor das sementes de girassol, avaliado pelo teste de emergência de plântulas estão representados na Figura 2. Para o híbrido Helio 250, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos testados durante os seis primeiros meses de armazenamento, inclusive com destaque para a elevada porcentagem de emergência. A partir do sexto mês de armazenamento foram verificadas tendências de decréscimo na emergência de plântulas, com exceção do tratamento 25/10°C que foi eficiente na preservação do vigor das sementes até a última avaliação realizada aos doze meses.

As sementes do híbrido Helio 251 apresentaram resultados semelhantes aos obtidos no teste de germinação, enfatizando a tendência de redução no potencial fisiológico das sementes pela diminuição da porcentagem de plântulas emergidas após seis meses de armazenamento nas diferentes temperaturas testadas. Na temperatura de 10°C, o vigor das sementes tendeu a ser mantido durante todo o período de armazenamento, sem alterações significativas. Mais uma vez, esses resultados evidenciam que o armazenamento em baixas temperaturas proporciona uma melhor conservação das sementes de girassol.

É importante ressaltar também a relação entre temperatura de armazenamento e a embalagem utilizada. No presente estudo, as sementes foram mantidas em sacos de papel Kraft, embalagem permeável a trocas gasosas e à água. Assim, as sementes de girassol armazenadas a 10°C tiveram seu processo de deterioração minimizado, o que resultou em um aumento da longevidade. Oliveira (1997), concluiu que a semente de milho armazenada em condições de armazém convencional em embalagem permeável teve acentuada redução no nível de vigor, após 18 meses de armazenamento, enquanto que, na condição de câmara refrigerada, a qualidade fisiológica permaneceu quase inalterada.

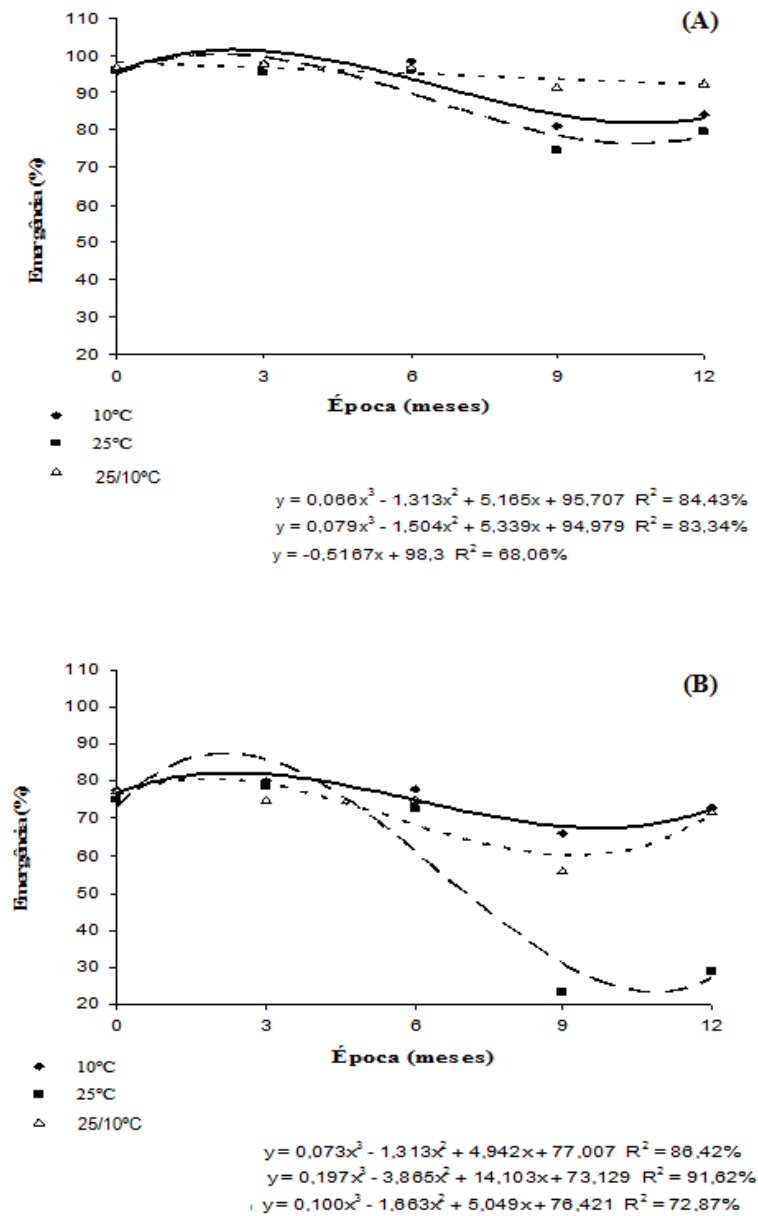


Figura 2 Emergência de plântulas (%) dos híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) em nas épocas analisadas para as temperaturas estudadas.

### 5.3 Envelhecimento acelerado

Os resultados da análise do teste de envelhecimento acelerado para os híbridos Helio 250 e Helio 251 encontram-se na Figura 3. Para as sementes do híbrido Helio 250, nas diferentes épocas estudadas, não foram detectadas variações em função das temperaturas de armazenamento testadas. As sementes desse híbrido apresentaram tendência linear decrescente em relação aos valores de germinação após o envelhecimento acelerado, durante os 12 meses de armazenamento.

De modo geral, verificou-se, para as sementes do híbrido Helio 251, uma tendência de redução significativa na germinação das sementes envelhecidas artificialmente durante o armazenamento. A condição de estresse imposta pelo teste de envelhecimento reduziu consideravelmente o número de plântulas normais após nove meses de armazenamento.

Vale ressaltar, ainda, o decréscimo acentuado nos valores de germinação das sementes armazenadas em temperatura mais elevada (25 °C), evidenciado nas épocas três e doze, em relação aos demais tratamentos. No caso do tratamento 25/10 °C, a transferência das sementes do ambiente não controlado para a câmara fria (10 °C) após seis meses não resultou em um retardo no processo deteriorativo das sementes, corroborando com os resultados do teste de envelhecimento acelerado obtidos por Panobianco e Vieira (2007) para sementes de soja e Panobianco et al., (2007) para sementes de ervilha.

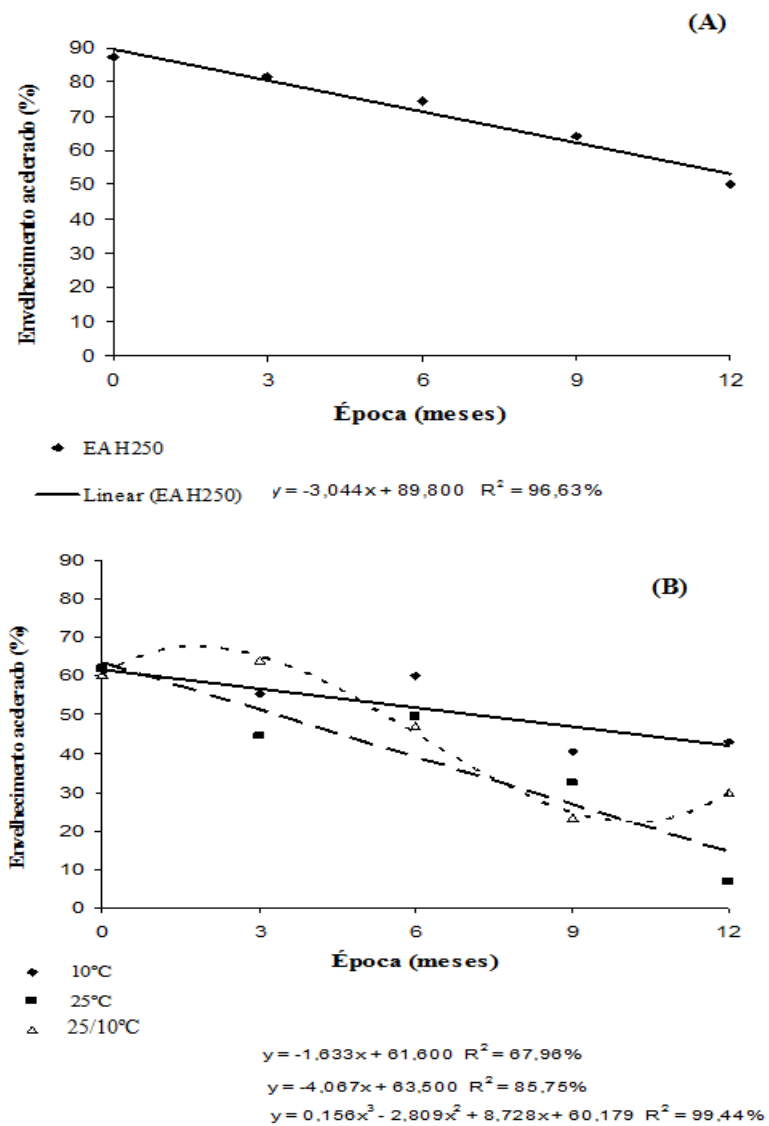


Figura 3 Germinação (%) após envelhecimento acelerado para os híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) nas épocas analisadas para as temperaturas estudadas.

### 3.4 Condutividade elétrica

A lixiviação de eletrólitos das sementes dos híbridos Helio 250 e Helio 251, mensurada pela condutividade elétrica da água de embebição das sementes de girassol, consta na Figura 4. Com relação aos dados de condutividade elétrica das sementes do híbrido Helio 250, não foram observadas diferenças significativas entre as sementes armazenadas a 10 °C e as sementes armazenadas a 25 °C e 25/10 °C, durante as épocas avaliadas, resultado semelhante ao verificado no teste de envelhecimento acelerado para sementes desse genótipo.

No entanto, esse fato evidencia diferenças em relação aos resultados obtidos pelos testes de germinação e emergência de plântulas, que apontam diferenças entre os tratamentos testados e queda na qualidade fisiológica das sementes armazenadas a baixa temperatura após seis meses. A falta de correlação entre os dados põe em questionamento a confiabilidade dos resultados obtidos pelo teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes armazenadas a baixas temperaturas como foi verificado por Fessel et al. (2006), que afirmam que o teste de condutividade elétrica utilizado na avaliação do vigor de sementes milho armazenadas a 10 °C também não detectou a deterioração em sementes. Pontes et al., (2006) também verificou que os valores de condutividade elétrica foram constantes nas sementes de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.) armazenadas a 5 °C e naquelas que permaneceram no ambiente de 20 °C, houve aumento significativo da condutividade durante o período de armazenamento.

O teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor das sementes do híbrido Helio 250, não foi suficientemente sensível em detectar a taxa de deterioração das sementes ao longo do armazenamento, nem possibilitou caracterizar de maneira eficiente os tratamentos testados, pois ocorreram variações entre os resultados obtidos por este teste e os demais testes



convencionais. Na literatura existem resultados semelhantes obtidos para sementes de outra oleaginosa, a soja (FERGUSON, 1988; VIEIRA et al., 2001; PANOBIANCO; VIEIRA, 2007), indicando que a quantidade de íons lixiviados pelas sementes podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento.

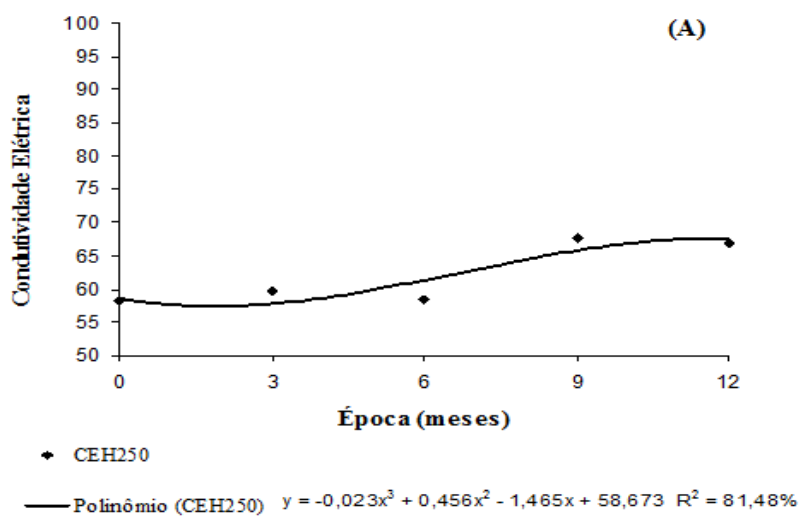


Figura 4 Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para os híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) nas épocas analisadas para as temperaturas estudadas (Continua....)

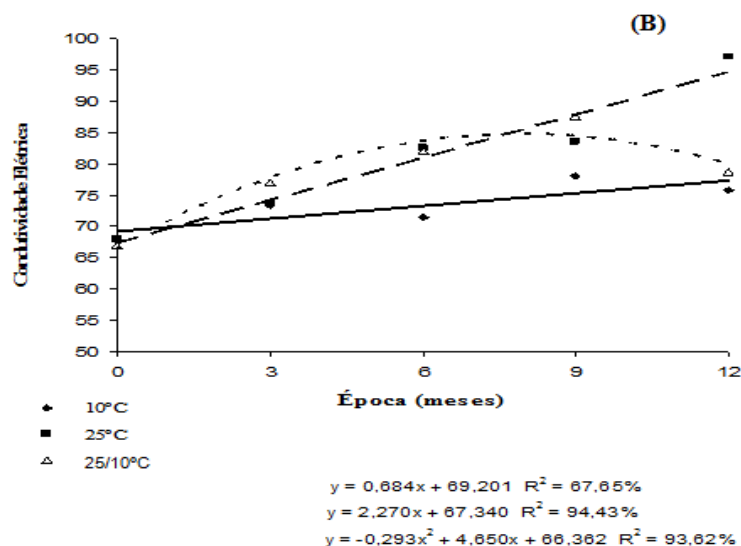


Figura 4 Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para os híbridos Helio 250 (A) e Helio 251 (B) nas épocas analisadas para as temperaturas estudadas.

Conforme Bewley e Black (1994), o processo de embebição de água pela semente permite a reestruturação do sistema de membranas celulares, reduzindo a permeabilidade e, conseqüentemente, a liberação de lixiviados. Porém pelos resultados obtidos para as sementes de girassol do híbrido Helio 250, sugere-se que as membranas são reorganizadas também quando essas sementes são armazenadas a baixas temperaturas, pois se constatou que, após serem transferidas para 10 °C, dos nove meses de armazenamento em diante, os valores de condutividade elétrica permaneceram inalterados.

Para as sementes do híbrido Helio 251, não foram observadas diferenças nos valores de condutividade elétrica entre os tratamentos testados até o terceiro mês de armazenamento. A partir do sexto mês, o armazenamento a 10 °C se destacou devido aos baixos valores de condutividade, ou seja, nas avaliações subsequentes esse tratamento foi considerado o que melhor manteve a qualidade das sementes, como já era esperado. Foi verificada uma tendência crescente nos

valores de condutividade elétrica das sementes de girassol durante o armazenamento em todas as temperaturas até os nove meses, no entanto, houve redução desses valores na última avaliação nas temperaturas de 10°C e 25/10°C. De acordo com Halder e Gupta (1980), quando o processo de deterioração é mais acentuado pode haver decréscimos das leituras de condutividade em sementes de girassol, porque o consumo de reservas para respiração reduz a quantidade lixiviável de substrato.

Durante as épocas de armazenamento, à temperatura constante de 25 °C, as sementes tiveram uma maior intensidade de lixiviação de eletrólitos em comparação às demais temperaturas estudadas, devido ao avanço do processo deteriorativo causado por elevadas temperaturas de armazenamento corroborando com a afirmação feita por Powel (1995) de que as sementes deterioram mais rapidamente quando armazenadas em maior temperatura. Segundo Panobianco e Vieira (2007), quando se trabalha com altas temperaturas (20 °C e 25 °C), alterações significativas são verificadas nos valores de condutividade elétrica durante as épocas de armazenamento, revelando um aumento na perda de lixiviados com o decorrer do tempo.

É interessante acrescentar que, para o híbrido Helio 251, os resultados de condutividade elétrica das sementes se correlacionam com os obtidos nos testes de germinação e vigor, destacando o armazenamento a temperatura de 10 °C como o mais eficiente na conservação das sementes de girassol desse genótipo e que a baixa temperatura de armazenamento não interfere nos resultados desse teste. Portanto, os estágios iniciais da deterioração de sementes de girassol do híbrido Helio 251 armazenadas a 10 °C podem estar relacionados à contínua desestruturação e ineficiência dos mecanismos de reestruturação dos sistemas de membranas coincidindo com os resultados encontrados por Silva (2009) comprovando que o armazenamento a 10°C não interferiu nos resultados do teste de condutividade elétrica de sementes de feijão.

Vale ressaltar as diferenças observadas na avaliação do vigor de sementes de girassol pelo teste de condutividade elétrica entre genótipos, como foi discutido neste trabalho, pois genótipos distintos geram diferenças nos resultados de condutividade elétrica. Trabalhos conduzidos com sementes de ervilha (CALIARI; MARCOS FILHO, 1990), soja (PANOBIANCO; VIEIRA, 1996), feijão (HAMPTON; JOHNSTONE; EUAUMPON, 1992; SÁ, 1997) e milho (BRUGGINK et al., 1991) evidenciaram que as sementes de diferentes genótipos dessas espécies apresentaram valores diferentes de condutividade elétrica da solução de embebição, embora muitas vezes diferenças não fossem constatadas pela germinação e vigor avaliados por outros testes.

Albuquerque et al. (2001), utilizando quatro genótipos de girassol, avaliaram a qualidade das sementes pelo teste de condutividade elétrica de massa e verificaram um efeito do genótipo nos resultados e que o teste de condutividade elétrica de massa foi pouco eficiente para comparação desses genótipos. Em alguns casos, as causas do insucesso do teste de condutividade têm sido atribuídas à influência do genótipo, associada a características do tegumento, o que ocasiona em liberação mais ou menos acentuada dos lixiviados (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001).

Pela análise geral, dos dados nota-se que a deterioração das sementes do híbrido Helio 251 em relação às sementes do híbrido Helio 250, foi mais acentuada em todos os tratamentos devido a sua qualidade inicial. Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes durante o armazenamento a qualidade inicial do lote é relevante, pois a manutenção do potencial fisiológico das sementes no decorrer do tempo vai depender diretamente dela, dentre outros fatores. Desta forma, pelo teste de condutividade elétrica não foi possível detectar diferenças na deterioração de sementes armazenadas nas diferentes temperaturas para o híbrido Helio 250. No entanto, foi possível detectar a

evolução da deterioração ao longo do armazenamento para as sementes dos ambos os híbridos.

### 3.5 Estudo de correlação estatística

As correlações entre os dados da condutividade elétrica e os testes convencionais foram determinadas para cada temperatura de armazenamento (10 °C, 25 °C e 25/10 °C) e estão descritas nas Tabelas 2 e 3. Para o híbrido Helio 250, os valores de condutividade se correlacionaram negativa e significativamente com os testes de germinação e envelhecimento acelerado em todas as temperaturas de armazenamento. Nas temperaturas constantes de 10 °C e 25 °C, os valores de condutividade se correlacionaram de forma negativa e significativa com a emergência de plântulas. No entanto, os valores de condutividade elétrica obtidos no tratamento 25/10 °C apresentaram correlação negativa, porém não significativa com o teste de emergência.

Tabela 2 Coeficientes de correlação (p-valor) entre os dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica, híbrido Helio 250, e os testes de germinação, emergência de plântulas e envelhecimento acelerado.

Temperatura	Germinação	Emergência	Envelhecimento
10 °C	-0,54 (0,0139)*	-0,42 (0,0353)*	-0,56 (0,0087)*
25 °C	-0,85 (0,0001)*	-0,82 (0,0001)*	-0,72 (0,0003)*
25/10°C	-0,66 (0,0012)*	-0,42 (0,0587) <sup>NS</sup>	-0,75 (0,0001)*

A análise para o híbrido Helio 251 indica que houve correlação negativa e significativa entre a condutividade elétrica e os testes de germinação e emergência de plântulas em todas as temperaturas estudadas. Esses resultados indicam que tais testes propiciaram classificações semelhantes dos lotes. Os dados relativos à condutividade de sementes de girassol armazenadas a

temperatura de 10 °C se correlacionaram de forma negativa e não significativa com o teste de envelhecimento acelerado.

Tabela 3 Coeficientes de correlação (p-valor) entre os dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica, híbrido Helio 251, e os testes de germinação, emergência de plântulas e envelhecimento acelerado.

Temperatura	Germinação	Emergência	Envelhecimento
10 °C	-0,44 (0,0489)*	-0,66 (0,0014)*	-0,44 (0,0508) <sup>NS</sup>
25 °C	-0,88 (0,0001)*	-0,71 (0,0003)*	-0,78 (0,0001)*
25/10 °C	-0,61 (0,0040)*	-0,64 (0,0023)*	-0,66 (0,0012)*

Houve associação entre o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica nas temperaturas de 25 °C e 25/10 °C. A correlação nem sempre é a análise mais indicada, uma vez que dados que avaliam a permeabilidade das membranas nem sempre se correlacionam com dados obtidos em testes de germinação ou mesmo de vigor (Souza, 2007), no entanto, existe uma coerência entre os resultados obtidos ao longo do período de armazenamento.

### 3 CONCLUSÕES

- A qualidade fisiológica das sementes de ambos os híbridos de girassol se manteve até os seis meses de armazenamento. Após esse período a qualidade foi afetada negativamente em todas as temperaturas testadas.
- Pelo teste de condutividade elétrica não foi possível detectar a deterioração de sementes armazenadas nas diferentes temperaturas para o híbrido Helio 250, mas foi possível detectar a evolução da deterioração ao longo do armazenamento para ambos os híbridos.
- O grau de deterioração e o genótipo interferem nos resultados da avaliação da condutividade elétrica em sementes de girassol.

## REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, June 1980.

ADAMO, P. E.; SADER, R.; BANZATTO, D. A. Influência do tamanho na produção e qualidade de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 9-14, dez. 1984.

ALBUQUERQUE, M. C. F. E. et al. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-8, jul. 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 88 p. (Contribution, 32).

BASRA, A. S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Basra, 1995. 389 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 444 p.

BRANDÃO JÚNIOR, D. S. et al. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1-4, p. 184, jul./ago. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SND/CLAV, 2009. 369 p.

BRUGGINK, H. et al. Some factors influencing electrolyte from maize (*Zea mays* L.) Kemels. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 1, n. 1, p. 15-20, Mar. 1991.



CALIARI, M. F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L). **Revista Brasileira de Semente**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 52-75, dez. 1990.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

DESAI, B. B.; KOTECHEA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook**. New York: Basel, 1997. 627 p.

FERGUSON, J. M. **Metabolic and biochemical changes during the early stages of soybean seed deterioration**. 1988. 138 p. Thesis (Ph.D.) - University of Kentucky, Lexington, 1988.

FESSEL, S. A. **Condutividade elétrica em sementes de soja em função da temperatura e do período de armazenamento**. 2001. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2001.

FESSEL, S. A. et al. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, out. 2006.

HALDER, S.; GUPTA, K. Effect of storage of sunflower seeds in high and low relative humidity on solute leaching and internal biochemical changes. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 8, n. 3, p. 317-321, Dec. 1980.

HAMPTON, J. G.; JOHNSTONE, K. A.; EUAUMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, n. 3, p. 677-686, Dec. 1992.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: SILVA, M. F. **Flora neotropica**. New York: Academic, 1972. v. 3, p. 145-245.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, F. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do método de colheita e do tipo de armazenamento na qualidade de sementes de milho**. 1997. 134 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential tomato seeds. **Seed Technology**, Kentucky, v. 23, n. 2, p. 151-161, Feb. 2001.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 2, p. 97-105, 2007.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, set. 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 119-124, 2007.

PONTES, C. A. et al. Influência da temperatura de armazenamento na qualidade das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (sibipiruna). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 43-48, jan./fev. 2006.

POWELL, A. A. Seed vigour and field establishment. **Advances in Research and Technology of Seeds**, New York, v. 11, p. 29-61, 1988.

POWELL, A. A. The controlled deterioration test. In: VENTER, H. A. van de (Ed.). **Seed vigour testing seminas**. Copenhagen: ISTA, 1995. p. 73-87.

SÁ, M. E. Desempenho de sementes de feijão em função da presença de sementes enrugadas, manchadas, carunchadas e danificadas mecanicamente, com ênfase para condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1-2, p. 166, jul./ago. 1997.

SILVA, C. D. **Condutividade elétrica e composição mineral da solução de embebição de sementes de feijão armazenadas em duas temperaturas**. 2009. 51 p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2009.

SIMON, E. W.; HARUN, R. M. R. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 4, p. 1076-85, Nov. 1972.

SOUZA, L. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona**. 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, set. 2002.

VIEIRA, R. D. et al. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 599-608, Dec. 2001.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

**ANEXOS**

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Valores médios das temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), médias (Tm) e da umidade relativa (UR) dos meses correspondentes ao período de armazenamento das sementes de girassol.....	117
TABELA 2A	Valores médios de germinação (%) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.....	118
TABELA 3A	Valores médios de emergência de plântulas (%) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.....	119
TABELA 4A	Valores médios de germinação (%) após o teste de envelhecimento acelerado das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.....	120
TABELA 5A	Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.....	121
TABELA 6A	Valores médios do teor de óleo (%) nas sementes dos híbridos Helio 250 e Helio 251 em função das épocas e condições de armazenamento.....	122

Tabela 1A Valores médios das temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), e médias (Tm) E da umidade relativa (UR) dos meses correspondentes ao período de armazenamento das sementes de girassol.

Meses	Tx (°C)	Tn (°C)	Tm (°C)	UR (%)
Maio/2008	25,4	12,6	17,8	77
Junho/2008	25,0	12,8	17,6	76
Julho/2008	25,4	9,9	17,8	62
Agosto/2008	28,1	13,0	17,6	63
Setembro/2008	28,0	13,2	19,4	62
Outubro/2008	28,9	17,2	22,0	70
Novembro/2008	27,9	17,0	21,2	64
Dezembro/2008	27,0	17,6	21,3	80
Janeiro/2009	28,7	18,2	22,2	80
Fevereiro/2009	31,6	19,2	24,2	77
Março/2009	29,6	18,1	22,7	78
Abril/2009	27,5	15,8	20,4	75
Maio/2009	26,2	13,7	18,7	72

Fonte: Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia – UFLA

Tabela 2A Valores médios de germinação (%) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.

Híbrido	Época	Embalagem	Ambiente de armazenamento	
			Câmara Fria	Armazém
Helio 250	0	Papel	93,50 aA	94,00 aA
		Plástico	93,50 aA	92,50 aA
		Vácuo	94,00 aA	92,50 aA
	4	Papel	74,50 aA	65,50 bB
		Plástico	60,00 bB	75,00 aA
		Vácuo	67,50 aA	74,50 aA
	8	Papel	72,50 aA	45,50 bB
		Plástico	58,00 aB	50,50 aB
		Vácuo	43,50 bC	61,50 aA
	12	Papel	70,50 aA	39,00 bB
		Plástico	53,00 aB	50,00 aA
		Vácuo	53,00 aB	58,00 aA
CV (%)			8,42	
Helio 251	0	Papel	85,00 aA	84,00 aA
		Plástico	84,00 aA	82,50 aA
		Vácuo	85,00 aA	81,50 aA
	4	Papel	75,00 aA	43,00 bA
		Plástico	78,50 aA	46,00 bA
		Vácuo	44,00 aB	44,50 aA
	8	Papel	51,00 aA	23,50 bA
		Plástico	34,00 aB	21,50 bA
		Vácuo	37,00 aB	24,50 bA
	12	Papel	63,00 aA	17,50 bA
		Plástico	43,50 aB	20,00 bA
		Vácuo	48,50 aB	29,50 bA
CV (%)			15,28	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5%; e de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Tabela 3A Valores médios de emergência de plântulas (%) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.

Híbrido	Época	Embalagem	Ambiente de armazenamento	
			Câmara Fria	Armazém
Helio 250	0	Papel	94,50 aA	96,50 aA
		Plástico	96,50 aA	95,50 aA
		Vácuo	97,00 aA	96,00 aA
	4	Papel	94,50 aA	97,50 aA
		Plástico	96,00 aA	97,50 aA
		Vácuo	96,50 aA	97,00 aA
	8	Papel	93,50 aA	72,00 bB
		Plástico	89,00 aA	74,50 bB
		Vácuo	89,50 aA	91,00 aA
	12	Papel	97,00 aA	74,50 bA
		Plástico	96,50 aA	80,00 bA
		Vácuo	97,50 aA	74,50 bA
CV (%)			5,80	
Helio 251	0	Papel	73,50 aA	77,00 aA
		Plástico	77,50 aA	77,00 aA
		Vácuo	76,00 aA	80,50 aA
	4	Papel	85,00 aA	75,50 bA
		Plástico	81,00 aA	76,50 aA
		Vácuo	83,50 aA	81,00 aA
	8	Papel	59,50 aA	24,50 bB
		Plástico	63,00 aA	36,50 bA
		Vácuo	66,00 aA	41,50 bA
	12	Papel	83,50 aA	26,00 bB
		Plástico	85,50 aA	25,00 bB
		Vácuo	81,50 aA	56,50 bA
CV (%)			9,64	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5%; e de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Tabela 4A Valores médios de germinação (%) após o teste de envelhecimento acelerado das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.

Híbrido	Época	Embalagem	Ambiente de armazenamento	
			Câmara Fria	Ambiente
Helio 250	0	Papel	83,50 aA	82,00 aA
		Plástico	86,00 aA	82,00 aA
		Vácuo	84,00 aA	81,50 aA
	4	Papel	89,00 aA	82,50 aA
		Plástico	78,50 aB	81,00 aA
		Vácuo	77,50 aB	80,50 aA
	8	Papel	76,50 aA	66,00 bA
		Plástico	73,00 aA	70,50 aA
		Vácuo	67,50 bA	77,00 aA
	12	Papel	69,50 aA	30,50 bB
		Plástico	64,50 aA	30,50 bB
		Vácuo	56,50 aB	57,50 aA
CV (%)			9,18	
Helio 251	0	Papel	83,00 aA	82,00 aA
		Plástico	81,00 aA	81,50 aA
		Vácuo	83,00 aA	80,50 aA
	4	Papel	76,50 aA	43,00 bB
		Plástico	41,50 aB	41,50 aB
		Vácuo	68,50 aA	61,50 aA
	8	Papel	47,00 aA	22,50 bA
		Plástico	53,00 aA	26,50 bA
		Vácuo	28,50 aB	35,50 aA
	12	Papel	37,00 aA	9,50 bA
		Plástico	33,00 aA	12,00 bA
		Vácuo	31,00 aA	17,50 aA
CV (%)			17,25	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5%; e de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.



Tabela 5A Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) das sementes de girassol, híbridos Helio 250 e Helio 251, em função das épocas e condições de armazenamento.

Híbrido	Época	Embalagem	Ambiente de armazenamento	
			Câmara Fria	Ambiente
Helio 250	0	Papel	57,40 aA	57,70 aA
		Plástico	57,00 aA	57,40 aA
		Vácuo	57,70 aA	57,10 aA
	4	Papel	66,40 aA	66,90 aA
		Plástico	66,90 aA	63,90 aA
		Vácuo	67,60 aA	68,00 aA
	8	Papel	67,40 aA	60,60 aA
		Plástico	62,20 aA	63,10 aA
		Vácuo	63,50 aA	64,20 aA
	12	Papel	66,50 aA	64,50 aA
		Plástico	66,70 aA	70,00 aA
		Vácuo	66,50 aA	68,30 aA
CV (%)			6,49	
Helio 251	0	Papel	68,22 aA	67,04 aA
		Plástico	67,84 aA	68,62 aA
		Vácuo	67,61 aA	67,53 aA
	4	Papel	78,17 aA	68,77 bA
		Plástico	69,87 aA	76,61 bB
		Vácuo	77,63 aA	77,92 aB
	8	Papel	74,96 aA	79,51 aA
		Plástico	77,17 aA	87,96 bB
		Vácuo	78,04 aA	81,56 aA
	12	Papel	78,47 aA	110,48 bB
		Plástico	74,83 aA	106,09 bB
		Vácuo	78,64 aA	87,42 bA
CV (%)			6,01	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5%; e de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Tabela 6A Valores médios do teor de óleo (%) nas sementes dos híbridos Helio 250 e Helio 251 em função das épocas e condições de armazenamento.

Híbrido	Época	Embalagem	Ambiente de armazenamento	
			Câmara Fria	Ambiente
Helio 250	0	Papel	39,67 aA	39,65 aA
		Plástico	39,66 aA	39,65 aA
		Vácuo	39,65 aA	39,66 aA
	4	Papel	38,47 aA	32,11 aA
		Plástico	33,09 aA	32,69 aA
		Vácuo	34,87 aA	31,53 aA
	8	Papel	28,84 aA	30,23 aA
		Plástico	32,49 aA	27,34 bA
		Vácuo	31,23 aA	31,11 aA
	12	Papel	24,80 aA	28,37 aA
		Plástico	30,03 aA	25,43 aA
		Vácuo	27,41 aA	28,79 aA
CV (%)			7,29	
Helio 251	0	Papel	33,89 aA	33,81 aA
		Plástico	33,73 aA	33,79 aA
		Vácuo	33,81 aA	33,82 aA
	4	Papel	23,89 aA	22,83 aA
		Plástico	26,67 aA	24,74 aA
		Vácuo	19,94 aA	24,42 aA
	8	Papel	21,86 aA	22,03 aA
		Plástico	20,41 aA	21,61 aA
		Vácuo	21,00 aA	22,43 aA
	12	Papel	19,51 aA	21,81 aA
		Plástico	19,94 aA	21,18 aA
		Vácuo	20,63 aA	21,55 aA
CV (%)			10,60	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5%; e de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.