



ANDRÉA DOS SANTOS OLIVEIRA

**ALTERAÇÕES NO POTENCIAL FISIOLÓGICO
DE SEMENTES DE ALGODÃO NO
ARMAZENAMENTO**

**LAVRAS - MG
2011**

ANDRÉA DOS SANTOS OLIVEIRA

**ALTERAÇÕES NO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE
ALGODÃO NO ARMAZENAMENTO**

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

Orientadora

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

**LAVRAS – MG
2011**

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

Oliveira, Andréa dos Santos.

Alterações no potencial fisiológico de sementes de algodão no armazenamento / Andréa dos Santos Oliveira. – Lavras UFLA, 2012.

124 p.: il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.

Bibliografia.

1. Temperatura de armazenamento. 2. Deterioração. 3. Ácidos graxos. 4. Caracterização físico-química. 5. Atividade enzimática. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.521

ANDRÉA DOS SANTOS OLIVEIRA

**ALTERAÇÕES NO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE
ALGODÃO NO ARMAZENAMENTO**

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

APROVADA em 29 de novembro de 2011.

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa	EMBRAPA
Dr. João Almir Oliveira	UFLA
Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Dr. Antônio Rodrigues Vieira	EPAMIG

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho
Orientadora

**LAVRAS - MG
2011**

*Ao nosso Deus, pai e criador;
Aos meus pais, Lucio de Oliveira e Euda dos Santos;
Às minhas irmãs, Andreza e Luci;
Ao meu companheiro, Cláudio;
Ao meu avô, José Amâncio,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me mostrar os caminhos nos momentos de dificuldades.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de participar desta unidade de excelência em ensino superior e desenvolver a minha tese.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Pesquisa (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos e apoio financeiro para execução da pesquisa.

Ao chefe geral da Embrapa Algodão, Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, por disponibilizar as sementes utilizadas para execução desta tese.

À minha família, que esteve sempre me apoiando e incentivando nesses quase cinco anos em que estive distante.

À Maria Laene Moreira de Carvalho, orientadora e amiga, pela confiança depositada a mim, incentivo e conhecimentos transmitidos.

Aos professores do DAG, João Almir Oliveira, Renato Mendes Guimarães e Édila Vilela de Resende Von Pinho, e ao pesquisador Antônio Rodrigues Vieira, pelos ensinamentos e demonstração de profissionalismo. Aos professores do DQI, Mário César Guerreiro, Adelir Aparecida Szarck e Maria das Graças Cardoso, pelos esclarecimentos importantes para a minha tese. À Maria de Fátima Piccolo Barcelos e José Luiz Contado (DCA) pelo apoio e auxílio no desenvolvimento da minha tese.

A Elza, Dalva, Elenir, Wilder Bento, Wilder Souza, Walbert, Laís, Viviane e Viviana do LAS; Tina, Flavia, Cleusa, Helô e Renato (DCA); Bárbara (Usina de Biodiesel); Cristiane, Aline Gomes, Lucilene, Milene, Cíntia, Juliana, Maria Luisa (DQI); Helô (Biotita), Helen, Carla (DFP) pela amizade e apoio na execução da tese.

À Renata Silva-Mann, Alessandra Boari, Itamara Bomfim, Michelle da Fonseca, Arie Fitzgerald e Marcos Cabral, que estiveram comigo na caminhada

acadêmica, me dando apoio, incentivo, ensinamento e o mais importante: a amizade que permanece.

Aos meus amigos Rodrigo de Góes, Nayara, Cibela, Jean Marcel, Vinicius, Marinês, Giselle, Marcela Nery, André, Patrícia, José Maria, Matheus, Diegão, Alexana, Aline Gomes, Adriano Alves, Dani, Ísis, Mariney, Tanismare, Luciana, Vivian e Flávia e pelo apoio e colaboração.

Aos momentos bons da minha vida em Lavras, agradeço em especial a Sindynara, Juninho, Ísis, Keline, Ronaldo, Humberto, Cláudio Egon, Lucrécio, Zezinho, José Marcio, Rejane, Álvaro, André Resende, Pâmela e Viviane.

Aos meus filhinhos, Daniel Pena, Júlia Marques, Tatiana Botelho, Francielly, pela convivência e ajuda na condução deste trabalho.

RESUMO

A conservação de espécies oleaginosas é dependente das condições em que são submetidas quando armazenadas. Além disso, o conteúdo e a qualidade do óleo, associado à atuação de enzimas e a associação de microrganismos podem influenciar no grau de deterioração das mesmas. Nesse sentido, estudos relacionados à qualidade das sementes de algodão se fazem necessários para prever as condições adequadas ao armazenamento. Sementes de algodão de fibra branca e colorida foram armazenadas em temperaturas de 10 °C, 25 °C e 30 °C por um ano. A cada 90 dias foi avaliada a qualidade das sementes por meio da qualidade física e fisiológica, sanitária, atividade enzimática, composição química, propriedades físico-químicas do óleo e composição dos ácidos graxos. A cor da fibra das sementes de algodão não é indicativa de maior qualidade das sementes. A viabilidade e o vigor das sementes foi influenciada pelas condições em que as sementes foram armazenadas. Fungos do gênero *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. aumentaram a sua incidência em relação ao local e o período de armazenamento, acelerando a deterioração. A atuação de enzimas como a esterase, catalase, superóxido dismutase e lipase auxiliaram a identificar danos provocados pelo processo de deterioração em sementes armazenadas em elevadas temperaturas. O teor de lipídios foi afetado negativamente, alterando as propriedades físico-químicas do óleo presente nas sementes, principalmente na acidez. A composição dos ácidos graxos é alterada em relação às condições de armazenamento.

Palavras-chave: Deterioração de sementes. Ácidos graxos. Caracterização físico-química. Atividade enzimática. Temperatura de armazenamento.

ABSTRACT

The conservation of oleaginous species is dependent on the conditions in which they are subjected when stored. In addition, the quality and oil content, coupled with the enzymes action and the association of micro-organisms may influence deterioration degree of them. In this sense, studies related to quality of cotton-seeds are necessary to predict the appropriate storage conditions. Cotton-seeds with white and colored fiber were stored at temperatures of 10 °C, 25 °C and 30°C per one year. Every 90 days, the seed quality were evaluated through the physical and physiological quality, sanitary, enzyme activity, chemical composition, physico-chemical properties of oil and fatty acid composition. The cotton-seeds fiber color is not higher indicate of quality on seeds. The viability and seed vigor was influenced by the conditions in which the seeds were stored. Fungi of the genus *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. increased incidence in relation to locate and the storage period, accelerating the deterioration. The enzymes activities such: esterase, catalase, superoxide dismutase and lipase helped to identify damage caused by the deterioration process in seeds stored at high temperatures. The lipids content was negatively affected, changing the physico-chemical properties of the oil present in the seeds, specially in acidity. The fatty acid composition is modified in relation to storage conditions.

Keywords: Seed deterioration. Fatty acid. Physico-chemical characterization. Enzymatic activity. Storage temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Temperatura e umidade relativa média local no período de execução do experimento.	46
Figura 2	Resultados do teor de água das sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D), ao longo do o armazenamento em diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).	47
Figura 3	Resultados da primeira contagem e germinação de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Aroeira (B), BRS Verde (C e D) e CNPA 187-8H (E e F) ao longo do armazenamento em diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	49
Figura 4	Resultados da emergência e do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D) durante o armazenamento.	53
Figura 5	Resultados da massa seca (MS) da parte aérea de plântulas de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Aroeira (B) e CNPA 187-8H (C), durante o armazenamento.	55
Figura 6	Porcentagem de plântulas normais do envelhecimento acelerado de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D) durante o armazenamento.....	56
Figura 7	Resultados da condutividade elétrica em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D) durante o armazenamento.	58

Figura 8	Resultados do teste frio em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	60
Figura 9	Resultados da sanidade em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi, BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 187 8-H, ao longo do armazenamento.	66
Figura 10	Resultados do teor de lipídios em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	69
Figura 11	Resultados do teor de proteínas totais em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	70
Figura 12	Resultados do teor de carboidratos em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	72
Figura 13	Resultados do teor de resíduo mineral fixo e fibra bruta em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), durante o armazenamento.....	74
Figura 14	Porcentagem do índice de acidez e acidez livre no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B) e CNPA 187-8H (C), durante o armazenamento.	76

Figura 15	Porcentagem do índice de acidez (A) e acidez livre (B) no óleo de sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	77
Figura 16	Valores da densidade específica no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), durante o armazenamento.	78
Figura 17	Índice de refração no óleo das sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	80
Figura 18	Resultados do índice de saponificação no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), durante o armazenamento.	82
Figura 19	Resultados do índice de iodo no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).	84
Figura 20	Atividade enzimática da Esterase (EST) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	87
Figura 21	Atividade enzimática da Catalase (CAT) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2011	89

Figura 22	Atividade enzimática da Superóxido dismutase (SOD) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	90
Figura 23	Atividade enzimática da Malato desidrogenase (MDH) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	92
Figura 24	Atividade enzimática da Fosfatase ácida (ACP) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	94
Figura 25	Atividade enzimática da Lipoxigenase (LOX) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	96
Figura 26	Atividade enzimática da Lipase (LIP) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	97
Figura 27	Atividade enzimática da Fosfoglucoisomerase (PGI) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento.....	98
Figura 28	Perfil dos ácidos graxos em sementes de algodão, cultivar BRS Rubi (A) e BRS Verde (B), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	101

Figura 29	Perfil de ácidos graxos em sementes de algodão, cultivar CNPA 187-8H, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	102
-----------	---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Porcentagem de germinação (G) de sementes de algodão, cultivar BRS Verde e Primeira contagem de germinação da cultivar CNPA 187-8H, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)	50
Tabela 2	Emergência de plântulas (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de algodão das cultivares BRS Verde, CNPA 187-8H e IVE na cultivar BRS Aroeira, submetidas à diferentes temperaturas de armazenamento.....	53
Tabela 3	Valores médios do envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, submetidas à diferentes temperaturas de armazenamento.....	56
Tabela 4	Condutividade elétrica de sementes de algodão (CE) das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, submetidas à diferentes temperaturas de armazenamento	58
Tabela 5	Valores médios do teste de frio em sementes de algodão da cultivar CNPA 187 8-H, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	61
Tabela 6	Incidência (%) de <i>Fusarium</i> sp. em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, armazenadas em diferentes locais.....	62
Tabela 7	Incidência (%) de <i>Aspergillus flavus</i> e <i>Penicillium</i> sp. em sementes de algodão, cultivar BRS Verde, armazenadas em diferentes temperaturas.	63
Tabela 8	Incidência de <i>Aspergillus ochraceus</i> em sementes de algodão, cultivar BRS Aroeira, armazenadas em diferentes temperaturas	64

Tabela 9	Efeito do local de armazenamento na incidência de <i>Penicillium</i> sp. em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Verde.....	65
Tabela 10	Valores médios do teor de proteínas totais em sementes de algodão, cultivar CNPA 187-8H, submetidas a diferentes locais de armazenamento	70
Tabela 11	Valores médios do teor de carboidratos e do resíduo mineral fixo em sementes de algodão, das cultivares BRS Aroeira e CNPA 187 8-H, submetidas a diferentes locais de armazenamento	72
Tabela 12	Porcentagem do índice de acidez e da acidez livre no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi, armazenadas em diferentes temperaturas.....	76
Tabela 13	Densidade específica e índice de refração do óleo de sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, armazenadas sob diferentes temperaturas.	79
Tabela 14	Índice de saponificação do óleo de sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, armazenadas sob diferentes temperaturas	82
Tabela 15	Perfil geral dos ácidos graxos e seus teores em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi, BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 187-8H, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	99
Tabela 16	Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	103

Tabela 17	Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Verde, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	104
Tabela 18	Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	106
Tabela 19	Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C).....	108

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Importância do setor algodoeiro e a introdução de cultivares coloridas	19
2.2	Deterioração de sementes	22
2.3	Armazenamento de sementes	31
2.4	Composição química e propriedades físico-químicas de óleo em sementes	34
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Qualidade física e fisiológica	37
3.2	Qualidade sanitária	39
3.3	Atividade de isoenzimas	40
3.4	Composição química	41
3.5	Propriedades físico-químicas de óleo	42
3.6	Determinação da composição e quantificação de ácidos graxos	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Qualidade física e fisiológica das sementes	46
4.2	Qualidade sanitária	61
4.3	Composição química	68
4.4	Caracterização físico-química do óleo	75
4.5	Atividade enzimática	85
4.6	Composição dos ácidos graxos	98
5	CONCLUSÕES	110
6	REFERÊNCIAS	111

1 INTRODUÇÃO

Apesar da importância econômica e social do algodão para o Brasil, que ocupa a quarta posição como produtor mundial dessa fibra, ainda existem muitos desafios relativos à produção e manutenção da qualidade de sementes.

A exigência por produtos de melhor qualidade e os cuidados na produção das sementes com mais agregação de valor tem levado a um maior cuidado por parte dos produtores na manutenção desse material genético, essencial para a propagação da espécie. As fibras naturalmente coloridas são valorizadas pela indústria de confecção, pois agregam maior valor ao produto acabado e o subproduto extraído do caroço pode ser utilizado como fonte de matéria prima para o biodiesel.

A conservação das sementes de algodão por longos períodos é prejudicada pelo elevado teor de óleo, que pode variar de 22 a 30% dependendo da cultivar, pela maior proporção de ácidos graxos polinsaturados presentes neste óleo, como o linoleico e pela presença de microrganismos associados, reduzindo assim o tempo de armazenamento. Mesmo assim, o óleo presente nas sementes de algodão possui elevado teor de tocoferol, conhecido como vitamina E, composto antioxidante que pode auxiliar a reverter o processo de deterioração em curto prazo.

Até o momento não existem pesquisas que evidenciem diferenças entre o conteúdo e a qualidade do óleo em sementes de algodão colorido ao longo do armazenamento, bem como a atuação de enzimas com a deterioração das mesmas. Assim, objetiva-se com esta pesquisa obter informações sobre o potencial fisiológico de sementes de algodão ao longo do armazenamento e as alterações nos componentes químicos envolvidos no seu processo de deterioração.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do setor algodoeiro e a introdução de cultivares coloridas

O algodoeiro (*Gossypum hirsutum* L.) é uma espécie de origem tropical e subtropical (BELTRÃO, 1999), pertencente a família das Malváceas. Esta espécie produz o algodão, que representa 74% das fibras *naturais* utilizadas pela indústria têxtil.

As primeiras referências desta cultura datam de muitos séculos antes de Cristo. Nas Américas, há evidências de que civilizações incas utilizavam-na para o artesanato têxtil, em virtude dos vestígios milenares encontrados no Peru. No Brasil, à época do descobrimento, os indígenas já cultivavam o algodoeiro, utilizando a fibra na confecção de tecidos, o caroço amassado e cozido na alimentação e o extrato das folhas como remédio (COSTA; OLIVEIRA, 1982; RESENDE; MOURA, 1990).

O algodão contribui juntamente com outras matérias primas agrícola para a geração de divisas desde a época colonial. Naquele período, sua importância resumia-se ao produto *in natura*. A partir da implantação do parque industrial, na década de 30, o algodoeiro passou a sustentar uma expressiva atividade econômica, seja pela exportação de produtos manufaturados têxteis ou de outros subprodutos (MORAES, 1997).

Além dos fatores tecnológicos, o bom desempenho da cultura do algodão nos últimos anos se deve à melhoria do preço e ao aumento das exportações. O Brasil exporta quantidade significativa de algodão em pluma principalmente para China e Europa. De 2002 a 2005, houve um crescimento nas exportações na ordem de 281 mil toneladas. Essa garantia de mercado foi o fator determinante para o aumento da produção, via expansão da área colhida e incrementos no rendimento médio da cultura, principalmente nos estados de

Mato Grosso, Goiás e Bahia, que respondem por, aproximadamente, 71% da área colhida e 80% da produção nacional (KOURI, 2006). Na safra 2010/2011 o volume de exportação gerado foi de 853 mil toneladas (DOSSA et al., 2011). Além disso, os avanços na tecnologia de produção aumentaram a produtividade e reduziram a área de cultivo, com a introdução de materiais genéticos de qualidade superior, o uso de transgênicos e melhorias no sistema de produção.

Atualmente, o cultivo do algodão é amplamente dominado pelas grandes plantações do Cerrado brasileiro. Contudo, existe uma tendência de expansão de cultivo do algodão colorido, por dispensar o processo de tingimento, que representa no algodão branco aumentos de 30 a 50% do seu custo final (QUEIROGA; CARVALHO; CARDOSO, 2008). Os preços obtidos com o algodão colorido em 2010 foram de R\$ 6,00/kg da fibra, enquanto que o de pluma branca era de R\$ 5,00 (GUIMARÃES; CARTAXO, 2011).

Pesquisas com algodão naturalmente colorido foram iniciadas na década de 80, com Sally Fox, fundando a empresa Natural Cotton Colours, Inc., que controla a marca FoxFibre[®], com o algodão nas cores verde, marrom Coyote, marrom Búfalo e Palo Verde (DICKERSON; LANE; RODRIGUEZ, 1999). No Brasil, as pesquisas para a obtenção de materiais com fibra naturalmente colorida ocorreram na década de 90 na Embrapa Algodão. O processo de obtenção das cultivares foi realizado pelo processo de melhoramento clássico e, visando adquirir melhor qualidade da fibra, foram realizadas seleções ou cruzamentos com materiais comerciais e tipos coloridos, com baixa qualidade de fibra (FREIRE et al., 1997). Dentre as cultivares desenvolvidas pela Embrapa, podem ser citadas a BRS 200 Marrom, BRS Verde, BRS Rubi e BRS Safira (QUEIROGA; CARVALHO; CARDOSO, 2008).

A primeira cultivar de fibra colorida, lançada em 1999 pela Embrapa Algodão, cujo evento teve grande repercussão no mercado, foi a BRS 200 Marrom, que pode ser indicada para ser cultivada no Seridó, região marcada por

períodos longos de estiagem, por se tratar de um material derivado do algodão arbóreo - mocó (COLORIDO..., 2001).

A BRS Rubi é uma cultivar de algodoeiro herbáceo que pode ser explorada na região Nordeste nos locais zoneados para este tipo de algodão. Ela é o resultado do cruzamento de um material introduzido de fibra marrom escuro e a CNPA 7H. Sua fibra possui uma cor marrom escura ou marrom avermelhado e produtividade média de 1600 kg/ha (CARVALHO, 2008).

Outra cultivar que merece destaque, adaptada à região Nordeste, é a BRS Verde, com fibra de coloração verde, podendo ocorrer um pequeno desbotamento apenas da parte do capulho que fica exposta à luz solar. Tem ciclo anual e rendimento que pode chegar até 3.000 kg/ha. Com relação às características tecnológicas de fibra, esse material apresenta baixa percentagem de fibra, resistência de fibra de 25,86 gf/tex e comprimento de fibra de 29,56 mm (2,5% mm) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2002).

A BRS Safira é uma cultivar de algodoeiro herbáceo que possui fibra de cor marrom escura ou marrom avermelhado, porém em tonalidade mais clara que a fibra da BRS Rubi. Possui rendimento médio de 1200 kg/ha, podendo produzir até 3.000kg/ha caso as precipitações sejam normais e bem distribuídas (CARVALHO, 2008).

A cadeia produtiva do algodão, junto às demais fibras artificiais e sintéticas, gera por ano, após todo o processo industrial, mais de 300 bilhões de dólares apenas com a venda da fibra, que movimenta cerca de 35 bilhões de dólares por ano, constituindo uma das principais commodities do mundo (BELTRÃO, 1998). Além da fibra do algodão, o algodoeiro produz vários subprodutos, destacando o óleo, representando cerca de 20% do óleo vegetal produzido mundialmente, a torta, utilizada na alimentação animal e o linter, que possui ampla utilização na indústria, como por exemplo o algodão hidrófilo

(BELTRÃO; SOUZA; PEREIRA, 2000). Outro produto do algodoeiro que merece destaque é a semente, que possui fundamental importância no sistema de produção e manutenção da espécie.

A semente é o principal insumo da agricultura e nela deve ser mantida a qualidade, proporcionando alto rendimento da cultura. Na cultura do algodoeiro, inicialmente, a propagação era realizada com o caroço do algodão, reduzindo a produtividade, ocasionada pela alta incidência de pragas e doenças e baixa qualidade do produto. Atualmente, a propagação é realizada por sementes e, visando à manutenção da qualidade, principalmente a genética, existem práticas de manejo como o isolamento das áreas, reduzindo a contaminação varietal e rouging, eliminando plantas atípicas e doenças.

Apesar dos avanços na tecnologia para produzir sementes de algodão de alta qualidade, ainda existem problemas relacionados à manutenção da sua qualidade durante o armazenamento. A qualidade fisiológica pode ser perdida devido a danos ocasionados pelo beneficiamento e armazenamento em locais com variações de temperatura e umidade relativa, levando à redução do potencial de armazenamento dos lotes de sementes, aumentando o processo de deterioração.

Para as cultivares de algodão coloridas, os trabalhos relacionados a qualidade e conservação de sementes são insuficientes, o que faz necessário estudos voltados para estes aspectos.

2.2 Deterioração de sementes

A deterioração ou envelhecimento de sementes é um processo degenerativo contínuo, que envolve uma sequência de eventos bioquímicos e fisiológicos, levando a uma progressiva queda na qualidade de sementes e culminando na perda da viabilidade (ELLIS, 1991). As mudanças que ocorrem

durante esse processo estão diretamente relacionadas ao período e às condições de armazenamento, ocasionando a redução da velocidade e da uniformidade de emergência, refletindo no desenvolvimento das plantas no campo (BINGHAM; HARRIS; McDONALD, 1994).

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 as variações de temperatura durante a maturação, flutuações das condições de umidade do 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 temperatura e a umidade relativa do ar são fatores fundamentais que podem interferir no armazenamento de sementes, visto que o alto teor de água na semente, aliado a elevadas temperaturas aceleram o metabolismo, levando à redução da qualidade. A redução do potencial de armazenamento é uma das manifestações do processo de deterioração que, por sua vez, culmina com a redução do poder germinativo (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Além destes fatores, a velocidade de deterioração de sementes durante o armazenamento é influenciada pela taxa de crescimento dos patógenos existentes, localização e severidade de danos mecânicos, condição fisiológica inicial da semente e as características genéticas da cultivar. Todo esse conjunto acelera o processo de deterioração e podem ser responsabilizados pelas diferenças de comportamento entre lotes armazenados nas mesmas condições (CARVALHO; VON 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 microrganismos associados (BROD, 2005).

Em sementes de algodão, além dos fatores mencionados acima que podem influenciar no processo de deterioração, o descaroçamento e o deslincamento, além do armazenamento temporário dos fardos no campo podem causar efeitos imediatos e latentes na sua qualidade, acelerando a deterioração (SILVA et al., 2006).

Associadas às alterações da qualidade das sementes armazenadas decorrentes do local e do processamento, a deterioração envolve 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 (PRIESTLEY, 1986); quebra parcial das proteínas; alterações nas membranas celulares, com redução da integridade, aumento da permeabilidade e desorganização das membranas celulares. 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).

A peroxidação de lipídios, que é a causa subsequente de danos na membrana (CHANG; SUNG, 1998) é ocasionada pelo envelhecimento das sementes. Essas alterações levam a lixiviação de substâncias essenciais, reduzindo à germinação (GOEL; SHEORAN, 2003).

Além da perda da integridade das membranas durante o processo de deterioração, verifica-se também uma redução da produção de ATP causada pela fermentação alcoólica; diminuição na síntese de proteínas e ácidos nucleicos e degeneração cromossômica (BEWLEY; BLACK, 1994). 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 nos níveis de transcrição e tradução com o envelhecimento das sementes (VIEIRA et al., 2002) e à degradação de

macromoléculas, levando a diminuição da atividade bioquímica da semente (COOLBEAR, 1995).

Dentre as teorias propostas por diversos autores para elucidar o processo de deterioração, a degeneração das membranas e a inativação enzimática têm sido as mais estudadas. Delouche e Baskin (1973), estudando o envelhecimento artificial em sementes de milho, afirmaram que o processo de deterioração se inicia com a desorganização de membranas e a perda da sua integridade. Esta perda de integridade está associada à ação dos radicais livres, causando alterações bioquímicas em nível celular, desequilibrando a regulação osmótica de solutos pelas membranas celulares ao nível celular e organelas (WILSON; MCDONALD, 1986).

Os radicais livres são grupos de átomos com um elétron não pareado, altamente reativo e instável, sendo os mais importantes a hidroxila (OH^\cdot), superóxido (O_2^\cdot) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Uma vez presente na célula, estes podem iniciar reações oxidativas em cadeia, altamente prejudiciais, especialmente com ácidos graxos polinsaturados, originando hidroperóxidos de lipídios (COOLBEAR, 1995; DESAI et al., 1997).

Uma vez desestruturado o sistema de membranas, os lipídios estruturais presentes reagem com o oxigênio molecular, resultando na formação de radicais livres e peróxidos de ácidos graxos com relativa instabilidade (CARVALHO, 1999). O aumento da peroxidação lipídica, através da ação de radicais livres e peróxidos, é uma das prováveis razões para perda da viabilidade de sementes durante o armazenamento (SUNG, 1995). Este processo acarreta uma série de reações que originam produtos potencialmente tóxicos (MARCOS FILHO, 2005), com a liberação dos radicais superóxidos (ARAÚJO, 1994) e hidroxila (CARVALHO, 1994), promovendo alterações nas membranas das cristas mitocondriais e conseqüente decréscimo na formação de ATP (MARCOS FILHO, 2005).

Os ácidos graxos insaturados, na presença de superóxido, produzem radicais livres e hidroperóxidos insaturados (produtos primários). Na medida em que sofrem novas reações, produzem compostos secundários de menor peso molecular (WILSON; MCDONALD, 1986). Estas reações são aceleradas pela lipoxigenase, enzima que contribui na peroxidação de lipídios e na geração de radicais livres.

As lipoxigenases (LOX) são enzimas que catalisam a adição do oxigênio molecular aos ácidos graxos polinsaturados com estrutura cis, cis-1,4-pentadieno. Todas as substâncias ligadas a lipídios que possuam essa estrutura, como ácidos graxos de cadeia longa, ésteres, fosfolipídios, alcoóis, glicerídeos, álcoóis sulfatados e hidroxamatos, podem ser utilizadas como substratos para esta enzima. Os ácidos graxos linoleico e linolênico são comumente encontrados em plantas superiores, sendo o primeiro mais abundante (HIDELDRAND et al., 1988) e os principais substratos para esta enzima na maioria dos tecidos vegetais. Os teores desse ácido graxo em sementes de algodão variam entre 49% (LATIF et al., 2007) a 50% (AHMAD et al., 2007).

Em sementes que possuem óleo como principal componente de reserva, no início da germinação ocorre um aumento na formação dos hidroperóxidos de lipídios armazenados, podendo ser detectada a presença da isoforma LOX 13 na camada fosfolipídica dos corpos lipídicos. Esta antecede a ação de lipases, sendo responsável pela oxidação na cadeia carbônica do ácido graxo e possuindo ainda a capacidade de oxidar resíduos de ácidos graxos esterificados (FEUSSNER et al., 2001), produzindo ácidos, aldeídos, cetonas e alcoóis de cadeia carbônica curta (LEONI et al., 1985).

A atividade da LOX tem sido associada à redução da qualidade de vários produtos, devido ao seu papel na formação de compostos voláteis e formação de radicais livres, que podem atacar outros componentes como vitaminas, compostos fenólicos, e proteínas. Quando esta enzima é ativada, ocorre a

oxidação de ácidos graxos polinsaturados, principalmente do ácido linoleico e linolênico. Ela também ocasiona a destruição de carotenoides, retinol, tocoferóis, ácido ascórbico, além das proteínas e aminoácidos (SANZ et al., 1991).

Apesar de a perda da integridade de membranas ser o primeiro sinal de deterioração de sementes para vários autores, outros indicam que, antes da desestruturação das membranas celulares, o aumento da atividade ou inativação de algumas enzimas podem estar contribuindo para iniciar o processo deteriorativo das sementes. Por isso, várias pesquisas em nível bioquímico estão sendo utilizadas como ferramentas para verificação destas causas, como o uso de isoenzimas.

As isoenzimas são grupos enzimáticos que possuem afinidade pelo mesmo substrato. Estas podem ser utilizadas como metodologia alternativa para o estudo da deterioração em sementes, pois permite identificar os pontos iniciais em que ocorrem alterações em nível celular, bem como de afirmações mais seguras sobre as reais causas de eventos deteriorativos e suas conseqüências na redução da qualidade das sementes (CAMARGO, 2003). Enzimas desempenham um importante papel no progresso da deterioração de sementes e sua atividade pode ser um indicativo da perda da qualidade (BRANDÃO JÚNIOR, 1996) e ou estágio de maturação por meio das variações eletroforéticas, principalmente àquelas relacionadas à respiração, peroxidação lipídica e remoção de radicais livres (CHAUHAN; GOPINATHAN; BABU, 1985)

Existem enzimas que são consideradas “scavenger”, ou seja, removedoras de radicais livres formados durante o processo deteriorativo em sementes. Neste contexto, de acordo com McDonald (1999) a catalase, peroxidase e superóxido dismutase são apontadas como as principais enzimas envolvidas na remoção de radicais livres.

As superóxidos dismutase (SOD) são um grupo de enzimas cuja função é catalizar a reação de dismutação de radicais superóxidos livres (O_2^-) produzidos em diferentes locais na célula, para oxigênio molecular (O_2) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (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, podendo levá-la à morte, principalmente na presença do ferro (EATON, 1991)

Para reduzir o efeito fitotóxico do peróxido de hidrogênio na célula, as enzimas catalase e peroxidase começam a atuar. A catalase é uma enzima capaz de realizar a desintoxicação de (O_2) e (H_2O_2). Ela está presente nos peroxissomas das células, quebrando o peróxido de hidrogênio em oxigênio molecular e água, sem a produção de radicais livres. Em outros compartimentos, como no citosol e na matriz mitocondrial, o peróxido de hidrogênio é removido pelas peroxidases (MCDONALD, 1999).

Em algumas pesquisas, há a correlação entre a perda da viabilidade das sementes e a queda na atividade da enzima peroxidase. Essas enzimas hidrolíticas liberam ácido graxo dos lipídios, os quais são usados na β -oxidação, como fonte de energia para os eventos germinativos. Enquanto muitos desses lipídios são provenientes de lipossomos, alguns são constituintes de membranas, pois essa enzima está ligada à desestruturação das membranas, cuja degradação aumenta com a deterioração. Santos, M Menezes e Vilela (2005) observaram aumento na atividade de esterase durante o armazenamento de sementes de feijão, sendo o aumento mais expressivo na cultivar de menor qualidade fisiológica.

Aung e McDonald (1995), ao avaliarem a atividade da esterase durante a deterioração de sementes de amendoim, observaram um decréscimo na sua atividade total, com o aumento de deterioração, tanto em sementes embebidas como não embebidas. 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 (SCANDALIOS, 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).

As lipases são enzimas solúveis em água que catalisam a hidrólise de ligações ésteres em moléculas de triacilgliceróis (SALAH et al., 2006). Em plantas, as lipases são encontradas em tecidos de reserva de energia (SHARMA; CHISTI; BANERJEE, 2001) e as sementes oleaginosas provavelmente usam esta enzima durante os primeiros estágios de germinação, iniciando o metabolismo de triacilgliceróis estocados através da hidrólise dos ácidos graxos. Os ácidos graxos liberados são levados às vias de produção de energia e assim, fornecem energia para o crescimento do embrião (STAUBMANN et al., 1999).

Dependendo da espécie, as lipases podem estar localizadas nos corpos lipídicos ou em outros compartimentos celulares. Quando estas estão localizadas além dos corpos lipídicos, a lipase pode estar associada a organelas ou pode ser encontrada livremente (EASTMOND, 2004).

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, α e β -amilase, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase com o aumento do envelhecimento. Para Basavarajappa et al.,

(1991), a diminuição na atividade de enzimas removedoras de peróxidos pode tornar a semente mais sensível aos efeitos de O₂ 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 associada às alterações bioquímicas que conduzem ao comprometimento de suas atividades metabólicas. Em sementes que possuem lipídios como material de reserva, como o algodão, além das enzimas citadas anteriormente os inibidores de protease e o conteúdo de lipídios podem ser indicadores da qualidade das sementes (FREITAS et al., 2004).

A habilidade das sementes de resistirem a estresses poderia estar relacionada na sua capacidade de remover o oxigênio ativo a fim de evitar outras peroxidações por lipídios (LEPRINCE et al., 1993; VERTUCCI; FARANT, 1995). Foyer et al. (1991) afirmaram que as plantas possuem sistemas antioxidantes, protegendo as membranas celulares e organelas de efeitos prejudiciais do oxigênio ativo, prevenindo ou reduzindo os danos celulares causados pela peroxidação de lipídios. No caso das sementes de algodão são encontrados os tocoferóis, também conhecidos como vitamina E.

A atividade antioxidante do tocoferol ocorre devido à sua capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, interrompendo a etapa de propagação da reação em cadeia, e depende, além da estrutura química, de fatores como temperatura, composição, estado físico, concentração de tocoferóis e da presença de espécies químicas que podem atuar como pró-oxidantes (LAMBELET; SAUCY; LÖLIGER, 2001; NOGALA-KALUCKA et al., 2005; WHITE, 2000).

As informações sobre o conhecimento da atividade do tocoferol e seu efeito em inibir a oxidação de lipídios em sementes de algodão são limitadas. No entanto, tornam-se necessários estudos que verifiquem se a longevidade das sementes de algodão pode estar associada aos teores de tocoferol presentes nas mesmas e se o efeito das condições de armazenamento influencia na concentração desse produto.

2.3 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).

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 à espécie e da sua qualidade inicial, mas as condições do armazenamento podem modificar o seu potencial de conservação. Portanto, informações sobre o 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; OLIVEIRA, 2004).

O potencial de armazenamento de um determinado lote determina a manutenção da porcentagem de suas sementes viáveis, mas isto dependerá de uma série de fatores como a umidade relativa do ar, grau de umidade das sementes, temperatura, embalagens, dentre outros (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O armazenamento após a colheita deve ser conduzido de maneira que possibilite reduzir as transformações bioquímicas que provocam a deterioração, além de evitar o desenvolvimento de insetos e microrganismos, os quais contribuem para a diminuição da qualidade fisiológica (CARVALHO; VILELA, 2006).

A longevidade das sementes 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 armazenamento de sementes de algodão é realizado em armazéns, em locais secos e ventilados, onde as sementes são deslintadas e embaladas em sacos de papel multifoliado. A depender das condições de armazenamento, lotes de sementes com germinação semelhante podem apresentar comportamento diferenciado da germinação devido às diferenças no processo de deterioração (PÁDUA; VIEIRA, 2001).

Além dos danos causados pelo processamento pós-colheita, os microrganismos associados às sementes também aceleram o processo de deterioração, reduzindo assim a qualidade fisiológica. Dentre eles, os fungos de armazenamento, tais como do gênero *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. são os mais encontrados. Em sementes de algodão com diferentes níveis de vigor, armazenadas em condição ambiente, foi verificado que até o oitavo mês houve

manutenção da qualidade e a sua redução está associada à ocorrência de *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. (PÁDUA; VIEIRA; BARBOSA, 2002).

É verificado em sementes de algodão que a qualidade inicial do lote é imprescindível na determinação da viabilidade ao longo do armazenamento. Sementes com baixo vigor e com elevada incidência de fungos, enfatizando os gêneros *Aspergillus* sp. e *Penicillium* spp. aceleram o processo de deterioração, principalmente quando são submetidos em condições de armazenamento sem controle de umidade relativa e temperatura (FREITAS et al., 2000; MEDEIROS FILHO, 1996; PÁDUA; VIEIRA; BARBOSA, 2002; PAOLINELLI; BRAGA, 1997). Já sementes que são armazenadas em condições controladas, a preservação da qualidade é mantida por períodos mais prolongados (BRUNO et al., 2001; CAMARGO, 2003).

Com base no conhecimento do processo deteriorativo de sementes, foram desenvolvidos testes de vigor que permitem avaliar o estado atual da sementes e também relacioná-lo com o desempenho no armazenamento ou no campo, verificando a resposta das sementes à situações de estresse (FESSEL, 2006). A escolha do teste de vigor deve atender a objetivos específicos, sendo importante a identificação da característica avaliada e sua relação com o comportamento das sementes diante de determinada situação (MARCOS FILHO, 1999). Deve-se considerar, entretanto, que não existe um teste de vigor que possa ser recomendado exclusivamente para avaliar as sementes (VIEIRA, 1999).

Em algodão, os testes mais utilizados para avaliar o desempenho das sementes durante o armazenamento são a germinação, germinação sob baixa temperatura, emergência em bandeja, envelhecimento acelerado, teste de frio, condutividade elétrica e sanidade (FREITAS et al., 2004; KIKUTI et al., 2002; PÁDUA; VIEIRA, 2001; SILVA, 2009).

Em sementes de algodão colorido, testes como primeira contagem, comprimento de plântulas e condutividade elétrica foram utilizados para avaliar o comportamento da cultivar BRS Verde durante o armazenamento (QUEIROGA; QUEIROZ; GOUVEIA, 2005). No entanto, estudos mais detalhados para verificar o comportamento de cultivares de algodão colorido por meio de testes que avaliem a qualidade das sementes ao longo do armazenamento se fazem necessários.

2.4 Composição química e propriedades físico-químicas de óleo em sementes

Os componentes de reserva das sementes usualmente consistem em proteínas de armazenamento, carboidratos (açúcares) e lipídios de reserva (triacilgliceróis). Sua proporção relativa e o tecido de localização dependem da espécie em questão. No caso das sementes de algodão, seu principal componente de reserva são os lipídios (25-30%), seguido das proteínas (25%) e dos carboidratos (15%) (MARCOS FILHO, 2005).

Nas sementes, os lipídios são armazenados na forma de triacilgliceróis. Ao utilizar como fonte de energia, os triacilgliceróis são hidrolisados em ácidos graxos e glicerol por meio da ação de lipases e esses ácidos graxos são transportados para os peroxissomos onde são ativados em Acil-CoA e iniciam o processo da beta oxidação. O acetil-CoA produzido na beta oxidação é enviado ao ciclo do glioxilato, participando logo após da gluconeogênese, produzindo os açúcares necessários para nutrir o embrião e favorecer a germinação (QUETTIER; EASTMOND, 2009).

Os ácidos graxos presentes nas sementes de algodão possuem na sua maior proporção os ácidos polinsaturados (entre 45% e 55%), seguidos dos saturados (entre 25% e 30 %) e os monoinsaturados (entre 15 e 20%). Devido a este tipo de composição, as sementes de algodão quando são submetidas a

diferentes condições de armazenamento podem sofrer alterações na sua composição devido à insaturações presentes no seu óleo, principalmente dos ácidos graxos polinsaturados, sendo este convertido em ácidos graxos saturados (FREITAS, 2003).

O fato de ocorrer alterações na composição dos ácidos graxos se deve a oxidação de lipídios, causadas pelo processo de deterioração. Esta oxidação ocorre através da peroxidação lipídica, já que as sementes quando armazenadas são submetidas ao ataque lento do oxigênio, formando hidroperóxidos, outros ácidos graxos oxigenados e os radicais livres, sendo este processo acelerado pela ação das lipoxigenases (WILSON; MC DONALD, 1986). Devido a este fato, a composição dos ácidos graxos presentes nas sementes é alterada pela ação das enzimas lipolíticas, acelerando assim a deterioração das sementes.

Os ácidos graxos livres são produtos da peroxidação de ácidos graxos polinsaturados. Estes, quando não há a ação das enzimas removedoras de peróxidos como a catalase, a peroxidase ou a superóxido dismutase, têm potencial para danificar o sistema de reparo de membranas celulares, a atuação de enzimas e proteínas. Neste sentido, a quantificação de ácidos graxos livres pode ser um bom marcador para indicar o processo de deterioração das sementes como a perda de vigor, germinação baixa e aumento da anormalidade de plântulas, devido a efeitos deletérios nas células causados pelo aumento da produção de ácidos graxos livres (IQBAL; BASRA; KHALIL-UR-REHMAN, 2002; PRIESTLEY; WARNER; LEOPOLD, 1985).

Outros parâmetros utilizados na avaliação da qualidade do óleo contido nas sementes podem ser indicativos de alterações na composição de ácidos graxos. Neste sentido, o índice de iodo é uma medida da insaturação presente nos lipídios, indicando que uma maior insaturação corresponde ao maior quantidade de ácidos graxos insaturados como o oleico, linoleico e linolênico (KNOTHE, 2002). O índice de saponificação demonstra a presença de óleos

com elevada proporção de ácidos graxos de baixo peso molecular, indicando assim elevados valores. Este índice pode estabelecer o grau de deterioração e a estabilidade das moléculas de ácidos graxos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos nos Laboratórios de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura, no Centro de Análise e Prospecção Química e Laboratório de Química Orgânica, do Departamento de Química, na Usina de Biodiesel, do Departamento de Engenharia, no Laboratório de Produtos Vegetais, do Departamento de Engenharia de Alimentos, nos Laboratórios de Fisiologia do Parasitismo e Patologia de Sementes do departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, MG nos anos de 2009 e 2010. Foram utilizadas sementes de algodão de cultivares com cor de pluma branca (BRS Aroeira e CNPA 187-8H) e colorida (BRS Rubi e BRS Verde), fornecidas pela Embrapa Algodão, localizada em Campina Grande, PB, da safra 2009.

As sementes foram homogeneizadas e divididas em divisor centrífugo, acondicionadas em sacos de papel multifoliado e armazenados em câmaras climatizadas a 10 °, 25 ° e 30 °C, localizadas no Laboratório Central de Sementes da UFLA. A qualidade inicial das sementes encontrada foi de 82%, 89%, 68% e 91% nas cultivares BRS Rubi, BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 187-8H respectivamente.

Inicialmente e a cada 90 dias, por um período de 360 dias foram realizadas análises da qualidade física, fisiológica, sanidade, caracterização bioquímica, composição química, composição de ácidos graxos e avaliação físico-química do óleo, conforme metodologias descritas a seguir:

3.1 Qualidade física e fisiológica

A qualidade física e fisiológica das sementes de algodão foi avaliada pelas seguintes determinações:

Peso de mil sementes – foi determinado conforme metodologia descrita por Brasil (2009).

Determinação do teor de água – foi realizada pelo método da estufa, a 105 °C por 24 horas, com duas repetições de 15 g por tratamento, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em % com base no peso úmido.

Germinação – foram utilizadas 8 subamostras contendo 25 sementes, semeadas em rolo de papel germitest, umedecidos com 2,5 vezes o peso do substrato em água, e mantidas em germinador a 25 °C, realizando-se a primeira contagem ao quarto dia e a última aos doze dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Emergência sob condições controladas - a semeadura foi realizada em substrato terra:areia na proporção 1:2, umedecido até 60% da capacidade de retenção de água em caixas plásticas. As caixas foram dispostas em câmara de crescimento vegetal a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais ao 14º dia. Paralelamente ao teste de emergência foi realizado o índice de velocidade de emergência, computando-se diariamente o número de plântulas emergidas, utilizando-se da fórmula proposta por Maguire (1962). Foi ainda determinada a massa seca da parte aérea de plântulas utilizando-se as plântulas normais emergidas após 14 dias. Estas foram mantidas em sacos de papel e acondicionadas em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C por 24 horas, pesadas e o valor obtido dividido pelo número de plântulas utilizadas, obtendo os dados em mg.plântula^{-1} (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Envelhecimento acelerado – foi utilizada a metodologia proposta pela Association of Official Seed Analysis – AOSA (1983), em que 200 sementes foram distribuídas sobre tela de alumínio fixada em caixas plásticas tipo gerbox,

contendo 40 mL de água destilada e acondicionadas em incubadoras tipo BOD a 42 °C, durante 60 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente e realizada contagem de plântulas normais emergidas aos 4 dias.

Teste frio - a semeadura foi realizada em substrato terra:areia na proporção 1:2 acondicionado em caixas plásticas e umedecido até 70% do volume total de poros e levadas a câmara fria (± 10 ° C e 45% UR) por 7 dias. Após este período, as bandejas foram transferidas para câmara de crescimento vegetal a 25 ° C e avaliação foi realizada quando se estabilizou o estande. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (KRZYŻANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Condutividade elétrica de massa - foi realizado com 4 repetições de 50 sementes. Após serem contadas, as sementes foram previamente pesadas em e colocadas para embeber 75 mL de água deionizada, contida em copos plásticos. Em seguida foram mantidas em BOD, à temperatura constante de 25 °C, permanecendo por 24 horas (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997). Depois de condicionadas, a condutividade elétrica da solução foi medida por meio do condutivímetro da marca Digimed, modelo CD-21, com resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

3.2 Qualidade sanitária

A qualidade sanitária das sementes foi verificada pelo teste de sanidade, utilizando o método do papel de filtro ou *Blotter test*, com o uso de 2,4-D, em 200 sementes, divididas em 8 repetições de 25, dispostas em placas de Petri sobre três folhas de papel filtro embebidas em água destilada, 2,4-D e ágar. As placas foram mantidas em câmara de incubação de sementes a 20 ° C e

fotoperíodo de 12 horas por sete dias e avaliadas a incidência de fungos nas sementes, com o auxílio de microscópio estereoscópico.

3.3 Atividade de isoenzimas

As análises isoenzimáticas foram realizadas no Laboratório Central de Sementes. Inicialmente, os tegumentos das sementes foram removidos manualmente e os embriões liofilizados por 24 horas. Após a liofilização, os embriões foram macerados com o auxílio de um almofariz e pistilo, em presença de PVP e armazenadas a $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para a extração das isoenzimas, foi utilizado o tampão Fosfato, contendo 0,6 g de Fosfato de sódio dibásico a 0,034 M; 7 g de sacarose 2 M, 2,56 g de PVP; 0,05 g de DTT 0,003 M; 0,1 g de ácido L-ascórbico 0,0025 M; 1 g de PEG 6000 e 0,2% de 2-mercaptoetanol, sem a necessidade de ajuste de pH, na proporção de 400 μL por 100 mg das sementes, homogeneizado e mantido por 12 horas a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguido de centrifugação a 16.000 xg por 30 minutos a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A corrida eletroforética foi realizada em sistema de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema gel/eletródo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 50 μL do sobrenadante da amostra e a corrida efetuada a 120 V por 5 horas (ALFENAS, 2006). Terminada a corrida, os géis foram revelados para os sistemas **catalase** (CAT – EC 1.11.1.6), **esterase** (EST - EC 3.1.1.1), **lipase** (EC 3.1.1.3), **superóxido dismutase** (SOD - EC 1.15.1.1), **peroxidase** (PO - EC 1.11.1.7), **malato desidrogenase** (MDH - EC 1.1.1.37), **fosfatase ácida** (ACP - EC 3.1.3.2), **fosfogluco isomerase** (PGI - EC 5.3.1.9), conforme Alfenas et al. (1998) e **lipoxigenase** (LOX – EC 1.13.11.12), conforme Kitamura (1983).

3.4 Composição química

A determinação da composição química foi realizada no Laboratório de Produtos Vegetais, localizado no Departamento de Ciências dos Alimentos da UFLA. As sementes foram moídas e para cada tratamento foram utilizadas três repetições. As determinações realizadas foram:

Grau de umidade – foi realizado conforme o método descrito pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1995).

Lipídios - Foram pesadas três gramas das amostras secas, referentes aos diversos tratamentos e colocados em cartucho de papel de filtro. Posteriormente, o cartucho foi acoplado em aparelho do tipo Soxhlet, juntamente com o balão de fundo chato, previamente secado a 105 °C e pesado. Foram adicionados 200 mL de éter etílico e levado a extração contínua por 8 horas. Finalizado o período de extração, o cartucho foi removido e o éter destilado. Após destilação, o resíduo que contém o óleo foi levado à estufa a 105 °C por uma hora, resfriado em dessecador e pesado em balança de precisão. Os resultados foram expressos em porcentagem, conforme AOAC (1995).

Proteínas – A fração protéica foi obtida segundo o método Kejedahl, descrito pela AOAC (1990). Após a extração dos lipídios, as amostras desengorduradas foram pesadas em 1g e transferidos para balão de Kejedahl. Foram adicionados 25 mL de ácido sulfúrico e aproximadamente 6g da mistura catalítica, composta sulfato de cobre e sulfato de zinco. Os balões foram levados ao aquecimento e mantidos no bloco digestor, na capela, até que a solução se tornasse azul-esverdeada e livre de material não digerido. Após a digestão, as amostras foram destiladas com a adição de 25 mL de solução de hidróxido de sódio a 25% até obter um volume de 75 mL de solução destilada e esta foi titulada em solução de ácido clorídrico 0,01 M, utilizando fenolftaleína. Os

resultados foram expressos pela determinação da porcentagem de nitrogênio total na amostra, ajustado pelo fator de correção de 6,25.

Fibra – a fibra bruta foi determinada pelo método gravimétrico, após hidrólise ácida em ácido acético, ácido nítrico e ácido tricloroacético, segundo a metodologia descrita por Van de Kramer e Van Ginkel (1952).

Resíduo mineral fixo – foi determinado pela incineração das amostras em temperatura de 550 °C em mufla, conforme as normas estabelecidas pela AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Carboidratos – os carboidratos foram determinados pelo cálculo de diferença entre a porcentagem total e o somatório das frações de água, lipídios, proteínas, fibras e resíduo mineral fixo.

3.5 Propriedades físico-químicas do óleo

Para a determinação das propriedades físico-químicas, as sementes foram imersas em nitrogênio líquido e moídas em moinho refrigerado. Pesou-se 100 g da semente moída por tratamento em balão de fundo redondo e boca esmerilhada de 500 mL. Foram adicionados 200 mL de n-hexano até cobrir as sementes e estes foram levados para o aparelho soxhlet, onde permaneceram por 24 horas em refluxo. Após este período, o material foi filtrado, com o auxílio de bomba à vácuo e separada a fase sólida da líquida, na qual continha o óleo. Para a remoção do hexano foi utilizado o evaporador rotativo Büchi-144, sob pressão reduzida. O óleo obtido de cada amostra foi levado à estufa a aproximadamente 35 °C por 24 horas para a completa evaporação do solvente. A extração foi realizada em triplicata. Obtido o óleo, foram realizadas as seguintes determinações:

Densidade relativa – foi determinada pela metodologia descrita pela AOAC (1990). O óleo em temperatura de 20 °C foi colocado no recipiente do

picnômetro até enchê-lo. A amostra foi levada ao banho –maria a temperatura de 25 °C, com variação de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$. O material foi conservado em água por 30 minutos até atingir a temperatura de 25 °C, retirado do banho, seco e levado para pesar. Uma amostra contendo água foi utilizada para realização dos cálculos. Os resultados foram expressos em densidade relativa.

Índice de refração - foi determinado em refratômetro de Bausch & Lomb (AABÉ-3L). O equipamento foi ajustado inicialmente com água destilada a 20 °C para 1,333, e em seguida medido o índice de refração absoluto do óleo pela leitura na escala (AOCS, 1990).

Índice de iodo – foi determinado por cálculo da composição de ácidos graxos insaturados obtidos a partir da análise por cromatografia gasosa para os ácidos graxos livres, de acordo com a AOCS (1995). Para o cálculo foram utilizados os ácidos graxos palmitoleico, oleico, linoleico, linolênico, gadoleico e erúcido, multiplicados por seus índices e posteriormente somados. Os resultados foram expressos em índice de iodo dos ácidos graxos livres.

Índice de acidez - foi determinado pelo método titulométrico. Dois gramas (2 g) de cada amostra foi pesada em frasco erlenmeyer de 125 mL e adicionada à solução de éter:álcool na proporção de 2:1 neutra. Adicionou-se 2 gotas da solução de fenolftaleína e titulada com a solução de hidróxido de sódio 0,1 M, até o aparecimento da coloração rósea. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido oleico ou porcentagem de acidez (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Índice de saponificação – foi determinado por titulometria. Foram pesadas 5 gramas de cada amostra e adicionados 50 mL da solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4%. As amostras foram levadas ao condensador e deixadas ferver até a saponificação da amostra. Após o resfriamento do frasco, foi adicionado 1 mL da solução indicadora e titulada com a solução de ácido

clorídrico 0,5M até o desaparecimento da cor rósea. Os resultados foram expressos em mg de KOH.g⁻¹ de óleo (AOCS, 1990).

3.6 Determinação da composição e quantificação de ácidos graxos

Para a composição dos ácidos graxos, as sementes foram moídas em moinho refrigerado com a adição de nitrogênio líquido e realizado o processo de extração, em aparelho soxhlet, utilizando o hexano como solvente a temperatura de 45 °C e ao abrigo da luz, por 8 horas. O solvente foi removido em evaporador rotativo a 45 °C e as amostras foram congeladas a -20 °C até a realização das análises.

Na determinação do perfil de ácidos graxos, a saponificação das amostras foi realizada no Laboratório Central de Análise de Sementes. As amostras foram esterificadas segundo a metodologia descrita por Hartman e Lago (1973). 0,1 g da amostra foi pesada em tubo com tampa e adicionado 2 mL da solução metanólica de NaOH 0,5 M e levado a banho-Maria a 100 °C por cinco minutos, posteriormente ao banho de gelo até esfriar. Foram adicionados 2,5 mL do reagente esterificante, composto por ácido sulfúrico, cloreto de amônia e metanol e levado novamente ao banho-Maria a 100 °C por cinco minutos e resfriado no banho de gelo. A esta solução foi adicionado 2 mL da solução saturada de NaCl e os tubos foram levados para agitação em vortex por 10 segundos. Foi adicionado 2,5 mL de hexano e agitado novamente por 10 segundos no vortex. Os tubos foram levados à centrifugação para separação das fases a 3000 rpm por 10 minutos. A fase superior contendo o hexano e a mistura de ácidos graxos esterificados foi transferida para o vial âmbar e seco em nitrogênio e armazenado a -20 °C até a análise cromatográfica.

A análise de composição e quantificação dos ácidos graxos foi realizada no Laboratório Central de Análise e Prospecção Química, localizada no

departamento de Química da UFLA, por cromatografia gasosa. Foi utilizado o cromatógrafo a gás SHIMADZU, modelo GC-2010, equipado com o detector de ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida de 100 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, contendo polietilenoglicol como fase estacionária líquida (SUPELCO SPTM 2560 Capillary GC Column). Como padrão foi utilizado a mistura de 37 ésteres metílicos (SUPELCOTM 37 Component FAME Mix).

Na análise, os seguintes padrões operacionais utilizados foram: modo de injeção “split”, com razão de divisão de 1:100; volume de injeção de 1 µL; temperatura do detector e do injetor de 260 °C; programa de temperatura de 4 °C/minuto, até atingir 140 °C, por 5 minutos; rampa de aquecimento de 4 °C/minuto até atingir 240 °C, por 30 minutos.

Para a realização desta análise, foi necessário redissolver as amostras em 0,5 mL de n-hexano. Obtidos os cromatogramas, a identificação dos ácidos graxos foi determinada pela comparação com o padrão e calculada a porcentagem relativa da área total dos picos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições para as determinações da qualidade de sementes e as demais em 3 repetições. Foi utilizado o esquema fatorial 3x5, correspondente a 3 temperaturas de armazenamento (10°, 25° e 30 °C) e 5 épocas de avaliação (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Devido ao fato de não se ter realizado a produção de sementes, cada cultivar foi analisada isoladamente. As variáveis analisadas foram submetidas ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias por meio do software estatístico SAS®. Quando houve necessidade, os resultados foram transformados de acordo com o tipo de variável utilizada. Os dados foram submetidos à análise de regressão e comparação de médias (Scott-Knott) ao nível de 5% de significância, por meio do software estatístico SISVAR®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade física e fisiológica das sementes

Os dados referentes à temperatura e umidade relativa do ar no período de armazenamento das sementes podem ser visualizados na Figura 1. Observam-se reduções de temperatura e umidade relativa do ar nos meses de maio a agosto, correspondente ao período mais seco e frio na região.

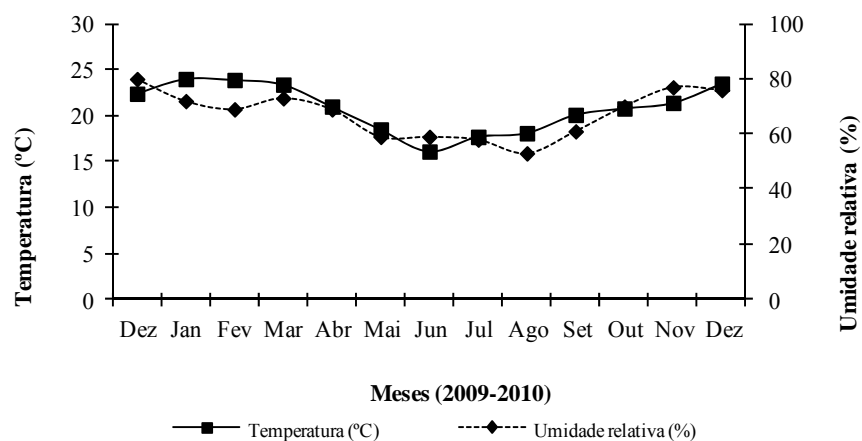


Figura 1 Temperatura e umidade relativa média local no período de execução do experimento

As condições de umidade relativa podem influenciar no teor de água das sementes armazenadas, principalmente quando submetidas à temperatura de 25 °C e 30 °C, pois nestes locais havia somente o controle da temperatura. Esse fato ser evidenciado na Figura 2.

O teor de água das sementes variou entre a temperatura e a época de armazenamento para todas as cultivares avaliadas. No entanto, para a cultivar BRS Aroeira essa tendência foi verificada apenas para sementes armazenadas a 30 °C. Nas demais, observa-se a ocorrência de variações no teor de água das

sementes mantidas às temperaturas de 25 °C e 30 °C aos 180 dias. A partir de 270 dias, as mesmas voltaram a absorver água até alcançarem o teor observado no início do armazenamento.

As sementes armazenadas em temperatura de 10°C atingiram o equilíbrio higroscópico devido ao controle de umidade verificado neste local. Sementes armazenadas em temperaturas mais elevadas perdem a umidade até atingirem o equilíbrio higroscópico entre o ambiente de armazenamento e a massa de sementes (VILLELA; SILVA, 1992), o que pôde ser verificado no presente trabalho. O período em que as sementes perderam água coincide com o período mais seco do ano, ocorrendo redução no grau de umidade das sementes.

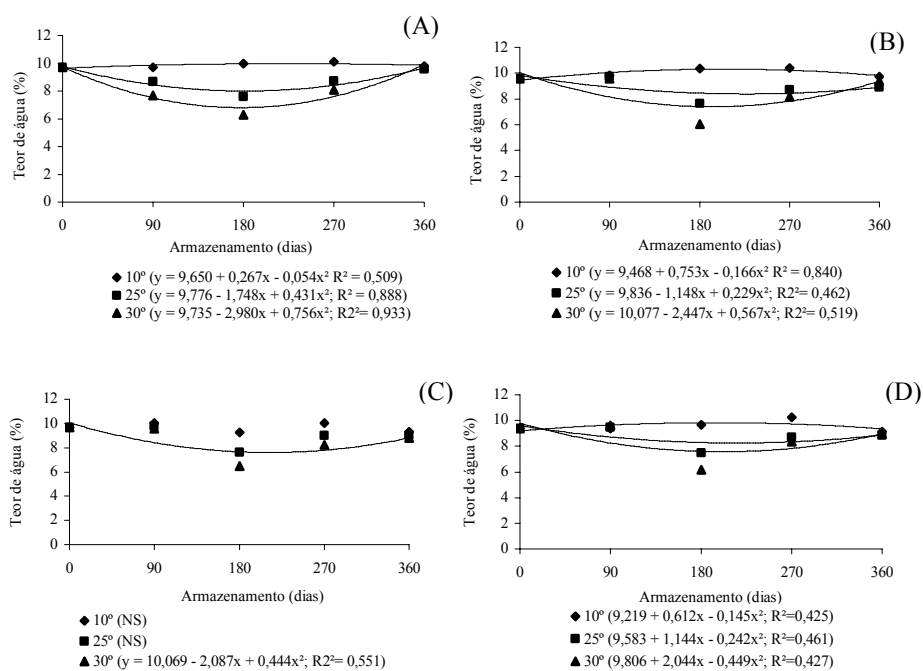


Figura 2 Resultados do teor de água das sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D), ao longo do o armazenamento em diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Não foram observadas diferenças entre o local e época de armazenamento para o peso de mil sementes. As médias observadas foram de 79,8 g, 96,9 g, 76,3 g e 103,6 g, nas cultivares BRS Rubi, BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 1878-H, respectivamente.

Pela análise da primeira contagem e germinação, para todas as cultivares notam-se reduções na qualidade fisiológica ao longo do armazenamento (Figura 3).

Para as cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, houve redução na primeira contagem e na porcentagem de germinação durante o armazenamento (Figura 3 A e B), independente do local em que foram mantidas. Verifica-se que para a cultivar BRS Aroeira pode ser observada redução da qualidade das sementes mais acentuada a partir dos 90 dias de armazenamento.

Já na cultivar BRS Verde, os diferentes locais e o período de armazenamento influenciaram na redução do vigor avaliados pela primeira contagem de germinação, enquanto que para a porcentagem de germinação, houve efeito isolado do local e época de armazenamento (Figura 3 C e D, Tabela 1). Em sementes mantidas em 10 °C, a redução do vigor verificada pela primeira contagem foi menor quando comparado ao armazenamento em temperatura de 30 °C, a partir de 90 dias de armazenamento (Figura 3 C). Esses resultados já eram esperados, uma vez que sementes de algodão armazenadas em ambiente não controlado apresentam redução na qualidade, como observado por Queiroga et al. (2009). O potencial germinativo foi das sementes para esta cultivar foi perdido ao longo do armazenamento (Figura 3 D) e também quando estas foram mantidas em temperatura de 30 °C (Tabela 1).

Para a cultivar CNPA 187-8H a qualidade das sementes verificada por meio da primeira contagem decresceu durante o armazenamento e também nos diferentes locais em que permaneceram armazenadas (Figura 3 E, Tabela 1). Para a porcentagem de germinação, o efeito entre local e época de

armazenamento influenciou na qualidade das sementes para esta cultivar (Figura 3 F).

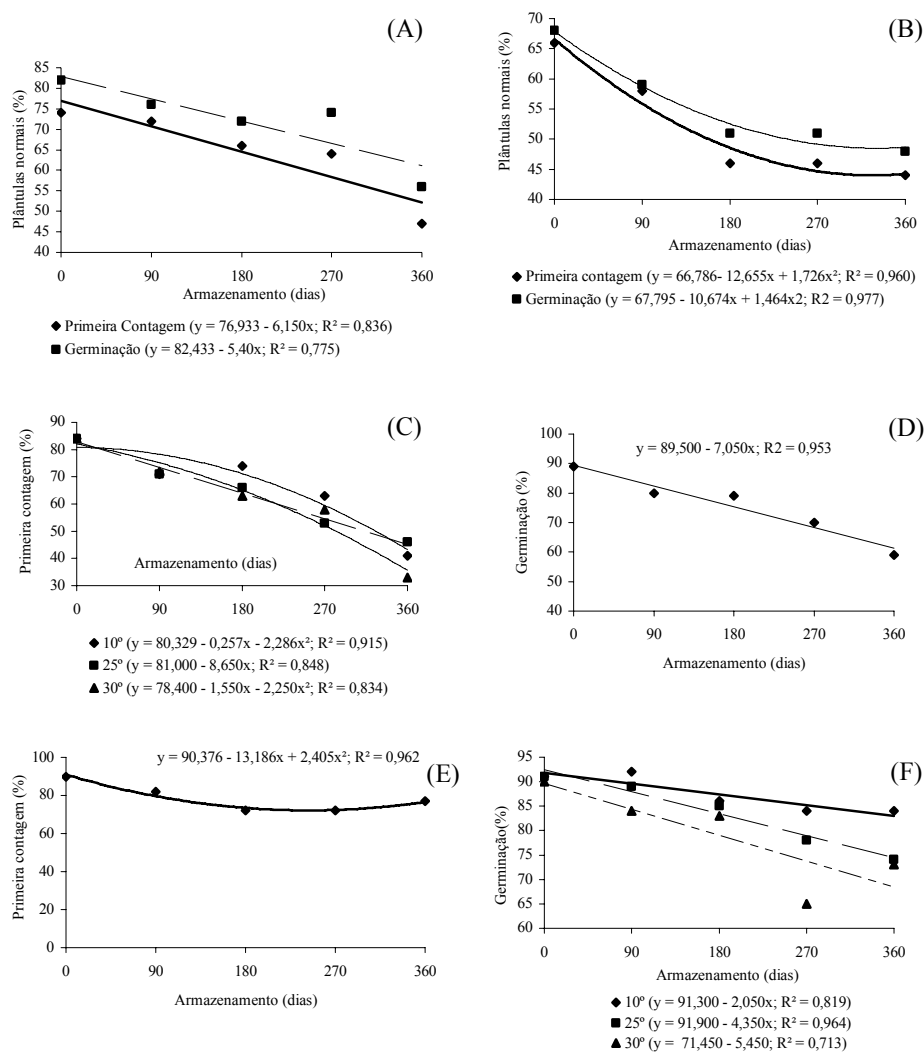


Figura 3 Resultados da primeira contagem e germinação de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Aroeira (B), BRS Verde (C e D) e CNPA 187-8H (E e F) ao longo do armazenamento em diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Nos resultados da primeira contagem houve redução na velocidade de germinação a partir de 90 dias, com tendência à manutenção da qualidade durante o armazenamento (Figura 3 E). Quanto à temperatura, foi observada qualidade superior daquelas sementes mantidas aos 10 °C, seguida daquelas armazenadas em temperatura de 25 °C e 30 °C (Tabela 1).

Foram observados decréscimos na germinação das sementes da cultivar CNPA 187-8H ao longo do armazenamento, com menor redução naquelas mantidas a 10 °C (Figura 3 F).

Tabela 1 Porcentagem de germinação (G) de sementes de algodão, cultivar BRS Verde e Primeira contagem de germinação da cultivar CNPA 187-8H, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

LOCAL	BRS Verde	CNPA 187-8H
	-----Germinação (%)-----	-----Primeira contagem (%)----
10°	78 a	83 a
25°	77 a	79 b
30°	71 b	73 c
CV(%)	4,62	8,33

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância

Em sementes oleaginosas como a soja, é verificado comportamento semelhante quando sementes são mantidas em temperaturas elevadas, decrescendo a germinação ao longo do armazenamento (FESSEL et al., 2010). Sementes de algodão parecem ser mais sensíveis ao armazenamento quando armazenadas em temperatura de 30 °C, perdendo rapidamente a germinação, como observado também por Goel e Sheoran (2003).

Outro fator levado em consideração quanto ao armazenamento é a qualidade inicial do lote, pois quando as sementes se encontram com acentuado grau de deterioração, reduzem a capacidade germinativa e o vigor mais rapidamente (LIN, 1990). Neste caso, as sementes de algodão da cultivar BRS

Aroeira estavam com a qualidade inicial mais baixa em relação às outras cultivares, o que fez com que a deterioração ocorresse de forma mais acentuada. Em trabalhos realizados com sementes de algodão classificadas como de baixo vigor, foram observadas perdas na germinação no segundo mês de armazenamento, conforme Pádua e Vieira (2001). Já para a cultivar CNPA 187-8H a qualidade inicial elevada proporcionou maiores valores de primeira contagem e germinação.

Em sementes ricas em óleo, um dos fatores atribuídos à deterioração é a peroxidação de lipídios, causando danos ao sistema de membranas celulares, reduzindo assim a capacidade de organização rápida do sistema de membranas celulares e a viabilidade das sementes (CHANG; SUNG, 1998). Também quando sementes são mantidas em elevadas temperaturas o efeito da deterioração é mais acentuado, reduzindo assim a germinação (ROBERTS, 1981).

A qualidade das sementes, avaliada pela emergência e o índice de velocidade de emergência, foi reduzida ao longo do armazenamento em todas as cultivares avaliadas, independente do local em que foram mantidas (Figura 4 A, B, C e D). Além disso, em algumas cultivares como a BRS Verde e CNPA 187-8H a qualidade das sementes avaliada pela emergência e IVE foi afetada pela temperatura de armazenamento, fator este também verificado na cultivar BRS Aroeira pelo IVE (Tabela 2).

Quanto ao efeito da temperatura, as sementes da cultivar BRS Verde mantidas à 10 °C avaliadas pelo IVE foram mais vigorosas do que aquelas mantidas nas demais temperaturas. Já para as cultivares BRS Aroeira e CNPA 187-8H, maior velocidade de emergência foram observadas nas sementes armazenadas a 10 °C e 25 °C (Tabela 2). Na emergência, não se observou diferenças entre as sementes mantidas a 10 °C e 25 °C para a cultivar BRS Verde e a cultivar CNPA 187-8H (Tabela 2).

Quando as sementes são expostas a diferentes condições de armazenamento, a deterioração pode ocorrer de forma mais acentuada em temperaturas mais elevadas. Pode-se observar, neste caso, que a capacidade da semente resistir a diferenças nas condições de armazenamento depende da cultivar utilizada. Sementes da cultivar BRS Verde armazenadas em temperaturas superiores a 10 °C foram mais sensíveis à perda da qualidade avaliada pela velocidade de emergência. Já para as cultivares CNPA 187-8H e BRS Aroeira a sensibilidade foi verificada quando as sementes foram expostas em temperaturas superiores a 25 °C.

No caso da emergência, em sementes da cultivar BRS Verde foi observada menor qualidade quando mantidas a 30 °C. Entretanto, na cultivar CNPA 187-8H, temperaturas superiores a 10 °C favorecem a redução do vigor das sementes. Com estes resultados pode-se afirmar que a velocidade de deterioração depende, dentre outros fatores, das condições nas quais as sementes foram submetidas durante o armazenamento e da qualidade inicial do lote (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

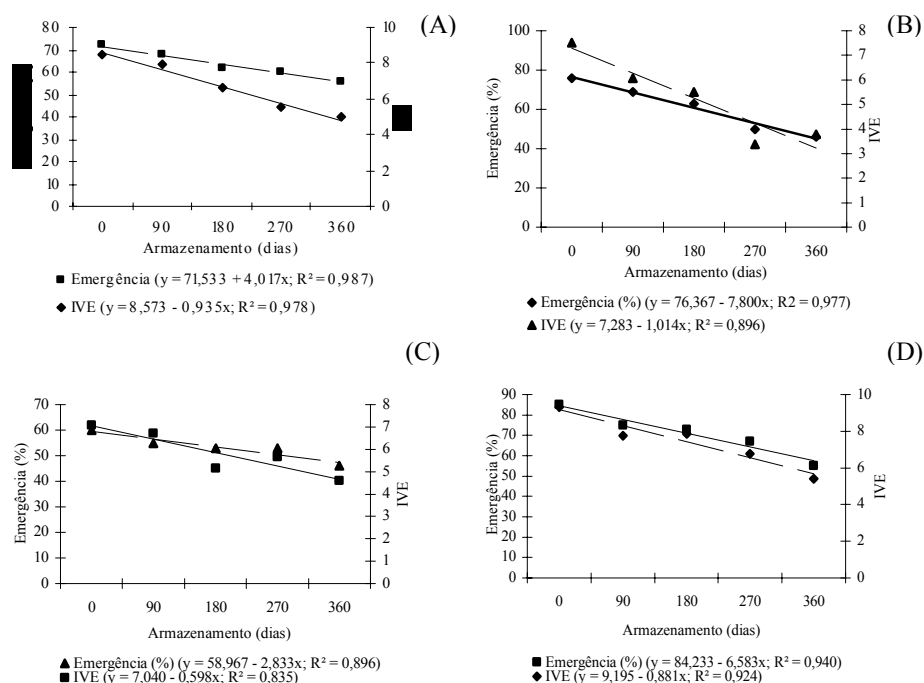


Figura 4 Resultados da emergência e do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D) durante o armazenamento

Tabela 2 Emergência de plântulas (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de algodão das cultivares BRS Verde, CNPA 187-8H e IVE na cultivar BRS Aroeira, submetidas à diferentes temperaturas de armazenamento

LOCAL	BRS Verde		CNPA 187-8H		BRS Aroeira
	E (%)	IVE	E (%)	IVE	IVE
10°	64 a	6,18 a	76 a	7,96 a	6,24 a
25°	62 a	4,95 b	70 b	7,46 a	5,94 a
30°	56 b	4,64 b	67 b	6,88 b	5,36 b
CV(%)	7,18	7,15	5,89	14,59	7,11

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância.

Uma consequência do aumento do período de armazenamento de sementes oleaginosas é a perda da velocidade e uniformidade de emergência causada, principalmente quando são submetidas em condições de elevada temperatura (BINGHAM; HARRIS; McDONALD, 1994). Esses aspectos, juntamente com a composição química, contribuem com a rapidez na deterioração de sementes oleaginosas como o algodão (SILVA et al., 2006).

Perdas do vigor avaliados pela emergência de plântulas podem estar associadas ao grau de deterioração das sementes, como foi verificada na germinação e primeira contagem. Sementes de algodão quando armazenadas se deterioram rapidamente, principalmente pela associação de microrganismos e o elevado teor de óleo encontrado nestas sementes (FREITAS et al., 2000; PÁDUA; VIEIRA; BARBOSA, 2002; PÁDUA; VIEIRA, 2001; PAOLINELLI; BRAGA, 1997), resultando assim em menor tolerância ao armazenamento.

Outra característica que é alterada quando as sementes são armazenadas é a massa seca de plântulas. Foram observados decréscimos com o aumento do período de armazenamento nas cultivares BRS Rubi, BRS Aroeira e CNPA 187-8H, independente da temperatura do local em que foram armazenadas (Figura 5 A, B e C). Para a cultivar BRS Verde, o efeito do local e época de armazenamento não foram conservadas diferenças na massa seca de plântulas, com média de 41,886 mg.plântula⁻¹.

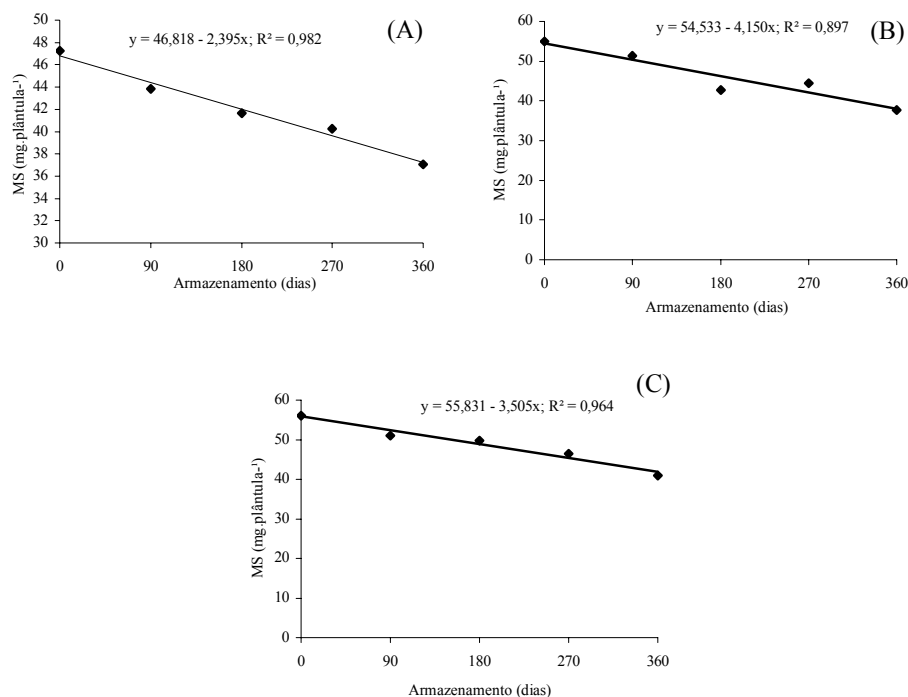


Figura 5 Resultados da massa seca (MS) da parte aérea de plântulas de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Aroeira (B) e CNPA 187-8H (C), durante o armazenamento

O envelhecimento natural das sementes promove a redução da massa de plântulas ocasionada por alterações da atividade bioquímica, principalmente na atuação de enzimas responsáveis pela conversão das reservas para nutrir o embrião e assim produzir plântulas normais. Resultados similares na redução da massa seca de plântulas foram encontrados em sementes de amendoim armazenadas (NAUTIYAL; RAVINDRA; MISRA, 1997; SUNG; JENG, 1994).

Reduções mais acentuadas de vigor puderam ser observadas quando as sementes foram envelhecidas artificialmente. Para todas as cultivares ocorreram decréscimos do vigor durante o armazenamento, observando-se apenas o efeito da época (Figura 6 A, B, C e D). Independente do período em que as sementes

permaneceram armazenadas, para as cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, também podem ser observados decréscimos no vigor das sementes quando submetidas à temperatura de 30 °C (Tabela 3).

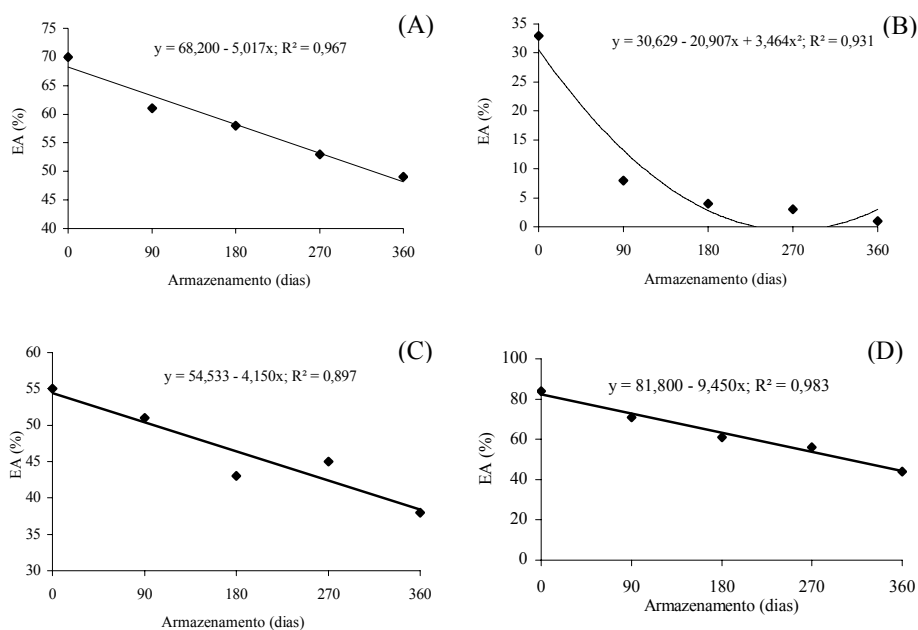


Figura 6 Porcentagem de plântulas normais do envelhecimento acelerado de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D) durante o armazenamento

Tabela 3 Valores médios do envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, submetidas à diferentes temperaturas de armazenamento

LOCAL	BRS Rubi	BRS Aroeira
	-----EA (%)-----	
10°	62 a	48,20 a
25°	59 a	47,10 a
30°	54 b	43,40 b
CV(%)	5,89	6,91

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância.

O envelhecimento artificial é um teste bastante utilizado para avaliar os mecanismos de envelhecimento das sementes durante o armazenamento, evidenciando a capacidade de deterioração das mesmas (IQBAL; BASRA; KHALIL-UR-REHMAN, 2002). Quando as sementes são expostas às diferentes condições de armazenamento, ocorrem reduções na capacidade germinativa e aumenta o número de plântulas anormais ou infectadas por microrganismos, contribuindo para reduzir a qualidade das sementes armazenadas. Nas sementes da cultivar BRS Verde, houve decréscimo do vigor com valores iniciais de 33% de plântulas normais e, logo aos 90 dias, os valores de plântulas normais das sementes submetidas ao envelhecimento foi de 8%.

Testes de vigor que se baseiam na integridade do sistema de membranas possibilitam a detecção do processo deteriorativo em sua fase inicial (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Dentre eles pode ser citada a condutividade elétrica, que pela liberação de exudatos da semente para o meio externo, auxilia na detecção do grau de deterioração em sementes (DIAS; MARCOS FILHO, 1996).

Em sementes das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira foram observadas diferenças na condutividade elétrica quando armazenadas em diferentes locais, independente da época de armazenamento (Tabela 4). Neste caso, quando as sementes foram armazenadas em temperatura de 30°C houve maiores perdas de eletrólitos, apresentando assim maior condutividade elétrica quando comparado com as sementes armazenadas à 10 °C e 25 °C. Além destas cultivares, na BRS Verde e CNPA 187-8H o armazenamento favoreceu ao aumento da condutividade elétrica afetando negativamente a qualidade das sementes (Figura 7 A, B, C e D), sem ocorrer influência dos locais de armazenamento.

Tabela 4 Condutividade elétrica de sementes de algodão (CE) das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, submetidas à diferentes temperaturas de armazenamento

LOCAL	BRS Rubi	BRS Aroeira
	-----CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)-----	
10°	110,90 b	87,60 b
25°	117,19 b	90,57 b
30°	130,02 a	110,38 a
CV(%)	5,28	7,61

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância

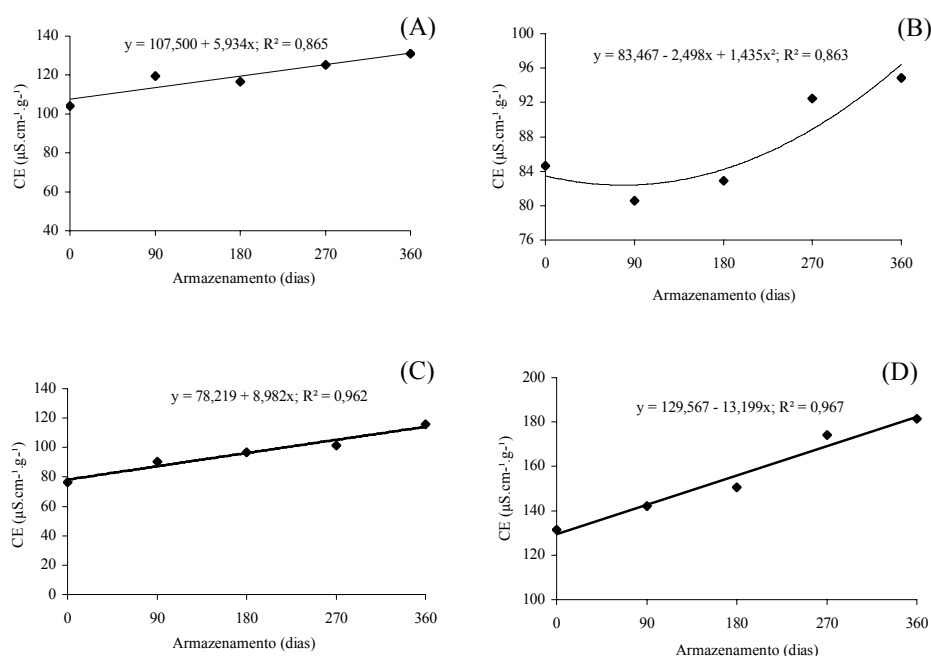


Figura 7 Resultados da condutividade elétrica em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D) durante o armazenamento

A deterioração de semente está associada com a perda da integridade das membranas celulares. Quando as sementes iniciam o processo de germinação, há a absorção de água, reorganização das membranas celulares e a liberação de

substâncias necessárias para o processo germinativo. Se as sementes estão em deterioração, as substâncias essenciais à germinação são perdidas devido ao fato do sistema de membranas não estar totalmente organizado, aumentando assim a condutividade elétrica do exudato.

Além da época de armazenamento, foi verificado também que a temperatura influenciou na condutividade elétrica das sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira (Tabela 4). Provavelmente, em temperaturas de 10 °C e 25 °C, a hidratação das sementes permitiu a organização da estrutura da membrana celular, reduzindo assim a exudação e a condutividade elétrica. Entretanto, nas sementes armazenadas a 30 °C, a velocidade de reorganização do sistema de membranas celulares ocasionou maior lixiviação de eletrólitos, aumentando assim a condutividade elétrica. Comportamento similar foi observado em sementes de soja armazenadas em diferentes temperaturas (FESSEL et al., 2010; PANOBIANCO; VIEIRA, 2007).

É comprovado que, quando sementes de algodão são mantidas em temperaturas elevadas, ocorrem decréscimos mais acentuados na deterioração das sementes (FREITAS et al., 2004) e quando este fator é associado a sementes com baixo vigor, a deterioração ocorre de forma mais acentuada (PÁDUA; VIEIRA, 2001).

O vigor de sementes é avaliado quando estas são submetidas à condições de estresse, que pode ser simulado em condições de baixa temperatura e alta umidade relativa, como o teste frio. Nas cultivares avaliadas, foram observadas reduções na sua qualidade ao longo do armazenamento (Figura 8).

Apenas para a cultivar BRS Rubi as condições de armazenamento influenciaram negativamente no vigor das sementes que foram submetidas ao teste frio, com menor redução nas sementes armazenadas à temperatura de 10 °C. Nas demais, o vigor avaliado pelo teste frio foi reduzido durante o

armazenamento, independente da temperatura de em que foram mantidas (Figura 8 B, C e D).

As sementes da cultivar BRS Verde (Figura 8 B) reduziram rapidamente o seu vigor quando avaliadas pelo teste frio aos 90 dias de armazenamento (19%), chegando aos 360 dias com emergência de plântulas inferior a 5%. Nas cultivares BRS Aroeira e CNPA 187-8H (Figuras 8 C e D) também foram observadas reduções progressivas no vigor pelo teste frio durante armazenamento. Ainda nesta ultima cultivar, pode ser observado o efeito isolado da temperatura nas sementes armazenadas, sendo que a 30 °C as sementes desta cultivar foram mais sensíveis ao teste frio quando comparadas àquelas armazenadas a 10 °C e 25 °C (Tabela 5).

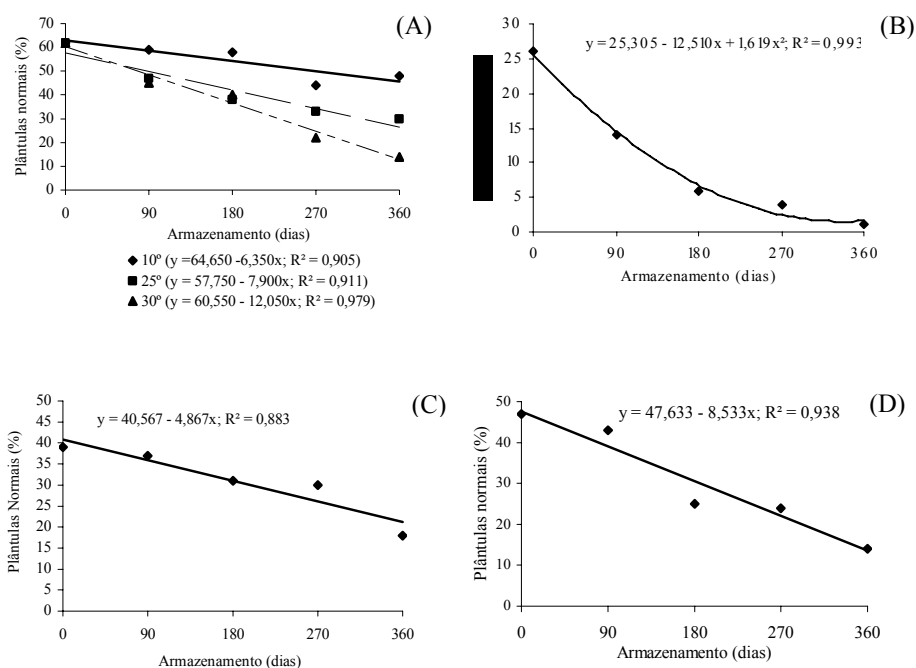


Figura 8 Resultados do teste frio em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187 8-H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Tabela 5 Valores médios do teste de frio em sementes de algodão da cultivar CNPA 187 8-H, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

LOCAL	Teste Frio (%)
10°	33 a
25°	32 a
30°	27 b
CV(%)	15,19

As médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância

Durante a deterioração, o vigor é o primeiro componente que reflete a qualidade das sementes, seguida da capacidade de germinação (TRAWATHA; TEKRONY; HIDEBRAND, 1995). A redução da velocidade de emergência e o surgimento de doenças contribuem para reduzir ainda mais o vigor de sementes de algodão, resultando em lotes de baixa qualidade (BOURLAND; FURBECK; KAISER, 1988). Quando sementes de algodão são mantidas em temperaturas elevadas, ocorrem decréscimos mais acentuados na deterioração das sementes (FREITAS et al., 2004) e quando este fator é associado a sementes com baixo vigor, a deterioração ocorre de forma mais acentuada (PÁDUA; VIEIRA, 2001).

4.2 Qualidade sanitária

Na avaliação da sanidade das sementes de algodão submetidas ao armazenamento, foi verificada a incidência dos fungos *Fusarium* sp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus* e *Penicillium* sp. nas cultivares estudadas. Para cada microrganismo, foi verificado efeito diferenciado entre época e local de armazenamento.

Para as cultivares BRS Rubi, BRS Verde e CNPA 187 8-H, a incidência de *Fusarium* sp. aumentou durante o armazenamento, independente da condição em que foi armazenada (Figura 9 A, B e C). Também foram observadas diferenças na incidência desse microrganismo quando as sementes foram

armazenadas em diferentes temperaturas nas cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira (Tabela 6). Nas sementes da cultivar BRS Rubi, houve maior incidência de *Fusarium* sp. para as sementes armazenadas aos 10 °C e 30 °C. Já na cultivar BRS Aroeira, a maior incidência foi verificada nas sementes armazenadas aos 10 °C (Tabela 6).

Tabela 6 Incidência (%) de *Fusarium* sp. em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, armazenadas em diferentes locais

LOCAL	BRS Rubi	BRS Aroeira
	-----Incidência (%)-----	
10°	4 a	2 a
25°	2 b	1 b
30°	4 a	1 b
CV(%)	34,05	39,13

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância

Uma causa provável para o aumento da incidência de *Fusarium* sp. nas sementes armazenadas é que a condição em que foram submetidas durante o armazenamento mantiveram seus esporos viáveis e capazes de se reproduzir. Esse fato também foi observado por Pádua, Vieira e Barbosa (2002) que, armazenando sementes que não receberam tratamento químico, verificaram acréscimos de *Fusarium* sp. em algodão. Já em outros estudos foram verificadas reduções na incidência desse microrganismo (FREITAS et al., 2000; SILVA et al., 2006) em sementes de algodão e Silva et al. (2007) em girassol.

Nas sementes de algodão, há ocorrência de diversas espécies de fungos do gênero *Aspergillus*, como *A. flavus*, *A. ochraceus* e *A. niger* (VIEIRA, 1996). Quanto ao *A. flavus*, o armazenamento favoreceu o aumento da incidência desse microrganismo nas cultivares avaliadas, independente da condição de armazenamento (Figura 9 A, C e D). Na cultivar BRS Verde, a incidência de *A. flavus* também foi influenciada pela temperatura de armazenamento. A

temperatura de 25 °C favoreceu o aumento da incidência deste patógeno (Tabela 7).

Tabela 7 Incidência (%) de *Aspergillus flavus* e *Penicillium* sp. em sementes de algodão, cultivar BRS Verde, armazenadas em diferentes temperaturas

LOCAL	BRS Verde	CNPA 187 8-H
	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Aspergillus niger</i>
-----Incidência (%)-----		
10°	5 b	7 b
25°	7 a	8 b
30°	3 b	13 a
CV(%)	39,99	31,26

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância

Já para o microrganismo *A. niger*, a sua incidência aumentou ao longo do armazenamento, independente da condição de temperatura em que foi submetida para as sementes das cultivares BRS Verde e CNPA 187-8H (Figura 9 B e C). Ainda nesta última cultivar, é observado o aumento da incidência nos diferentes locais de armazenamento, com maiores acréscimos nas sementes armazenadas na temperatura de 30 °C.

Para as cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira, as diferentes condições de armazenamento influenciaram na incidência de *A. niger* (Figura 9 E e F). Observa-se que, nestas cultivares a incidência do patógeno aumentou ao longo do armazenamento, com maiores acréscimos nas sementes mantidas nas temperaturas de 25 °C e 30 °C. Nas sementes da cultivar BRS Aroeira (Figura 9 F), a incidência deste microrganismo já se encontrava elevada no início do armazenamento e, por este patógeno interferir na qualidade das sementes de algodão, os resultados obtidos na qualidade fisiológica podem estar relacionados com a associação deste microrganismo.

Na incidência de *A. ochraceus*, foi observado efeito diferenciado em cada cultivar durante o armazenamento. Na cultivar BRS Rubi, as diferentes

condições de armazenamento influenciaram na sua incidência (Figura 9 D), com maior incidência naquelas armazenadas em temperaturas de 25 °C e 30 °C. Para a BRS Aroeira, a incidência de *A. ochraceus* aumentou ao longo do armazenamento (Figura 9 G). Quando se observa o comportamento das sementes armazenadas na incidência deste patógeno, temperaturas de 25 °C e 30 °C proporcionaram menor porcentagem quando comparado àquelas armazenadas em temperatura de 10 °C (Tabela 8).

Tabela 8 Incidência de *Aspergillus ochraceus* em sementes de algodão, cultivar BRS Aroeira, armazenadas em diferentes temperaturas

LOCAL	<i>Aspergillus ochraceus</i>	
	-----Incidência (%)-----	
10°	4 a	
25°	2 b	
30°	2 b	
CV(%)	41,10	

As médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância

Para a cultivar BRS Verde não foram observadas diferenças entre época e local de armazenamento para o *A. ochraceus*, com média de 2%. A ausência desse microrganismo foi verificada na cultivar CNPA 187-8H.

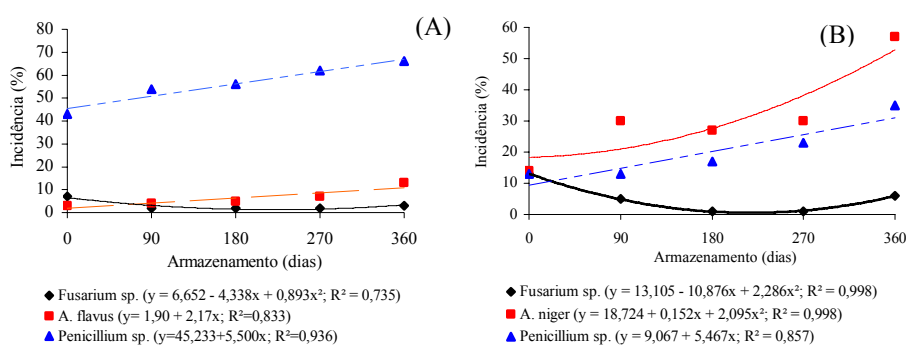
Para o fungo *Penicillium* sp., houve aumento da incidência ao longo do armazenamento para as cultivares BRS Rubi, BRS Verde e CNPA 187-8H. (Figura 9 A, B e C). Com exceção desta última, as condições de armazenamento influenciaram na incidência desse microrganismo, com acréscimos nas sementes mantidas a 30 °C na BRS Rubi e a 10 °C na BRS Verde (Tabela 9).

Tabela 9 Efeito do local de armazenamento na incidência de *Penicillium* sp. em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi e BRS Verde

LOCAL	BRS Rubi	BRS Aroeira
	-----Incidência (%)-----	
10°	49 c	26 a
25°	57 b	20 b
30°	63 a	14 b
CV(%)	8,24	35,16

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância.

As diferentes condições de armazenamento influenciaram na incidência de *Penicillium* sp. nas sementes da cultivar BRS Aroeira (Figura 11 H). Nas sementes submetidas à temperatura de 10 °C a incidência deste fungo foi menor quando comparadas às demais condições. Nas sementes armazenadas a 25 °C houve maior acréscimo a partir de 180 dias e aos 30 °C, o aumento foi verificado ao longo do armazenamento.



“continua”

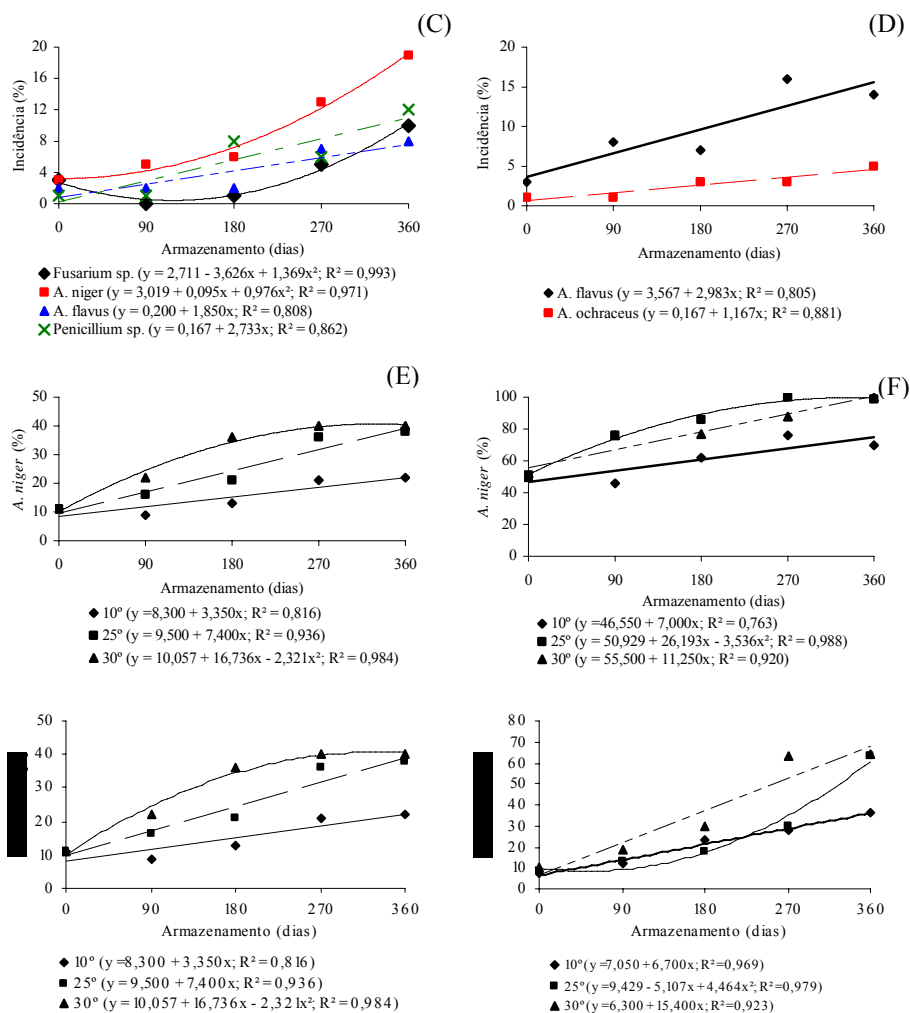


Figura 9 Resultados da sanidade em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi, BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 187 8-H, ao longo do armazenamento

Legenda:

(A) - incidência (%) de *Fusarium* sp., *A. flavus* e *Penicillium* sp. da cultivar BRS Rubi;

- (B) - *Fusarium* sp., *A. niger* e *Penicillium* sp. da cultivar BRS Verde;
- (C) - *Fusarium* sp. *A. niger*, *A. flavus* e *Penicillium* sp. da cultivar CNPA 187-8H;
- (D) - *A. flavus* e *A. ochraceus* da cultivar BRS Aroeira;
- (E e F) - *A. niger* nas cultivares BRS Rubi e BRS Aroeira;
- (G) - *A. ochraceus* na cultivar BRS Rubi e
- (H) - *Penicillium* sp. na cultivar BRS Aroeira.

Os fungos normalmente se encontram associados em sementes, causando efeitos deletérios na qualidade fisiológica. Fatores como o período e as condições de armazenamento podem influenciar na incidência desses microrganismos. Dentre eles, os *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. são os principais fungos associados às sementes durante o armazenamento (MORENO-MARTINEZ et al., 1994; NEERGAARD, 1977).

Os danos causados por estes microrganismos podem interferir de forma negativa no poder germinativo (BUENO, 1998; PÁDUA; VIEIRA; BARBOSA, 2002; TANAKA; PAOLINELLI, 1984), reduzindo a viabilidade e o vigor da sementes. Este fato pode ser verificado no presente trabalho, no qual as cultivares que apresentavam maior incidência desses fungos perderam rapidamente sua germinação e vigor durante o armazenamento.

As sementes de algodão possuem elevado teor de óleo e exigem cuidados especiais durante o armazenamento devido à sua rancificação, tornando-as mais suscetíveis à associação de microrganismos (FREITAS et al, 2000) e aumentando a deterioração quando armazenadas (FREITAS et al., 2000; PÁDUA; VIEIRA, 2001), com perdas parciais e totais de viabilidade. Em algumas espécies oleaginosas como soja, amendoim e algodão a presença de *Aspergillus flavus* resultou em perdas na germinação e mudanças bioquímicas causadas pela produção de micotoxinas (WEIDENBORNER; HINDORF, 1989).

4.3 Composição química

Outras características que podem estar relacionadas à redução da qualidade de sementes são as alterações verificadas na composição química. As sementes de algodão possuem elevados teores de lipídios e proteínas e, dependendo do processo de deterioração, podem ocasionar o aumento ou redução destes compostos.

Durante o armazenamento, ocorreram reduções no teor de lipídios das cultivares estudadas. Para as cultivares BRS Rubi, BRS Verde e BRS Aroeira as alterações nesse componente foram verificadas durante o armazenamento, independente da condição em que foram mantidas (Figura 10 A, B e C). No entanto, para a cultivar CNPA 187 8-H, as diferentes condições de armazenamento influenciaram no conteúdo de lipídios. Foram observados decréscimos de 2,65% nas sementes mantidas a 10 °C, 2,14% nas sementes mantidas a 25 °C e 5,98% nas sementes mantidas à 30 °C (Figura 12 D).

Os lipídios constituem os principais componentes de reserva das sementes de algodão. A redução no seu teor durante o armazenamento pode resultar em declínio do vigor das sementes, devido às alterações estruturais nos fosfolipídios de membranas e ácidos graxos polinsaturados (PRIESTLEY; LEOPOLD, 1983). A autoxidação dos lipídios e o aumento no conteúdo de ácidos graxos livres durante o armazenamento são as principais causas para a rápida deterioração em sementes oleaginosas (BALEŠEVIĆ-TUBIĆ et al., 2005; BALEŠEVIĆ-TUBIĆ et al., 2007; CHING; SCHOOLCRAFT, 1968). Portanto, a redução verificada no teor de lipídios coincide com as reduções decorrentes na germinação de sementes desta cultivar. Esses resultados confirmam os pressupostos de que a duração do período de armazenamento afeta a deterioração de sementes, causando redução nos componentes de reserva, fato este também verificado em outras espécies oleaginosas, como soja, girassol e

amendoim (BALESEVIC-TUBIC et al., 2005; BHATTACHARYA; RAHA, 2002; SHARMA et al., 2011).

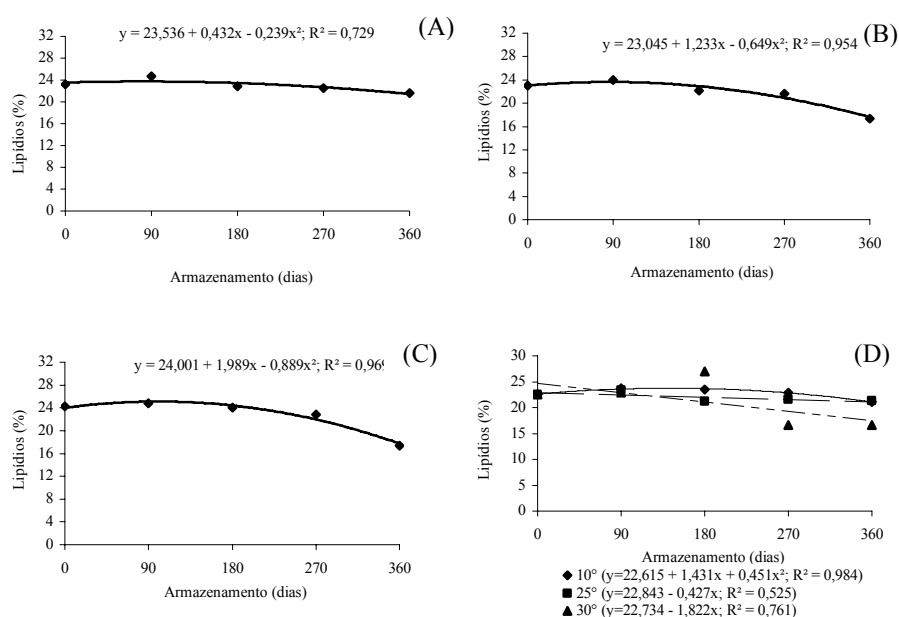


Figura 10 Resultados do teor de lipídios em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

O conteúdo de proteínas foi alterado nas diferentes condições de armazenamento para a cultivar BRS Rubi. Para as sementes mantidas a 10 °C, o teor de proteínas se manteve até 180 dias, e, após este período, ocorreram acréscimos no seu teor (Figura 11 A).

A proteína total presente nas sementes de algodão das cultivares BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 187 8-H foi alterada durante o armazenamento, com acréscimos no conteúdo de 5,35%, 10,09 e 9,31%, respectivamente, independente da temperatura em que foram armazenadas (Figura 11 B, C e D).

Nesta última cultivar, ainda houve efeito do local do armazenamento, com reduções no teor de proteínas das sementes mantidas a 30 °C (Tabela 10).

Tabela 10 Valores médios do teor de proteínas totais em sementes de algodão, cultivar CNPA 187-8H, submetidas a diferentes locais de armazenamento

Local	Proteínas (%)
10°	33,61 a
25°	32,65 a
30°	30,94 b
CV(%)	5,75

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

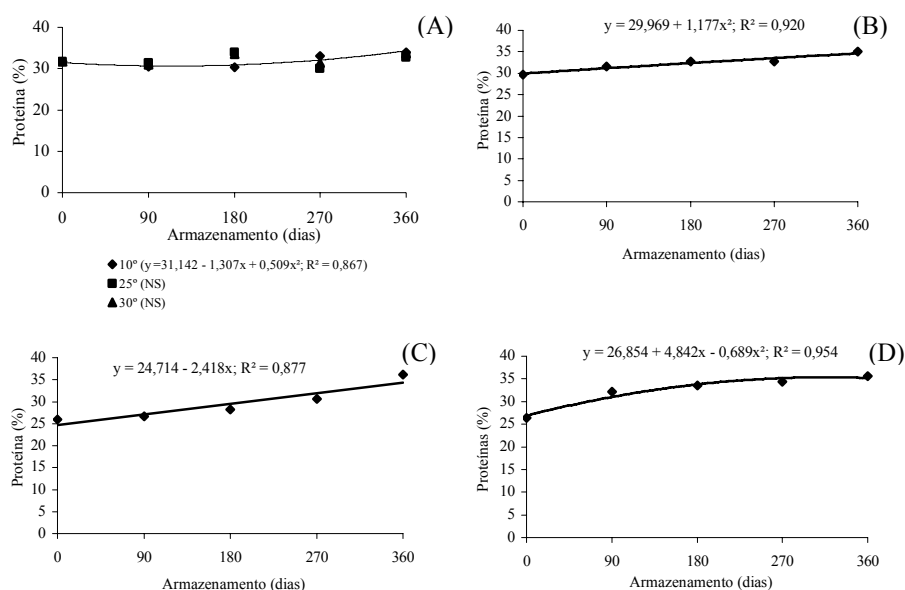


Figura 11 Resultados do teor de proteínas totais em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Alguns estudos relatam a redução no teor de proteínas durante o armazenamento de sementes (BHATTACHARYA; RAHA, 2002; SHARMA et al., 2011). Durante o envelhecimento, ocorre redução no teor de proteínas das sementes devido à baixa atividade proteolítica (SMITH; BERJAK, 1995), como consequência da peroxidação de lipídios (ARAÚJO, 1995). Porém foi observado neste trabalho o contrário, com o aumento das proteínas totais ao longo do armazenamento, com exceção das sementes armazenadas em temperaturas elevadas na cultivar CNPA 187 8-H.

O teor de proteína diminui ao longo do armazenamento, no entanto, na presente pesquisa este fato não ocorreu, pois se utilizou para a quantificação das proteínas o método de Kjeldhal, que se baseia na determinação do nitrogênio total. Esse método quantifica, além de proteínas solúveis, também as insolúveis. Quando se utiliza o método de Kjeldhal para quantificação das proteínas, parte do nitrogênio determinado pode ser proveniente de lipídeos, fazendo com que os valores de proteínas sejam superestimados (MORRISON, 1992).

Para o teor de carboidratos, observam-se alterações na sua composição nas diferentes condições de armazenamento para as cultivares BRS Rubi e CNPA 187 8-H (Figura 12 A e C). Pode ser observado na cultivar BRS Rubi que ocorreram variações no teor de carboidratos de forma diferenciada quanto às temperaturas de armazenamento. Quando armazenadas em temperatura de 25 °C o teor de carboidratos aumentou, enquanto que nas sementes armazenadas a 30° C, ocorreram decréscimos a partir de 270 dias. Para as sementes armazenadas na temperatura de 10 °C, não foram observadas alterações no teor de carboidratos durante o armazenamento (Figura 12 A). Já nas sementes da cultivar CNPA 187-8H, foram verificadas modificações no teor de carboidratos apenas nas sementes armazenadas a 10 °C, com redução durante o armazenamento (Figura 12 C).

O conteúdo de carboidratos nas sementes da cultivar BRS Verde ocorreu durante o armazenamento, com acréscimos de até 5,7% no seu teor (Figura 13

B). Para a cultivar BRS Aroeira, o teor de carboidratos foi reduzido quando as sementes ficaram armazenadas em temperatura de 10 °C, efeito diferenciado daquelas mantidas em temperaturas superiores (Tabela 11).

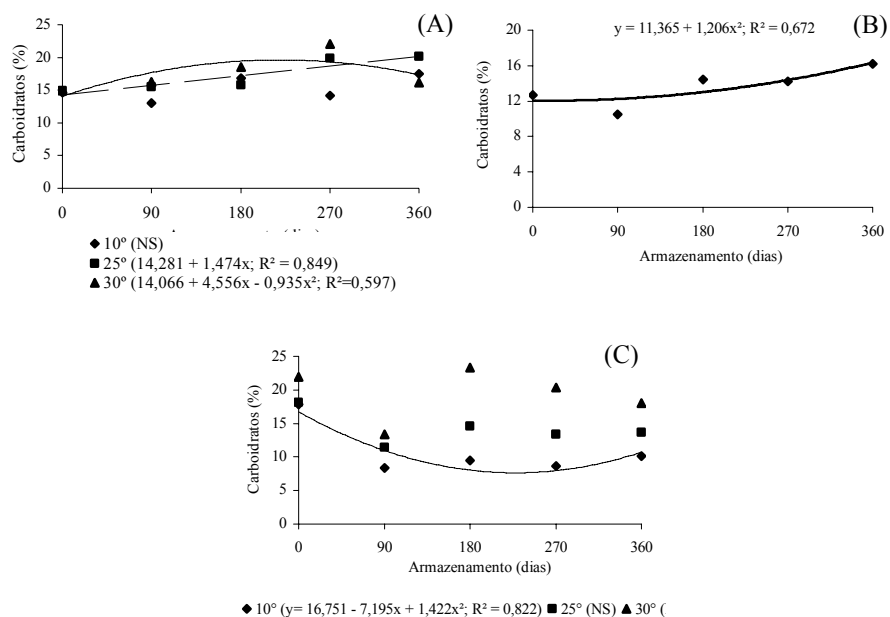


Figura 12 Resultados do teor de carboidratos em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Tabela 11 Valores médios do teor de carboidratos e do resíduo mineral fixo em sementes de algodão, das cultivares BRS Aroeira e CNPA 187 8-H, submetidas a diferentes locais de armazenamento

LOCAL	BRS Aroeira		CNPA 187 8-H
	Carboidratos	Resíduo mineral fixo	Resíduo mineral fixo
-----Teor (%)-----			
10°	13,93 b	5,04 a	4,94 a
25°	17,39 a	4,86 a	4,92 a
30°	18,55 a	4,26 b	4,59 b
CV(%)	9,72	10,31	4,05

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

Na mobilização de reservas, os carboidratos servem como substratos da respiração durante o período pré-germinativo (ZIEGLER, 1995; BUCKERIDGE et al., 1995), sendo consumidos para a produção de energia necessária ao desenvolvimento do embrião. Segundo Bernal-Lugo e Leopold (1992), a redução no vigor das plântulas, devido ao envelhecimento das sementes, está associado ao decréscimo no teor de carboidratos. Eichelberger et al. (2002) também verificaram declínio de carboidratos em sementes de azevém durante o armazenamento.

Alterações no conteúdo de carboidratos durante o armazenamento podem contribuir para reduzir a germinação e o vigor de sementes (PANOBIANCO; VIEIRA, 2007). Geralmente os carboidratos solúveis têm seus teores reduzidos durante o armazenamento (PETRUZELLI; TARANTO, 1989). Provavelmente, devido ao critério estabelecido para quantificação de carboidratos utilizado estar baseado no método subtrativo, pode ser possível que estes teores possam ser superestimados.

O resíduo mineral fixo agrupa o conteúdo de minerais e a fibra bruta quantifica os constituintes estruturais como a celulose, hemicelulose e lignina (CECCHI, 2003) presentes nas sementes. Para as sementes de algodão das diferentes cultivares, o período de armazenamento promoveu reduções nos teores desses compostos nas cultivares avaliadas, com exceção da cultivar BRS Verde para o teor de fibra bruta, que permaneceu inalterada durante o armazenamento (Figura 13 A, B, C e D).

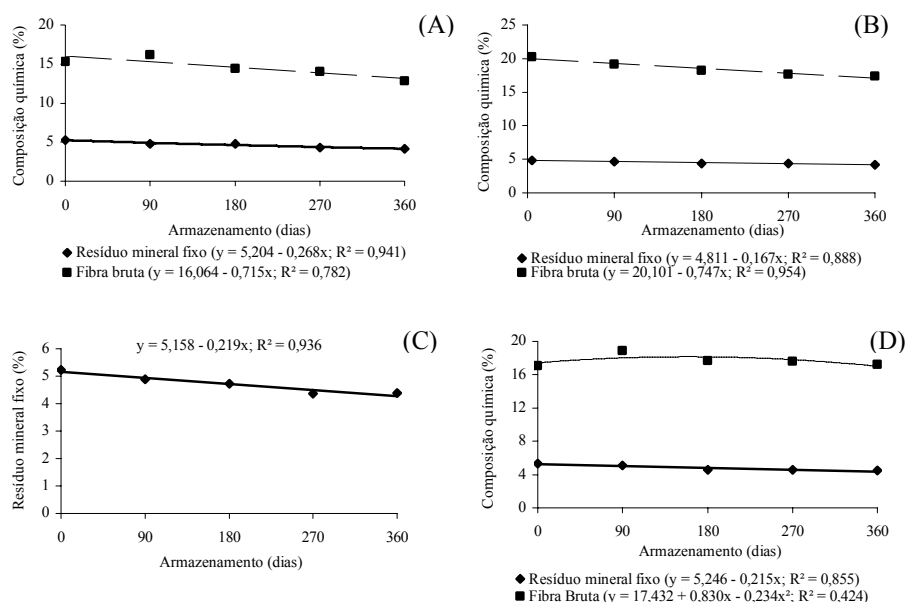


Figura 13 Resultados do teor de resíduo mineral fixo e fibra bruta em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), durante o armazenamento

A fração composta pelos minerais presentes nas sementes de algodão também foi alterada quando armazenadas em diferentes temperaturas nas cultivares BRS Aroeira e CNPA 187 8H, com maiores médias observadas a 10 °C e 25 °C (Tabela 11).

De uma maneira geral, verifica-se que nas sementes de algodão, o conteúdo lipídico, a fração mineral e as fibras são afetados durante o período de armazenamento. Efeito contrário é verificado no conteúdo de proteínas e carboidratos. Portanto, pode-se afirmar que os lipídios são os principais componentes de reserva que são consumidos pelas sementes de algodão dessa cultivar durante o armazenamento e que esta alteração ocasionou reduções na fibra bruta. O período de armazenamento também promoveu reduções progressivas nos valores de fibra bruta. Provavelmente, esta redução da

porcentagem das fibras se deve ao processo de deterioração das sementes e degradação das paredes celulares causadas pelo armazenamento ou pela ação de microrganismos associados, como os fungos.

4.4 Caracterização físico-química do óleo

A qualidade físico-química do óleo contido nas sementes de algodão, que é um dos principais componentes de reserva, pode inferir sobre a qualidade das sementes. Portanto, estas características, assim associadas a maior qualidade do óleo, podem inferir sobre o comportamento das sementes durante o armazenamento.

A acidez é um parâmetro que permite inferir sobre o grau de deterioração do óleo quando armazenado. Independente das condições em que as sementes de algodão foram expostas, o período de armazenamento promoveu aumentos progressivos no índice de acidez e na acidez livre das cultivares BRS Rubi, BRS Verde e CNPA 187 8-H (Figura 14).

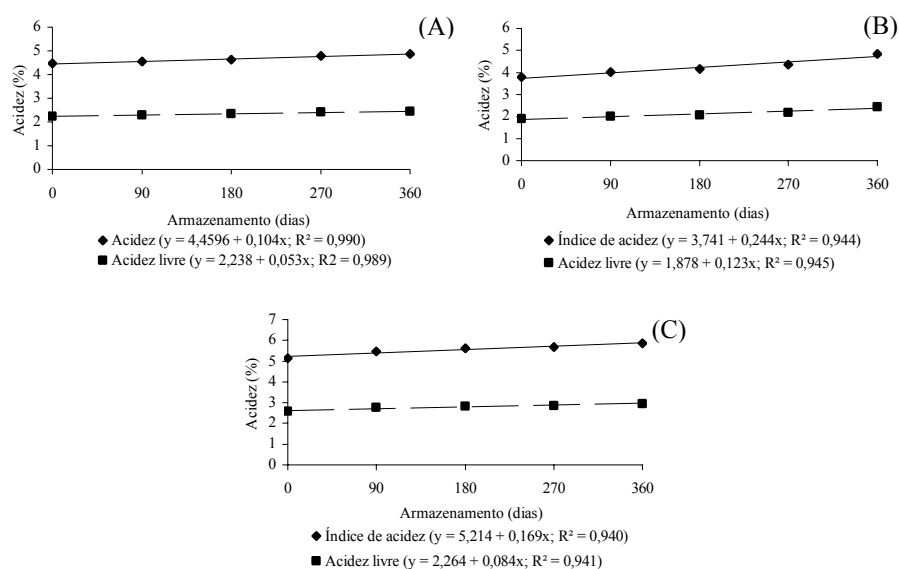


Figura 14 Porcentagem do índice de acidez e acidez livre no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B) e CNPA 187-8H (C), durante o armazenamento

Também foram observados efeitos na temperatura de armazenamento na acidez de sementes armazenadas da cultivar BRS Rubi. As sementes armazenadas a 25 °C e 30 °C possuem porcentagem de acidez e acidez livre superiores às demais temperaturas de armazenamento (Tabela 12).

Tabela 12 Porcentagem do índice de acidez e da acidez livre no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi, armazenadas em diferentes temperaturas

Temperatura	Acidez (%)	Acidez livre (%)
10°	3,98 b	1,99 b
25°	4,29 a	2,16 a
30°	4,42 a	2,22 a
CV (%)	6,09	6,12

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

Na cultivar BRS Aroeira, as diferentes condições de armazenamento promoveram o aumento no percentual do índice de acidez e na acidez livre (Figura 15 A e B), com maiores valores verificados nas sementes mantidas a 25 °C e 30 °C.

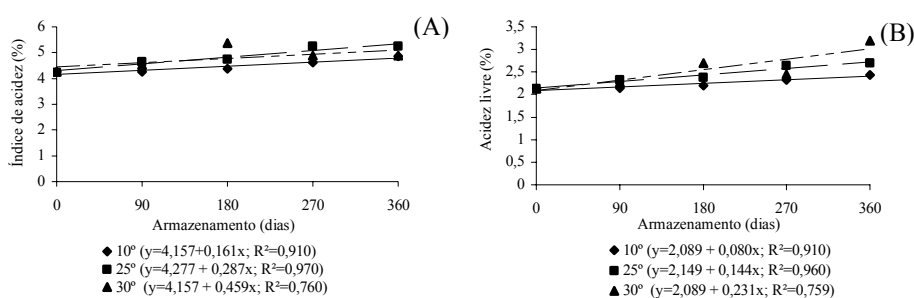


Figura 15 Porcentagem do índice de acidez (A) e acidez livre (B) no óleo de sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

O aumento da acidez de sementes ricas em óleo quando armazenadas é causado por danos ou pelo envelhecimento natural das sementes. Este fato está relacionado com o aumento do nível de ácidos graxos livres, principalmente quando estas são submetidas ao armazenamento em elevadas temperaturas (PRZYBYLSKI; DAUN, 2001; SOARES, 2003), o que comprova a associação entre nível de deterioração nas sementes e aumento na acidez. A acidez do óleo presente nas sementes também resulta no aumento dos ácidos graxos livres produzidos pela ação das lipases (SMITH; BERJAK, 1995).

Associando metodologias para avaliação da qualidade de sementes armazenadas, a acidez, quando comparada com a condutividade elétrica, germinação e envelhecimento acelerado, foi mais sensível em detectar alterações na qualidade fisiológica em sementes (SOARES, 2003). No caso das sementes de algodão, os resultados obtidos para o percentual do índice de acidez e da acidez livre coincidem com os decréscimos da qualidade das sementes, podendo

estas serem técnicas recomendadas na avaliação da qualidade de sementes de algodão armazenadas.

Alterações na densidade do óleo foram observadas durante o armazenamento. Períodos prolongados de armazenamento favoreceram ao aumento da densidade do óleo contido nas cultivares estudadas (Figura 16).

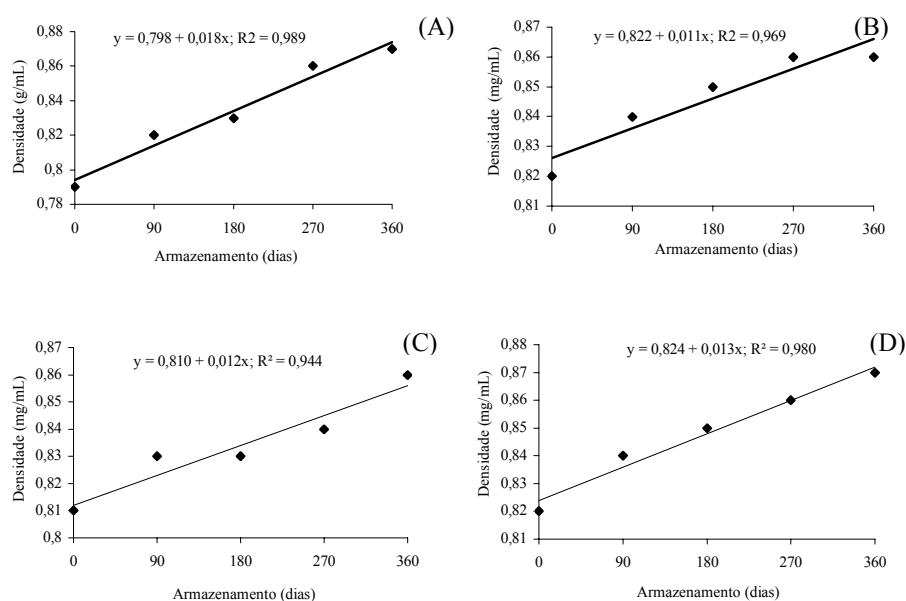


Figura 16 Valores da densidade específica no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), durante o armazenamento

Geralmente, em óleos vegetais, a densidade pode aumentar de acordo com o nível de insaturação do óleo (GUNSTONE, 2004), ou outros interferentes como impurezas podem alterar a densidade do óleo. O óleo bruto de algodão contém elevada proporção de ácidos graxos polinsaturados, que podem ocasionar aumento na densidade do óleo. Além desse fator, impurezas encontradas no óleo podem ter influenciado no aumento da densidade durante o armazenamento.

Nas sementes da cultivar BRS Rubi também foram observadas diferenças em relação à temperatura de armazenamento na densidade do óleo (Tabela 13). As sementes armazenadas em temperatura de 25 °C possuem densidade superior aos demais locais de armazenamento. Resultados semelhantes da densidade do óleo de algodão foram encontrados por Brock et al. (2008).

Tabela 13 Densidade específica e índice de refração do óleo de sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, armazenadas sob diferentes temperaturas

Temperatura	Densidade (g/mL)	Índice de refração
10°	0,84 b	1,451 b
25°	0,86 a	1,452 b
30°	0,84 b	1,454 a
CV (%)	1,61	0,23

As médias, seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, no nível de 5% de significância.

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo e está relacionado com o grau de insaturação das ligações, compostos de oxidação e condições de armazenamento. Com exceção da cultivar BRS Rubi, na qual se observou alterações na refração do óleo no armazenamento e das diferentes temperaturas em que foram submetidas, para as demais cultivares, a interação entre época e temperatura influenciaram no índice de refração do óleo das sementes de algodão, conforme pode ser observado nas Figuras 19 A, B, C e D.

No óleo das sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, ainda foram observadas alterações no índice de refração quando armazenadas em diferentes temperaturas, observando-se maior aumento nas sementes armazenadas na temperatura de 30 °C (Tabela 13).

Diferenças do índice de refração foram observadas nas sementes submetidas às diferentes condições de armazenamento na cultivar BRS Verde. Com exceção das sementes armazenadas na temperatura de 30 °C, onde não foi

possível observar variações do índice de refração durante o armazenamento (Figura 17 B), este índice aumentou até 180 dias nas sementes armazenadas na temperatura de 10 °C, com redução no final do armazenamento e, nas sementes armazenadas em temperatura de 25 °C, o aumento do índice de refração foi verificado durante o armazenamento.

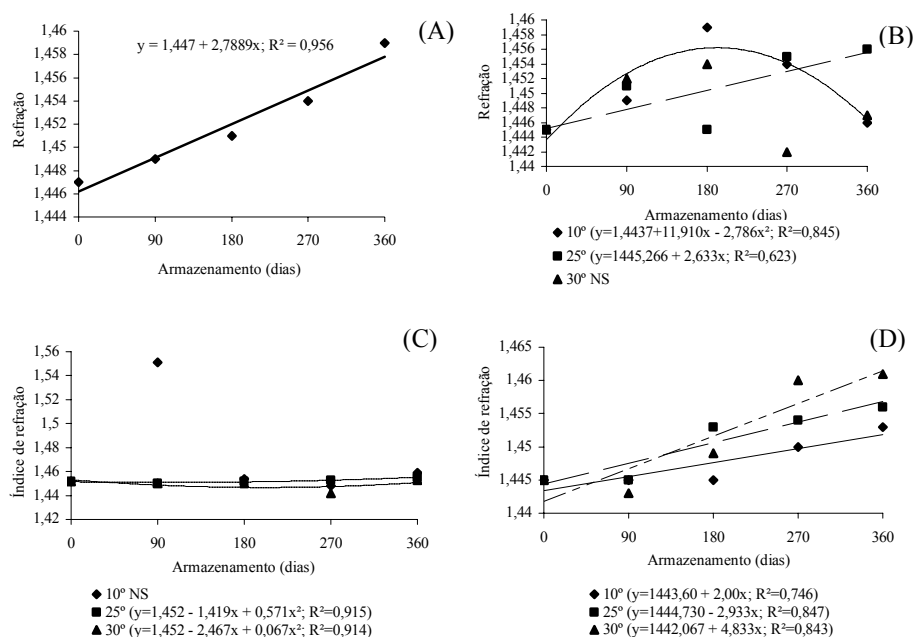


Figura 17 Índice de refração no óleo das sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

As variações decorrentes da refração do óleo na cultivar BRS Aroeira foram verificadas nas sementes armazenadas nas temperaturas de 25 °C e 30 °C, com tendência de redução aos 180 dias e pequeno aumento logo após este período (Figura 17 C).

Já na cultivar CNPA 187 8-H, as alterações na qualidade do óleo avaliadas pelo índice de refração proporcionaram acréscimos de forma diferenciada em relação às condições em que foram armazenadas. Sementes

mantidas em temperaturas de 10 °C apresentaram acréscimos na refração em proporção menor do que aquelas mantidas nas temperaturas de 25 °C e 30 °C, sendo nesta última verificados maiores valores para este índice (Figura 17 D).

É comprovado que o índice de refração aumenta com o comprimento da cadeia hidrocarbonada e o grau de insaturação dos ácidos graxos (MORETTO; FETT, 1998), sendo um parâmetro muito utilizado no controle de qualidade de óleos (MORETTO; FETT, 1998). Apesar de ocorrer reduções nos teores de ácidos graxos polinsaturados durante o armazenamento, no processo de deterioração no óleo ocorrem a formação de dienos conjugados e polímeros que podem ocasionar o aumento no índice de refração ao longo do armazenamento (JORGE et al., 2005).

O índice de saponificação é importante para indicar a presença de óleos com alta proporção de ácidos graxos de baixo peso molecular, variando com a natureza dos ácidos graxos constituintes (MORETTO; FETT, 1998). Acréscimos na saponificação do óleo de sementes de algodão foram observados com o aumento do período de armazenamento (Figura 18 A, B, C e D).

No índice de saponificação da cultivar BRS Rubi, foram verificadas variações durante o armazenamento e nas diferentes condições de temperatura em que as sementes foram submetidas, aumentando durante o armazenamento (Figura 18 A) e em temperatura de 25 °C e 30 °C (Tabela 14).

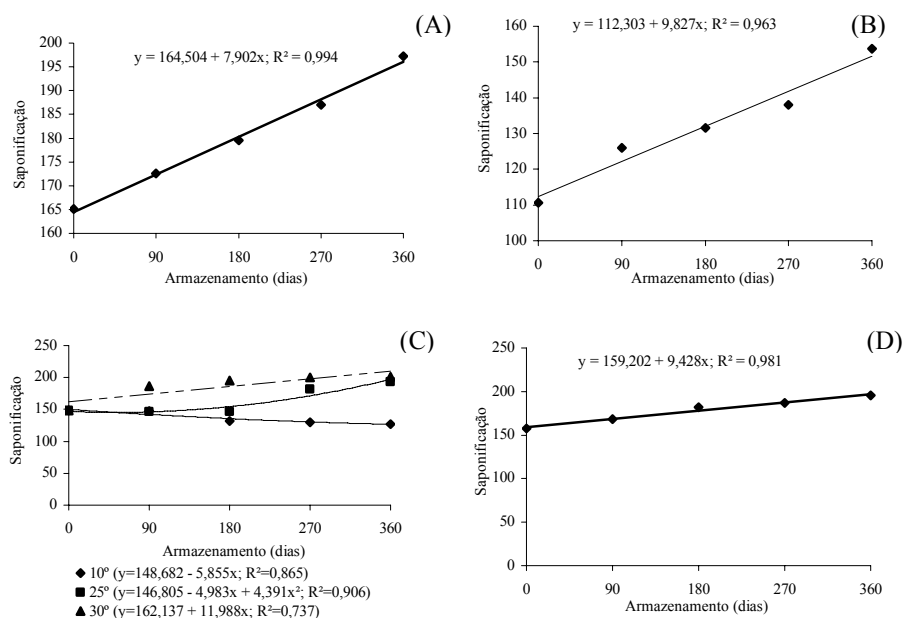


Figura 18 Resultados do índice de saponificação no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), durante o armazenamento

Tabela 14 Índice de saponificação do óleo de sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, armazenadas sob diferentes temperaturas

Temperatura	Índice de saponificação
10°	174,81 b
25°	182,46 a
30°	183,66 a
CV (%)	4,74

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, no nível de 5% de significância.

Para as cultivares BRS Verde e CNPA 187 8-H observam-se acréscimos durante o período de armazenamento (Figura 18 C e D). Inicialmente, os valores encontrados do índice de saponificação para a cultivar BRS Verde foi de 110,62 mg KOH.g⁻¹, atingindo níveis ao final do armazenamento de 153,74 mg KOH.g⁻¹.

Dentre as cultivares avaliadas, a BRS Aroeira foi a que mostrou comportamento diferenciado em relação ao índice de saponificação quando as sementes permaneceram mantidas em diferentes condições (Figura 18 D). Nas sementes armazenadas em temperatura de 10 °C houve decréscimo durante o armazenamento. Já nas sementes armazenadas em temperatura de 25 °C e 30 °C ocorreu o inverso, com aumento durante o armazenamento.

A saponificação em óleos é verificada pelo tamanho da cadeia de ácidos graxos, seu peso molecular e a saturação dos ácidos graxos presentes. Sementes que possuem maior proporção de ácidos graxos saturados aumentam o índice de saponificação do óleo. Em óleo de algodão, a saponificação pode sofrer alterações devido à umidade, forma de armazenamento, grau de deterioração do óleo (LIMA, 2005) ou até mesmo com a constituição de dos ácidos graxos (MORETTO; FETT, 1998), aumentando assim o seu índice. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (1999) o índice de saponificação em óleo de algodão varia de 189 a 198, valores estes abaixo do que foi verificado no início do armazenamento.

Ao término do armazenamento, algumas cultivares como a BRS Rubi e CNPA 187 8-H atingiram os limites definidos pela Anvisa e apenas uma ultrapassou, com é o caso da cultivar BRS Aroeira, mantidas em temperaturas acima de 10 °C (Figura 18 C). Em óleo de soja, também foram verificados valores inferiores ao recomendado para a espécie, atribuindo esta redução ao solvente utilizado, subestimando os valores de referência (GOMES, 2003).

O índice de iodo representa o grau de insaturação de óleos, indicando que quanto maior o número de insaturações, maior será o índice (AOCS, 1998). Nas sementes de algodão foram observados acréscimos nas cultivares BRS Rubi e CNPA 187-8H (Figura 19 A e D), com aumento durante o armazenamento.

Já nas cultivares BRS Verde e BRS Aroeira, as condições de armazenamento influenciaram no índice de iodo (Figura 19 B e C). Na cultivar

BRS Verde (Figura 19 B), sementes armazenadas em temperatura de 10 °C mantiveram este índice durante armazenamento, ao passo que para as sementes mantidas nas temperaturas de 25 °C e 30 °C foram observados acréscimos.

O índice de iodo na cultivar BRS Aroeira (Figura 19 C) aumentou em maior proporção quando as sementes foram mantidas em temperatura de 30 °C. Nas sementes armazenadas em 25 °C quase não foi observada alteração no índice de iodo, chegando ao final do armazenamento com índices próximos das sementes armazenadas em 10 °C.

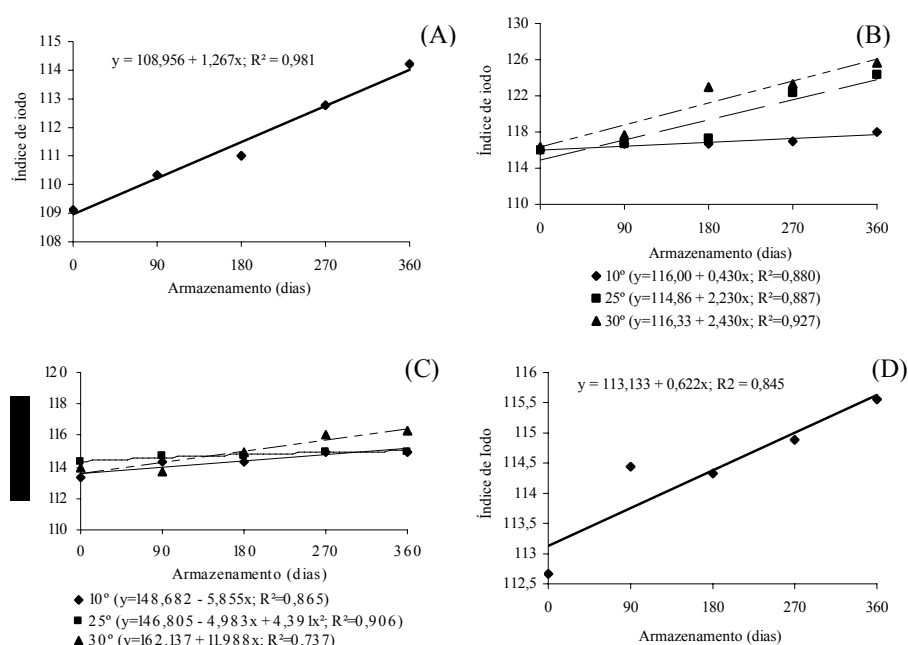


Figura 19 Resultados do índice de iodo no óleo de sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Na qualidade do óleo de algodão extraído das sementes armazenadas nota-se que ocorreram acréscimos em praticamente todas as variáveis utilizadas. Quando foi possível verificar o efeito do local de armazenamento, a densidade, a

acidez, a acidez livre e a refração foram sensíveis em detectar a evolução do processo deteriorativo, principalmente quando estas foram mantidas em temperaturas de 25 °C e 30 °C. Estes resultados corroboram com os efeitos verificados no processo deteriorativo das sementes, tanto na qualidade fisiológica quanto na associação de fungos de armazenamento, reduzindo a qualidade com o aumento do período de armazenamento e quando submetidos à temperaturas de armazenamento superiores a 10 °C. Estes resultados corroboram com os efeitos verificados no processo deteriorativo das sementes, tanto na qualidade fisiológica quanto na associação de fungos de armazenamento, reduzindo a qualidade com o aumento do período de armazenamento e quando submetidos à temperaturas de armazenamento superiores a 10 °C.

4.5 Atividade enzimática

As diferentes condições de armazenamento, como as temperaturas podem contribuir para reduzir ou acelerar sua deterioração, promovendo alterações degenerativas como a desestabilização nas atividades de enzimas e a desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares, causada, principalmente, pela peroxidação de lipídios (VIEIRA; CARVALHO; SODER, 1994). Nesse sentido, as mudanças ocorridas nos padrões eletroforéticos de isoenzimas são importantes para elucidar as modificações relacionadas à deterioração das sementes.

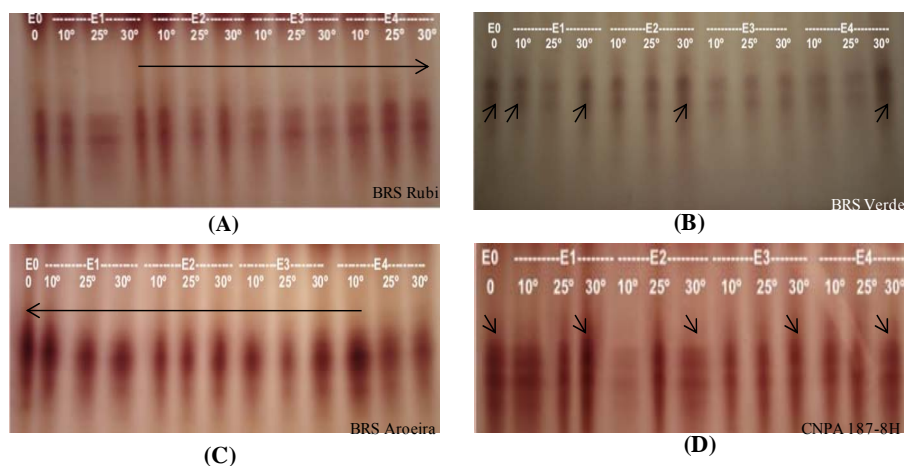
Nas cultivares de algodão estudadas, foram observadas diferenças na atividade das enzimas esterase, catalase, superóxido dismutase, malato desidrogenase, fosfatase ácida, lipoxigenase, lipase e fosfogluco isomerase, representadas pelas figuras 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27.

Houve aumento da atividade da enzima esterase durante o armazenamento. Foi observada também maior atividade desta enzima quando as

sementes foram armazenadas em temperatura de 30 °C e menor atividade em sementes armazenadas a 10 °C nas cultivares BRS Rubi e BRS Verde (Figuras 20 A e B). A atividade da esterase nas sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira já se encontrava alta no início do armazenamento e a mesma foi aumentando durante o armazenamento (Figura 20 C). Já para a cultivar CNPA 187 8-H, as sementes armazenadas em temperaturas de 25 °C e 30 °C até 180 dias de armazenamento apresentaram maior atividade. Após 180 dias, a atividade da enzima foi aumentada, sem distinção entre as condições de armazenamento (Figura 20 D).

Os primeiros sinais de deterioração de sementes estão relacionados com alterações ou perda da integridade das membranas celulares (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Em função da desorganização das membranas celulares, as sementes tendem a reduzir o vigor, o que pode ser verificado pelo aumento da quantidade de lixiviados durante o processo de embebição das sementes (SALINAS et al., 1998). Neste sentido, as alterações verificadas na atividade da enzima esterase coincidem com os decréscimos no vigor verificados pelo teste de condutividade elétrica, evidenciando a ocorrência de eventos deteriorativos.

Em sementes que apresentam baixa qualidade no início do armazenamento, como a cultivar BRS Aroeira (Figura 20 C), a atividade da esterase é mais intensa. As alterações no padrão desta enzima evidenciam a ocorrência de eventos deteriorativos, pois está envolvida em reações de hidrólise de ésteres e está diretamente associada ao metabolismo de lipídios, como os fosfolipídios totais de membrana (SANTOS; MENEZES; VILELA, 2005). A perda do controle sobre a compartimentalização intracelular e alterações na concentração de metabólitos, resulta na perda de lipídios de membrana (LIN, 1990) contribuindo para o progresso da deterioração e aumentando assim a atividade dessa enzima.



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 20 Atividade enzimática da Esterase (EST) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento

No processo deteriorativo, as sementes oleaginosas são afetadas pela peroxidação de lipídios, ocasionando a formação de radicais livres. Nesse sentido, a atuação de enzimas removedoras de radicais livres como a catalase e a superóxido dismutase podem, de certa maneira indicar os avanços na perda da qualidade das sementes armazenadas.

Um fator importante que reflete a deterioração de sementes de algodão é a peroxidação dos lipídios. Esta é a provável causa da perda da viabilidade das sementes durante o armazenamento. Porém, as células possuem mecanismos protetores contra as espécies reativas de oxigênio, prevenindo a sua formação e promovendo a remoção das formas reativas produzidas (ALSCHER; ERTURK; HEALTH, 2002). Dentre esses mecanismos podem ser citados a atividade das enzimas catalase e superóxido dismutase.

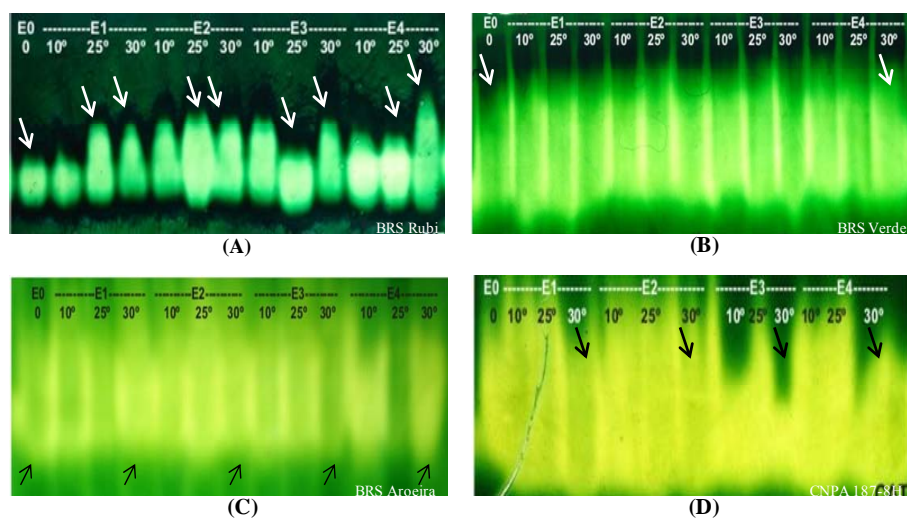
Quanto à atividade da catalase, foram observadas mudanças no padrão da enzima em relação à temperatura e época de armazenamento. Houve aumento da atividade durante o armazenamento, com atividade menor quando estas foram mantidas a 10 °C e maior aos 30 °C para a cultivar BRS Rubi (Figura 21 A). Para a enzima superóxido dismutase, foram observadas mudanças na isoforma na temperatura de 30 °C a partir de 180 dias, até o final do armazenamento. É possível que, neste período, a atividade desta enzima em temperatura elevada e no final do armazenamento necessitou da ação de diferentes isoformas para reverter o processo de deterioração (Figura 22 A).

O armazenamento das sementes de algodão favoreceu o aumento na atividade da catalase ao longo do armazenamento, não sendo observadas diferenças entre as condições de temperatura em que foram submetidas na cultivar BRS Verde (Figura 21 B). Quanto à atividade da superóxido dismutase, não foram observadas diferenças na atividade da enzima (Figura 22 B).

Os perfis isoenzimáticos observados na atividade da catalase das sementes armazenadas em diferentes temperaturas revelaram alterações com perda da atividade desta no final do período de armazenamento para a cultivar BRS Aroeira (Figura 21 C). Nota-se que inicialmente a atividade da catalase é menor e que, nas sementes armazenadas por 90 dias a 30 °C ocorre acréscimos na atividade, sendo esta reduzida a partir dos 270 dias aos 30 °C. Já a atividade da superóxido dismutase aumenta nas sementes armazenadas a 25 °C aos 90 dias de armazenadas e tem sua atividade reduzida no final do armazenamento (Figura 22 C).

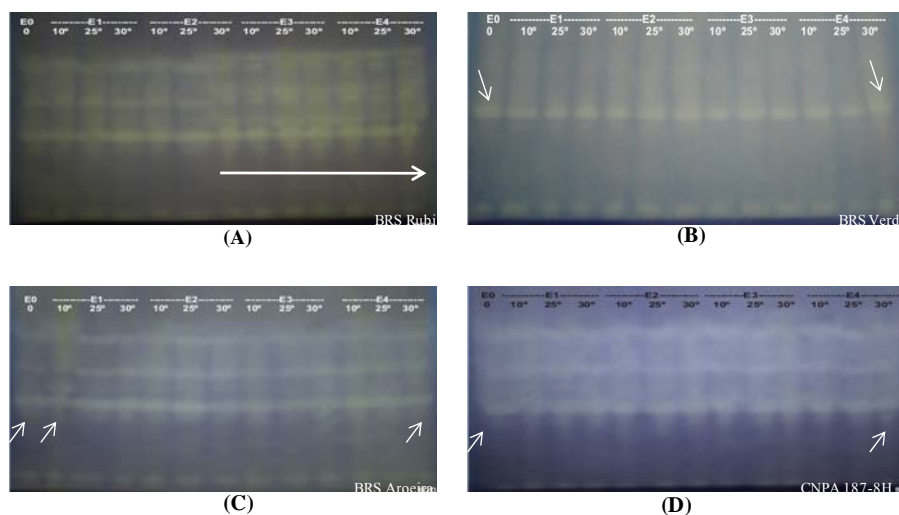
A atividade da catalase observado para a cultivar CNPA 187-8H foi maior nas sementes armazenadas até 180 dias, com decréscimo na atividade a partir de 270 dias de armazenamento (Figura 21 D). Reduções na atividade da superóxido dismutase foram verificadas nas sementes armazenadas aos 360 dias de armazenamento nas temperaturas de 25 °C e 30 °C (Figura 22 D).

A superóxido dismutase catalisa a dismutação das moléculas de superóxido em oxigênio molecular e peróxido e a catalase remove o peróxido produzido pela superóxido dismutase, atuando assim como enzimas removedoras de peróxidos ou “scavengers” (FERREIRA et al., 2007; SCANDALIOS, 1993; SMITH et al., 1985). Em diferentes culturas são observadas reduções progressivas das enzimas catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) durante o armazenamento (BAILLY et al., 1996; GOEL; SHEORAN, 2003; SUNG; CHIU, 1995). Neste estudo, os resultados da atividade destas enzimas nas sementes de algodão caracterizam o processo deteriorativo das sementes, com o aumento da sua atividade ao longo do armazenamento.



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 21 Atividade enzimática da Catalase (CAT) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2011



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 22 Atividade enzimática da Superóxido dismutase (SOD) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento

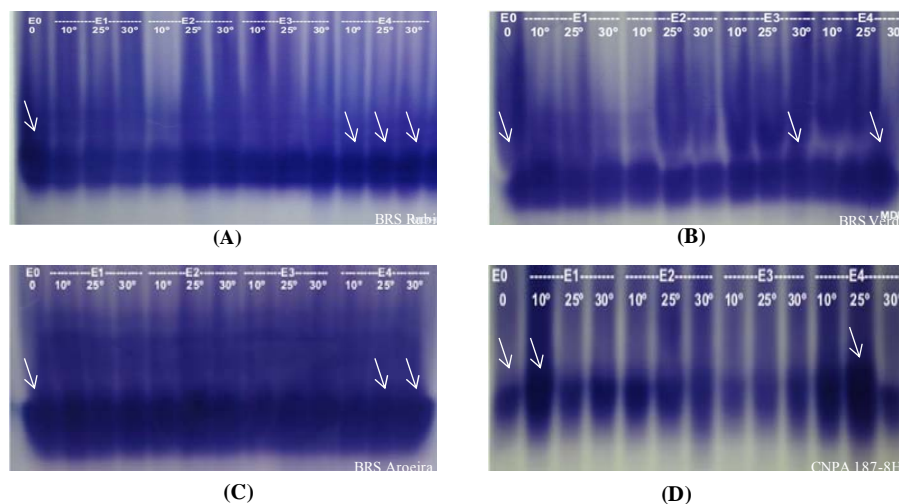
A enzima malato desidrogenase catalisa a conversão de malato à oxalacetato, de atividade respiratória aeróbica e fundamental no ciclo de Krebs, participando do movimento do malato através da mitocôndria e de outros compartimentos celulares (SPINOLA; CICERO; MELO, 2000). Além de atuar como indicadores do processo respiratório, elas também podem indicar avanços na deterioração, causados pela intensa atividade respiratória das sementes deterioradas (TUNES et al., 2011).

Para a cultivar BRS Rubi, a respiração aeróbica celular foi mais intensa aos 180 dias de armazenamento, nas temperaturas de 25 ° e 30 °C, com o aumento da atividade até o final do armazenamento (Figura 23 A). Na cultivar BRS Verde, foi observado o aumento da atividade com o avanço do período de armazenamento e perda da atividade nas sementes armazenadas a 30 °C no final

do armazenamento (Figura 23 B). A atividade da malato desidrogenase nas sementes de algodão armazenadas da cultivar BRS Aroeira não permitiu verificar diferenças entre as diferentes condições de armazenamento (Figura 23 C). Já na cultivar CNPA 187 8-H, a atividade dessa enzima reduziu com o aumento do período de armazenamento, sendo observados acréscimos da atividade nas sementes armazenadas em temperaturas de 10 °C e 25 °C apenas no final do armazenamento (Figura 23 D).

Devido a malato desidrogenase ser de fundamental importância no processo respiratório celular, o aumento da sua atividade nas condições de armazenamento pode ter ocorrido por causa do aumento da respiração das sementes em processo deteriorativo (SHATTERS et al., 1994; VIEIRA, 1996), com exceção da cultivar CNPA 187 8-H, que a atividade foi reduzida ao longo do armazenamento, corroborando com os resultados obtidos por Silva (2005).

O aumento na respiração com o período de armazenamento pode estar associado à deterioração das sementes, que foi verificado neste trabalho com a perda gradativa do vigor, nos testes de envelhecimento acelerado, teste de frio, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica.



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 23 Atividade enzimática da Malato desidrogenase (MDH) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento

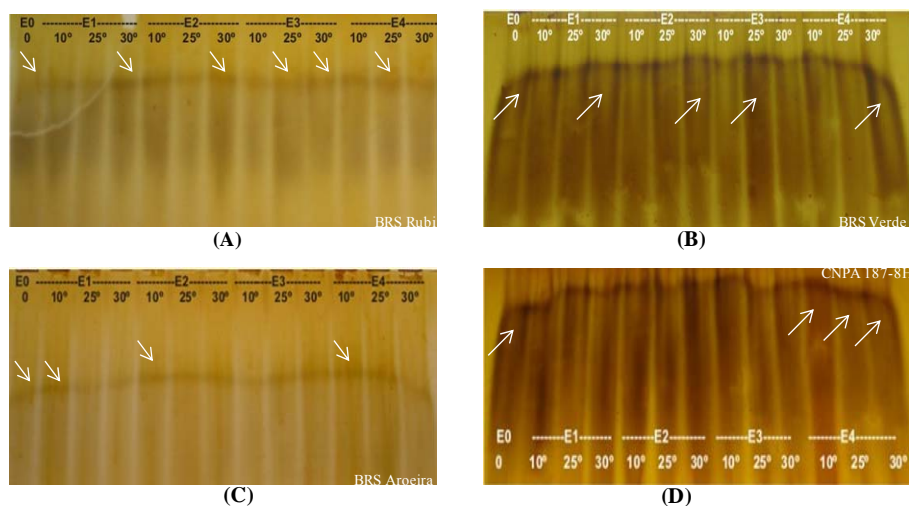
A fosfatase ácida além de participar de reações da hidrólise de ésteres em sementes atua sobre os fosfolipídios de membrana, aumentando a peroxidação por lipídios (TUNES et al., 2011). A atividade desta enzima nas sementes de algodão da cultivar BRS Rubi armazenadas foi maior quando foram submetidas à temperatura de 30 °C até 180 dias de armazenamento. A partir deste período, o aumento da atividade dessa enzima foi semelhante às demais temperaturas de armazenamento (Figura 24 A).

Nas sementes da cultivar BRS Verde, houve aumento da atividade da fosfatase ácida a partir dos 180 dias de armazenamento, principalmente nas sementes armazenadas em temperaturas de 25 °C e 30 °C, e baixa atividade nas sementes mantidas a 10 °C (Figura 24 B). Em sementes de milho também foram verificadas a atividade da fosfatase ácida apenas nas etapas finais do armazenamento (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997).

O aumento na atividade da fosfatase ácida nas sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira foi observado aos 180 dias de armazenamento, independente da condição de armazenamento em que foi submetida (Figura 24 C). Já na cultivar CNPA 187 8-H, a atividade dessa enzima foi mais intensificada aos 360 dias de armazenamento em todas as condições de armazenamento (Figura 24 D).

A fosfatase ácida é um grupo de enzimas que catalisa a hidrólise de monoésteres de fosfato, participando da desfosforilação de proteínas (DUFF; SARATH; PLAXTON, 1994). A ação da ACP nos fosfolipídios de membrana induz a alterações na sua atividade, aumentando com a deterioração das sementes, fato esse verificado de forma diferenciada nas cultivares, acompanhando os resultados da qualidade fisiológica das sementes. Além disso, o aumento da atividade desta enzima em sementes de algodão pode estar associado ao aumento da peroxidação de lipídios (BRANDÃO JÚNIOR; CARVALHO; VIEIRA, 1999).

Um problema que pode ser verificado quando se utiliza essa enzima é que ela está presente em diversos organismos como os fungos e a presença deles podem interferir na interpretação da atividade da enzima das sementes deterioradas. Com o aumento do período de armazenamento maior incidência de *Penicillium* sp., e algumas espécies de *Aspergillus* sp., coincidindo também com maior atividade desta enzima no armazenamento.



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 24 Atividade enzimática da Fosfatase ácida (ACP) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento

Existem enzimas que estão diretamente ligadas ao metabolismo de lipídios e são importantes na mobilização de reservas em sementes oleaginosas, favorecendo ou não a deterioração das sementes. Elas são conhecidas como lipoxigenase (LOX) e lipase (LIP). A lipoxigenase catalisa a adição do oxigênio molecular aos ácidos graxos polinsaturados, como o linoléico e linolênico, que são os principais substratos para atividade desta enzima (HIDELDRAND et al., 1988), contribuindo para a peroxidação de lipídios e na geração de radicais livres. Já a lipase catalisa a hidrólise de ésteres em moléculas de triacilgliceróis, liberando os ácidos graxos para as vias de produção de energia, podendo estar associadas em organelas ou serem encontradas livremente na célula.

Nas sementes armazenadas, a atividade da LOX foi verificada principalmente no final do armazenamento, com aumento da atividade em temperatura de 30°C, sendo associada à redução da qualidade das sementes,

quando avaliadas pela qualidade fisiológica na cultivar BRS Rubi (Figura 25 A). Quanto à atividade da LIP, esta foi aumentando com a temperatura do local e o avanço do período de armazenamento. A partir de 180 dias, foram verificadas diferenças nas sementes armazenadas na temperatura de 30 °C e na medida em que as sementes permanecem armazenadas, as diferenças entre as condições de armazenamento são reduzidas (Figura 26 A).

Nas sementes de algodão da cultivar BRS Verde foi observada maior atividade da lipoxigenase e da lipase no início do armazenamento, com redução a partir dos 180 dias, em sementes armazenadas aos 25 °C (Figura 25 B e 26 B). Nesse trabalho, a redução da atividade da lipoxigenase coincide com a redução da qualidade de sementes durante o armazenamento, podendo esta auxiliar na mobilização de lipídios de reserva das sementes, fato este observado em sementes de soja (OLIVEIRA et al., 2006) e pepino (NAKADA et al., 2010).

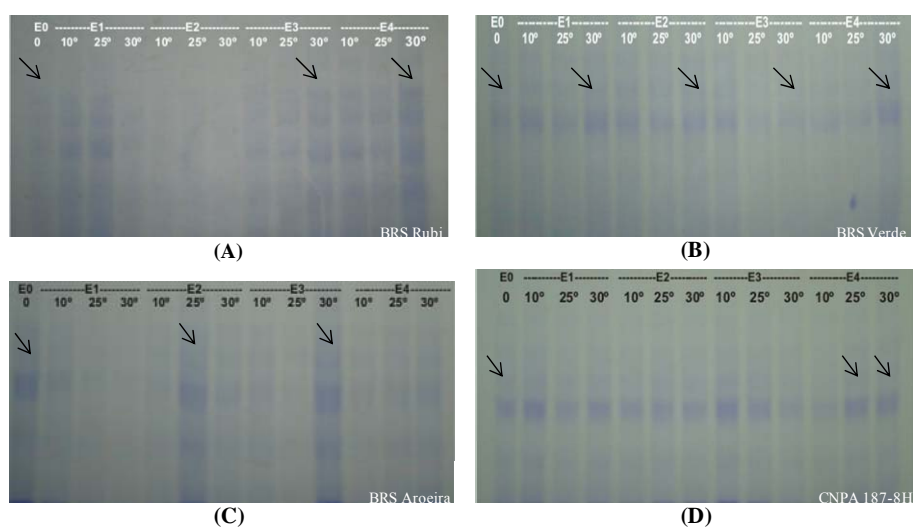
Resultados divergentes podem ser observados na atividade da lipoxigenase em relação às condições de armazenamento para a cultivar BRS Aroeira (Figura 25 C). Maior atividade da lipase foi observada em sementes não armazenadas e em sementes armazenadas aos 90 dias a 10°C, aos 180 dias a 25 °C e 270 dias a 30 °C (Figura 26 C). Foi verificado também o acréscimo da atividade nas sementes armazenadas à 30 °C aos 180 dias e aos 25 °C aos 270 dias de armazenamento.

A atividade da enzima lipoxigenase nas sementes armazenadas da cultivar CNPA 187 8-H desta enzima foi maior nas sementes armazenadas aos 10 °C (Figura 25 D). Para a atividade da lipase, não foi possível observar diferenças na atividade durante o armazenamento (Figura 26 D).

As sementes oleaginosas utilizam os lipídios como principal fonte de energia e a lipase é uma enzima envolvida na germinação destas sementes. Ela catalisa a quebra e o metabolismo dos triacilgliceróis para gliceróis e ácidos graxos que podem ser oxidados e fornecerem energia suficiente para o processo

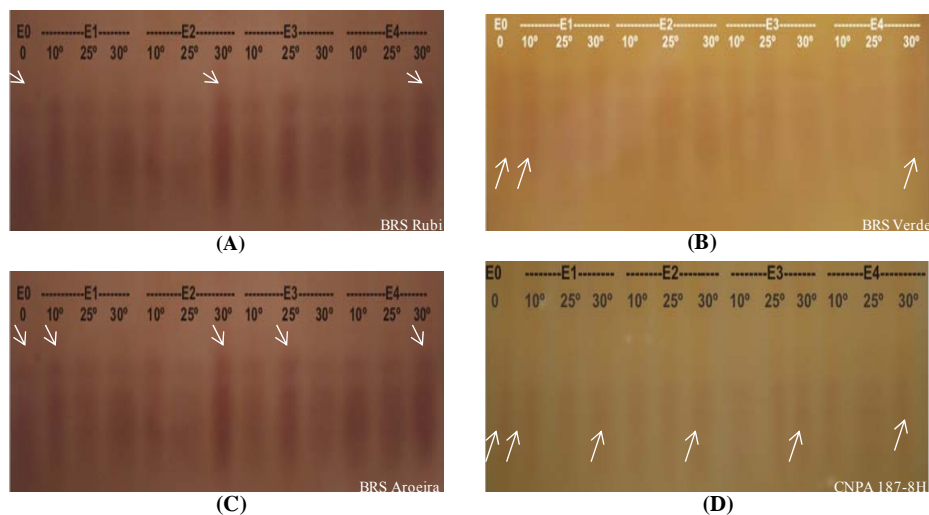
de germinação e emergência de plântulas como verificado em soja, algodão, amendoim, girassol, dentre outros (ANGELO; ORY, 1983). Observa-se que, para o metabolismo dos triacilgliceróis é de fundamental importância a atividade dessa enzima, que possui decréscimo da sua atividade com o aumento do armazenamento.

A lipoxigenase é uma enzima que atua na deterioração de lipídios de cadeia insaturada, como os ácidos graxos e reduções na sua atividade evidenciam em sementes de algodão aumento da deterioração no armazenamento (FREITAS et al., 2004). Além disso, a atuação da lipoxigenase podem atacar substâncias antioxidantes, como o tocoferol, presente na semente de algodão, ou até mesmo reduzir emergência de sementes no campo (FREITAS et al., 2006). Essa constatação foi verificada nas sementes das cultivares BRS Rubi, BRS Verde e CNPA 187-8H, com diferenças no padrão relacionado ao grau de deterioração das sementes.



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 25 Atividade enzimática da Lipoxigenase (LOX) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

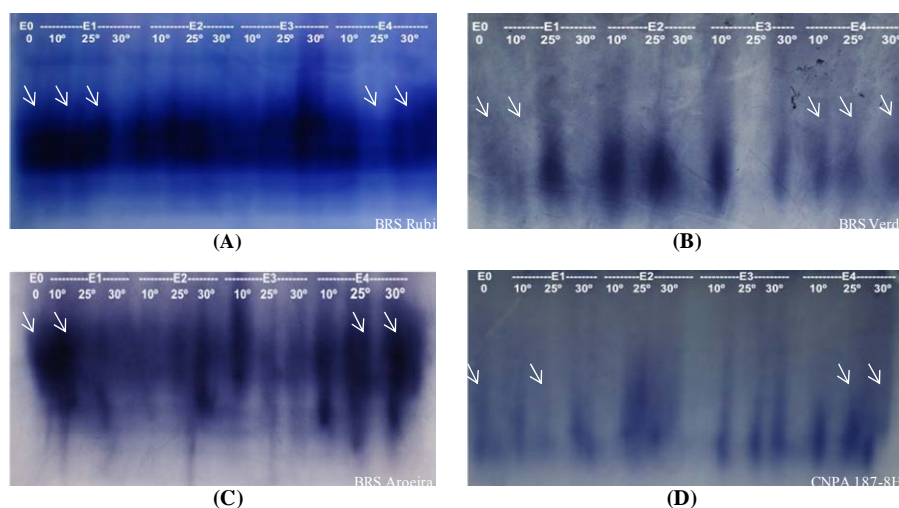
Figura 26 Atividade enzimática da Lipase (LIP) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento

A fosfoglucoisomerase (PGI) atua na rota da glicólise, que é uma das rotas utilizadas por sementes que possuem alto conteúdo lipídico após passar pelo ciclo do glioxilato, degradando o triacilglicerol em ácido graxo e glicerol, sendo o último transportado para a via glicolítica. Nas sementes de algodão da cultivar BRS Rubi houve maior atividade desta enzima nas etapas iniciais do armazenamento e nas temperaturas de 10 °C e 25 °C, reduzindo a atividade quando submetidas à temperatura de 30 °C (Figura 27 A).

A atividade da PGI na cultivar BRS Verde foi reduzida nas sementes armazenadas em temperaturas acima de 10 °C dos 270 dias até o final do armazenamento (Figura 27 B). Resultados conflitantes foram observados na atividade da PGI na cultivar BRS Aroeira (Figura 27 C). Pode-se observar aumento da atividade desta enzima no início (qualidade inicial e nas sementes armazenadas aos 10 °C aos 90 dias) e no final do armazenamento. Na cultivar

CNPA 187-8H, a atividade da PGI foi maior nas sementes armazenadas por longos períodos (Figura 27 D).

Associando os resultados obtidos na atividade da PGI com o conteúdo de carboidratos presentes nas sementes durante o armazenamento, o aumento da atividade enzimática nas cultivares BRS Aroeira e CNPA 187 8-H coincidem com as variações nos teores de carboidratos durante o armazenamento. Nas cultivares BRS Rubi e BRS Verde, não são observadas associações entre o conteúdo de carboidratos e a atividade desta enzima.



Legenda – E: época; 0, 1, 2, 3, 4: 0, 90, 180, 270, 360 dias; 10°, 25° e 30°: temperatura em grau Celsius (°C).

Figura 27 Atividade enzimática da Fosfoglucoisomerase (PGI) em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi (A), BRS Verde (B), BRS Aroeira (C) e CNPA 187-8H (D), sob diferentes condições de armazenamento

4.6 Composição dos ácidos graxos

Na composição dos ácidos graxos das sementes de algodão foram encontrados 14 tipos, divididos em saturados, monoinsaturados e polinsaturados. De uma maneira geral, a maior proporção encontrada foi de ácidos graxos

polinsaturados, composta pelos ácidos linoléico e linolênico, seguido dos ácidos graxos saturados, que compreende os ácidos graxos butírico, caproico, caprílico, cáprico, undecanoico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico araquídico e lignocérico e por último os ácidos graxos monoinsaturados, com os ácidos palmitoleico e oleico (Tabela 15).

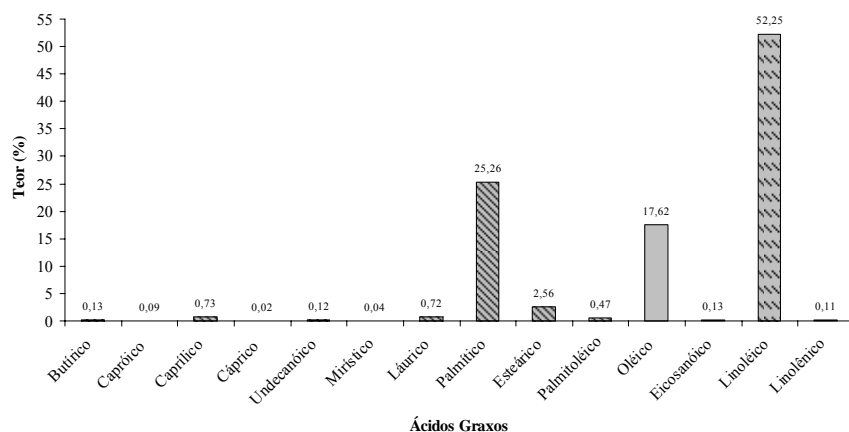
Tabela 15 Perfil geral dos ácidos graxos e seus teores em sementes de algodão das cultivares BRS Rubi, BRS Verde, BRS Aroeira e CNPA 187-8H, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

ÁCIDOS GRAXOS	BRS Rubi	BRS Verde	BRS Aroeira	CNPA 187-8H
	-----Teor (%)-----			
Butírico (C4:0)	0,13	0,28	0,16	0,18
Caproico (C6:0)	0,09	0,26	0,07	0,09
Caprílico (C8:0)	0,73	0,11	0,18	0,16
Cáprico (C10:0)	0,02	0,12	0,05	0,06
Undecanoico (C11:0)	0,12	0,09	0,00	0,05
Láurico (C12:0)	0,72	0,00	0,00	0,00
Mirístico (C14:0)	0,04	0,55	0,68	0,69
Palmítico (C16:0)	25,26	20,77	25,23	24,29
Esteárico (C18:0)	2,56	2,16	0,49	2,04
Araquídico (C20:0)	0,00	0,00	0,00	0,21
Lignocérico (C24:0)	0,00	0,00	0,00	0,07
Palmitoleico (C16:1)	0,47	0,56	2,04	0,47
Oleico (C18:1)	17,62	18,64	15,12	16,39
Eicosanoico (C20:1)	0,13	0,11	0,15	0,00
Linoleico (C18:2)	52,18	55,33	54,41	54,43
Linolênico (C18:3)	0,11	0,18	0,21	0,20

A composição de ácidos graxos é um importante fator que determina a suscetibilidade do óleo contido nas sementes aos efeitos da oxidação. Os tipos de ácidos graxos presentes no óleo, em particular àqueles que contêm dupla ligação determinam o tipo e as reações químicas que ocorrem durante o armazenamento (MORELLO et al., 2004). Neste caso, a fração composta por ácidos graxos insaturados determinam o aumento da deterioração destes compostos durante o armazenamento. As condições em que as sementes são

submetidas também influenciam na alteração destes componentes quando armazenados.

Em cada grupo de saturação dos ácidos graxos, o óleo contido nas sementes de algodão contém um componente majoritário, como é o caso do ácido palmítico, no grupo dos saturados, o oleico nos monoinsaturados e o linoleico nos polinsaturados (Figuras 28 e 29). Alguns ácidos graxos são encontrados em cultivares distintas, como é o caso do ácido láurico nas sementes da cultivar BRS Rubi e dos ácidos graxos araquídico e lignocérico na cultivar CNPA 187 8-H, podendo até ser utilizado para distinguir estas cultivares. A ausência do ácido eicosanoico nesta cultivar também pode servir de parâmetro para distinguir esta das demais cultivares encontradas neste trabalho. (A)



“continua”

(B)

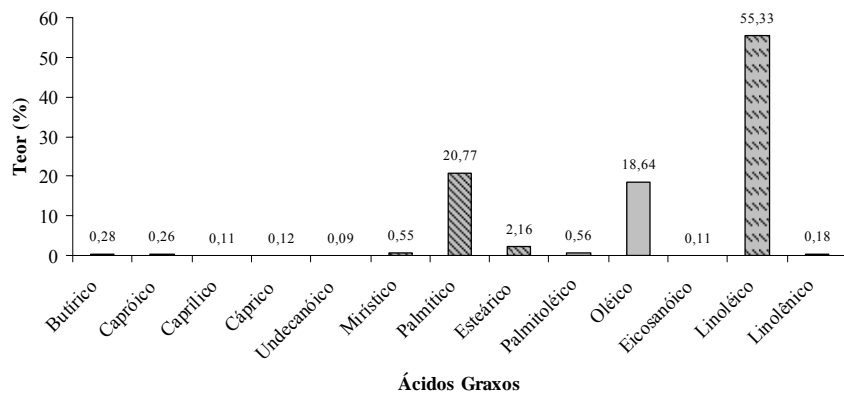
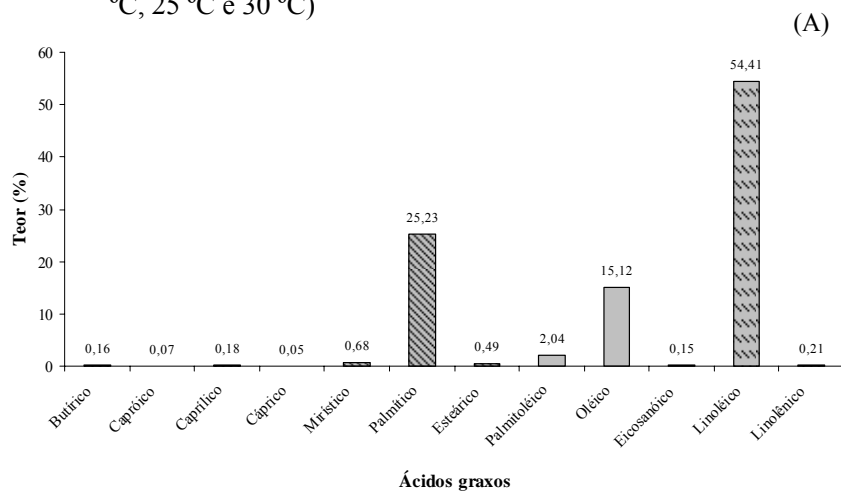


Figura 28 Perfil dos ácidos graxos em sementes de algodão, cultivar BRS Rubi (A) e BRS Verde (B), armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)



(B)

“continua”

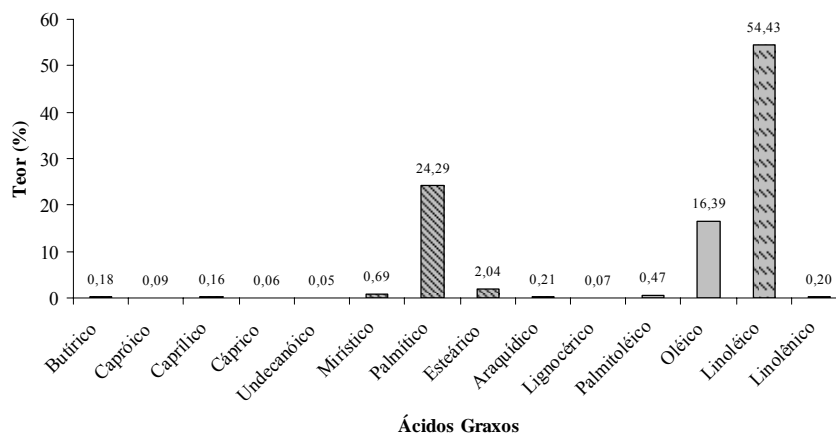


Figura 29 Perfil de ácidos graxos em sementes de algodão, cultivar CNPA 187-8H, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Foi verificado em todas as cultivares maior proporção do ácido linoleico. Este componente, devido à sua insaturação, é mais suscetível ao processo de deterioração, quando comparados com os demais ácidos graxos (GOEL; SHEORAM, 2003). Na maioria das espécies que possui sementes ricas em óleo e com elevado teor de ácido oleico (18:1), linoleico (18:2) e linolênico (18:3), como o algodão são mais suscetíveis ao processo de deterioração, quando comparado aos ácidos graxos saturados (BALEŠEVIĆ-TUBIĆ et al., 2007).

Nas Tabelas abaixo, são encontrados os componentes dos ácidos graxos mais importantes encontrados em cada cultivar. Verifica-se, no caso da cultivar BRS Rubi que os ácidos graxos saturados e monoinsaturados não sofreram alterações durante o armazenamento. No entanto, pôde-se observar alterações no teor do ácido linoleico aos 360 dias de armazenamento, nas sementes armazenadas na temperatura de 30 °C (Tabela 16).

Tabela 16 Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Rubi, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Ácidos graxos	Temp. (°C)	Época (dias)				
		0	90	180	270	360
		-----Teor (%)-----				
Palmítico	10°	25,14	26,64	25,38	23,27	23,83
	25°	25,14	26,46	24,59	26,83	25,08
	30°	25,14	24,49	26,61	24,06	26,26
CV(%)		6,18				
Estearico	10°	2,57	2,63	2,54	2,53	2,54
	25°	2,57	2,58	2,62	2,64	2,52
	30°	2,57	2,47	2,65	2,55	2,36
CV(%)		3,69				
Oleico	10°	17,48	17,37	17,59	18,17	17,88
	25°	17,48	17,33	17,91	17,41	17,64
	30°	17,48	17,83	17,37	18,11	17,23
CV(%)		2,29				
Linoleico	10°	52,07 aB	51,33 aB	52,49 aB	54,37 aA	53,48 aA
	25°	52,07 aA	51,60 aA	53,16 aA	51,16 bA	51,73 aA
	30°	52,07 aA	53,06 aA	51,33 aA	53,52 aA	50,24 bB
CV(%)		2,35				
Linolênico	10°	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11
	25°	0,10	0,13	0,12	0,11	0,12
	30°	0,10	0,13	0,12	0,12	0,11
CV(%)		1,02				

As médias, seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

Os ácidos graxos relevantes encontrados na cultivar BRS Verde sofreram alterações durante o armazenamento (Tabela 17). Houve aumento no teor do ácido palmítico aos 90 dias nas sementes armazenadas em temperatura de 25 °C e 30 °C e, a partir de 180 dias em todas as condições de armazenamento. Foram observadas oscilações nos valores do ácido graxo estearico durante o armazenamento. O ácido oléico foi reduzido a partir de 90 dias de armazenamento nas sementes armazenadas em temperaturas superiores a 10 °C. Quando se observa o período de armazenamento, o ácido oléico reduz em todas as condições em que foram mantidas durante o armazenamento.

O ácido linoleico reduziu durante o período em que as sementes ficaram armazenadas, a partir de 90 dias de armazenamento. Observa-se redução mais acentuada nas sementes armazenadas na temperatura de 30 °C. Quanto ao ácido linolênico, oscilações no seu teor não permitiram definir o ponto em que as sementes reduziram ou aumentaram o seu teor.

Tabela 17 Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Verde, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Ácidos graxos	Temp. (°C)	Época (dias)				
		0	90	180	270	360
		-----Teor (%)-----				
Palmítico	10°	18,80 aB	18,95 bB	21,17 aA	21,76 aA	21,46 aA
	25°	18,80 aB	21,44A a	21,33 Aa	21,75 Aa	21,07Aa
	30°	18,80 aB	21,88 aA	21,63 aA	21,73 aA	21,00 aA
CV(%)		2,37				
Esteárico	10°	2,11 aB	1,99 bB	2,16 aA	2,07 bB	2,26 aA
	25°	2,11 aA	2,16 aA	2,18 aA	2,08 bA	2,24 aA
	30°	2,11 aA	2,24 aA	2,19 aA	2,32 aA	2,24 aA
CV(%)		3,67				
Oleico	10°	19,35 aA	19,17 aA	18,42 aB	18,42 aB	18,45 aB
	25°	19,35 aA	18,56 bB	18,43 aB	18,50 aB	18,11 bC
	30°	19,35 aA	18,53 bB	18,42 aB	18,59 aB	18,01 bC
CV(%)		0,81				
Linoleico	10°	57,92 aA	57,14 aB	55,31 aC	54,71 aC	54,69 aC
	25°	57,92 aA	54,55 bB	54,96 aB	54,42 aB	52,71 cC
	30°	57,92 aA	54,47 bC	54,38 bC	55,04 aB	53,84 bC
CV(%)		0,76				
Linolênico	10°	0,05 aC	0,38 aA	0,18 aB	0,20 aB	0,17 aB
	25°	0,05 aB	0,22 bA	0,19 aA	0,22 aA	0,22 aA
	30°	0,05 aB	0,21 bA	0,16 aA	0,25 aA	0,22 aA
CV(%)		3,94				

As médias, seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

A composição de ácidos graxos importantes na cultivar BRS Aroeira foi alterada durante o armazenamento, com exceção do ácido linolênico (Tabela 18). O teor do ácido mirístico sofreu oscilações aos 90 dias de armazenamento, com menores teores nas sementes armazenadas em 10 °C. Após esse período foi

observado o aumento deste ácido graxo, principalmente aos 360 dias nas sementes armazenadas em 30 °C. As sementes armazenadas aumentaram o teor do ácido palmítico nas sementes mantidas em temperatura de 25 °C.

Durante o armazenamento, as sementes mantidas em temperatura de 10 °C e 25 °C não alteraram o teor do ácido esteárico. No entanto, ao final do armazenamento, sementes mantidas em 25 °C acumularam maior teor deste ácido, quando comparado com as demais temperaturas. Para o ácido palmitoléico, foi possível observar maior teor quando as sementes foram armazenadas em temperatura de 30 °C.

No ácido oleico, o efeito do armazenamento promoveu alterações no seu teor a partir de 90 dias. Apesar de não ser observadas diferenças nas demais temperaturas de armazenamento, pôde-se notar reduções no teor desse componente no final do armazenamento.

As condições de armazenamento alteraram a composição do ácido linoléico. Sementes mantidas em temperatura de 10 °C não sofreram alterações durante o armazenamento. Já nas sementes armazenadas em ambientes com temperatura de 25 °C e 30 °C, o período do armazenamento reduziu o teor deste ácido graxo de forma diferenciada, com reduções a partir de 90 dias para a primeira e 180 dias para a segunda. Também foi observado no final do armazenamento maior redução do ácido linoleico nas sementes armazenadas em 30 °C.

Tabela 18 Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Ácido graxo	Temp. (°C)	Época (dias)				
		0	90	180	270	360
		-----Teor (%)-----				
Mirístico	10°	0,72 aA	0,08 cC	0,71 bB	0,70 bB	0,72 bA
	25°	0,72 aA	0,72 aA	0,72 aA	0,71 bA	0,72 bA
	30°	0,72 aB	0,70 bC	0,72 aB	0,73 aB	0,74 aA
CV(%)		0,86				
Palmitico	10°	24,62 aB	25,24 aA	25,22 bA	25,29 aA	25,38 bA
	25°	24,62 aC	25,53 aA	25,52 aA	25,22 aB	25,80 aA
	30°	24,62 aC	25,24 aA	25,57 aB	25,55 aB	25,10 bA
CV(%)		0,75				
Estearico	10°	0,49 aA	0,48 aA	0,48 aA	0,48 bA	0,49 bA
	25°	0,49 aA	0,49 aA	0,49 aA	0,49 aA	0,50 aA
	30°	0,49 aA	0,47 bB	0,49 aA	0,48 bB	0,49 bA
CV(%)		1,32				
Palmitoleico	10°	2,08 aA	2,03 aA	2,14 aA	2,13 aA	1,79 bA
	25°	2,08 aA	2,11 aA	2,01 aA	2,08 aA	1,67 bB
	30°	2,08 aA	1,98 aA	2,09 aA	2,22 aA	2,15 aA
CV(%)		9,08				
Oleico	10°	15,19 aA	15,05 aA	14,92 aA	15,16 aA	14,97 aA
	25°	15,19 aB	15,12 aB	15,06 aB	15,48 aA	14,86 aB
	30°	15,19 aA	15,20 aA	15,11 aA	15,29 aA	15,01 aA
CV(%)		1,25				
Linoleico	10°	54,73 aA	54,69 aA	54,55 aA	55,05 aA	54,46 aA
	25°	54,73 aA	54,46 aB	54,30 aB	55,12 Aa	54,08 aB
	30°	54,73 aA	54,44 aA	54,10 aB	53,83 bB	52,87 bC
CV(%)		0,72				
Linolênico	10°	0,22	0,24	0,23	0,20	0,22
	25°	0,22	0,20	0,20	0,19	0,24
	30°	0,22	0,18	0,20	0,21	0,22
CV(%)		9,26				

As médias, seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

Nas sementes da cultivar CNPA 187 8-H, com o armazenamento, os componentes principais encontrados se alteraram de maneira diferenciada das demais cultivares. Foram observadas alterações dos teores destes compostos em relação a condição em que foram submetidas (Tabela 19).

No teor do ácido mirístico, em relação à época de armazenamento, não foram observadas alterações nas sementes armazenadas na temperatura de 10 °C.

Já para as sementes mantidas em 25 °C ocorreram oscilações durante o armazenamento e a 30 °C, com o aumento do teor desse ácido graxo durante o armazenamento. Já no ácido palmítico, no final do armazenamento foram observadas reduções no seu teor nas sementes mantidas em temperaturas acima de 10 °C.

Resultados diferentes foram observados no teor do ácido esteárico. Este ácido graxo, quando presente nas sementes armazenadas em 10 °C e 30 °C não sofreu alteração quando as sementes foram armazenadas nessas condições. Porém, em sementes mantidas em 25 °C houve redução do teor do ácido esteárico no final do armazenamento. Caso contrário foi observado no teor do ácido araquídico, com reduções nas sementes armazenadas nas temperaturas de 10 °C e 30 °C e manutenção aos 25 °C.

Não foram observadas alterações no teor do ácido oléico nas sementes armazenadas na temperatura de 10 °C em relação à época de armazenamento. Já nas sementes armazenadas aos 25 °C ocorreram variações no seu teor no período de 90 e 280 dias, retornando aos teores próximos do início do armazenamento. Oscilações no teor do ácido oleico também foram verificadas nas sementes mantidas em 30 °C.

Acréscimos no teor do ácido linoleico foram observados quando as sementes foram mantidas em temperatura de 10 °C e 30 °C e decréscimos quando mantidas em temperatura de 25 °C.

Tabela 19 Composição dos ácidos graxos encontrados em maior proporção nas sementes de algodão da cultivar BRS Aroeira, armazenadas sob diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C e 30 °C)

Ácidos graxos	Temp. (°C)	Época (dias)				
		0	90	180	270	360
		-----Teor (%)-----				
Mirístico	10°	0,69 aA	0,70 aA	0,68 bA	0,68 aA	0,69 bA
	25°	0,69 aA	0,68 bB	0,68 bB	0,69 aA	0,69 bA
	30°	0,69 aB	0,67 bC	0,70 aB	0,68 aC	0,73 aA
CV(%)		0,97				
Palmítico	10°	25,51 aA	24,30 aB	24,17 bB	24,53 aA	24,47 aA
	25°	25,51 aA	24,36 aB	24,54 aA	24,55 aA	23,88 bC
	30°	25,51 aA	23,94 bB	24,55 aA	24,54 aA	23,64 cC
CV(%)		0,42				
Estearico	10°	2,01 aA	2,14 aA	2,21 aA	2,02 aA	2,00 aA
	25°	2,01 aA	2,02 aA	2,09 aA	1,99 aA	1,80 aB
	30°	2,01 aA	2,12 aA	2,13 aA	2,03 aA	1,97 aA
CV(%)		5,56				
Araquídico	10°	0,22 aA	0,23 aA	0,23 aA	0,20 aB	0,15 bC
	25°	0,22 aA	0,22 aA	0,23 aA	0,22 aA	0,20 aA
	30°	0,22 aA	0,22 aA	0,24 aA	0,21 aA	0,15 bB
CV(%)		6,88				
Oleico	10°	16,47 aA	16,25 aA	16,31 aA	16,31 bA	16,34 bA
	25°	16,47 aA	16,32 aB	16,27 aB	16,59 aA	16,42 bA
	30°	16,47 aB	16,00 bD	16,31 aC	16,58 aB	17,01 aA
CV(%)		0,55				
Linoleico	10°	54,62 aB	54,39 aB	55,17 aA	55,06 aA	54,95 aA
	25°	54,62 aA	54,63 aA	54,44 bA	54,21 bA	53,58 bB
	30°	54,62 aC	53,54 bD	53,69 cD	54,21 bB	55,28 aA
CV(%)		0,64				
Linolênico	10°	0,20	0,19	0,17	0,21	0,21
	25°	0,20	0,20	0,20	0,22	0,23
	30°	0,20	0,20	0,22	0,13	0,23
CV(%)		2,44				

As médias, seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott no nível de 5% de significância.

De modo geral, observa-se que com o envelhecimento da sementes provocado pelo armazenamento ocorreram decréscimos na concentração dos ácidos graxos, principalmente os insaturados, com exceção das sementes da cultivar CNPA 187 8-H. Nas condições de armazenamento, a redução foi maior nas sementes armazenadas nas temperaturas de 25 °C e 30 °C.

Em sementes que possuem elevado conteúdo de óleo como o algodão, o metabolismo dos lipídios de reserva desempenha um papel importante no fornecimento de carboidratos para o processo respiratório. Contudo, com o aumento da peroxidação de lipídios, as sementes perdem a qualidade durante o armazenamento, principalmente quando são mantidas em temperaturas elevadas (FREITAS et al., 2004).

Decréscimos na qualidade fisiológica de sementes ricas em óleo, associadas com o a redução na quantidade de ácidos graxos insaturados são observados durante o armazenamento (PRIESTLEY; LEOPOLD, 1983). Mas os resultados encontrados na presente pesquisa, principalmente nas sementes das cultivares CNPA 187 8-H não foram consistentes em definir se a alteração nos ácidos graxos é dependente do envelhecimento das sementes.

5 CONCLUSÕES

A cor da pluma não influencia na manutenção da qualidade das sementes armazenadas.

A condição de armazenamento influencia de forma diferenciada nas sementes das cultivares de algodão. Temperaturas de armazenamento acima de 30 °C acelera o processo de deterioração das sementes armazenadas.

Alterações na atividade enzimática, principalmente daquelas relacionadas ao metabolismo de lipídios e as removedoras de radicais livres, auxiliam a verificar manifestações do processo deteriorativo com aumento da atividade nas sementes mantidas em temperaturas de 25 °C e principalmente em 30 °C.

Na constituição química o teor de lipídios, minerais e fibra são afetados negativamente durante o armazenamento. Efeito contrário acontece nos teores de proteína e carboidratos.

As propriedades físico-químicas do óleo de sementes de algodão são alteradas durante o armazenamento, com elevação nos índice de acidez, refração, densidade, saponificação e iodo.

Ácidos graxos polinsaturados são afetados negativamente em condições de armazenamento de até 12 meses.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais.** Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482_99.htm>. Acesso em: 28 ago. 2011.

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

AHMAD, S. et al. Does soil salinity affect yield and composition of cottonseed oil? **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 84, n. 9, p. 845-851, 2007.

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

ALFENAS, A. C. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos.** Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEALTH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental Botany**, Lancaster, v. 53, n. 372, p.1331-1341, 2002.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society.** Champaign, 1990. 1 CD ROM.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society.** Champaign, 1995. 1 CD ROM.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society.** Champaign, 1998. 1 CD ROM.

ANGELO, A. J. S.; ORY, R. L. Lipid degradation during seed deterioration. **Phytopathology**, Quebec, n. 53, p. 315-317, 1983.

ARAÚJO, J. M. A. **Oxidação de lipídios.** Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1994. 22 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1995. 335 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th ed. Arlington, 1995. v. 2. 559 p.

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

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, 1996.

BALEŠEVIĆ-TUBIĆ, S. et al. Changes of fatty acids content and vigour of sunflower seed during natural aging. **Helia**, v. 30, n. 47, p. 61-67, 2007.

BALESEVIC-TUBIC, S. et al. Influence of ageing process on biochemical changes in sunflower seeds. **Helia**, Novi Sad, v. 28, n. 42, p. 107-114, 2005.

BELTRÃO, N. E. M. A agricultura do Algodão no próximo milênio: tendências e perspectivas. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 27, p. 5, 1998.

BELTRÃO, E. M.; SOUZA, J. G.; PEREIRA, J. R. **Potencialidades de alguns subprodutos do algodoeiro**: fitomassa e seu subproduto principal, a celulose. Campina Grande: Embrapa algodão, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 114).

BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 1999. v. 1, 78 p.

BERNAL - LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, Rockville, v. 98, n. 98, p. 1207-1210, 1992.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Netherlands, v. 155, p. 135-141, 2002.

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, 1994.

BOURLAND, F. M.; FURBECK, S. M.; KAISER, G. Effects of seed deterioration on cotton development in uniform plant stands. **Proceedings Beltwide Cotton Conferences**, Memphis, v. 1, p. 108, 1988.

BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 114-121, 1999.

BRANDÃO JÚNIOR D. S. **Eletroforese de proteína e isoenzima na avaliação da qualidade de sementes de milho**. 1996. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

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. 399 p.

BROCK, J. et al. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 564-570, 2008.

BROD, F. P. R. Como armazenar. **Caderno técnico de máquinas – Mecanização**, Pelotas, n. 43, p. 3-10, jul. 2005.

BRUNO, R. L. A. et al. Qualidade de sementes do algodoeiro colorido e tradicional da cv. CNPA 7H. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: [s. n.], 2001. p. 934-935.

BUCKERIDGE, M. S. et al. Xyloglucan structure and post-germinative metabolism in seeds of *Copaifera langsdorffii* from savanna and forest populations. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 86, p. 145-151, 1992.

BUENO, Y. R. M. **Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) produzidas e comercializadas no Estado de Mato Grosso do Sul.** 1998. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 1998.

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

CARVALHO, L. P. **Cultivo do algodão herbáceo na agricultura familiar.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/cultivares.html>. Acesso em: 20 jul. 2011.

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

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

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

CARVALHO, N. M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 1-30.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. (Técnica, 8).

CHANG, S. M.; SUNG, J. M. deteriorative changes in primed sweet corn seeds during storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 26, p. 613-626, 1998.

CHAUHAN, K. P. S.; GOPINATHAN, M. C.; BABU, C. R. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 13, p. 629-641, 1985.

CHING, T. M.; SCHOOLCRAFT, I. Physiological and biochemical differences in aged seeds. **Crop Science**, Madson, n. 8, p. 407-409, 1968.

COLORIDO entra na moda natural. In: ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO - 2001. Santa Cruz do Sul: Gazeta Grupo de Comunicações, 2001. p. 38-39.

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.

COSTA, M. T. P. M.; OLIVEIRA, A. C. S. Aspectos econômicos da cultura do algodão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 92, p. 3-7, 1982.

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, 1973.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine Max (L.) Merrill*). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, p. 31-42, 1996.

DOSSA, D. et al. **Brasil projeções do agronegócio 2010/2011 a 2020/2021**. Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2011. 59 p.

DUFF, S. M. G.; SARATH, G.; PLAXTON, W. C. The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. **Physiologia Plantarum**, Bratislava, v. 90, n. 1, p. 791-800, 1994.

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

EICHELBERGER, L. et al. Composição química de sementes de azevém em resposta ao retardamento da secagem e ao armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 693-701, 2002.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS verde**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 1 Folder.

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

FERREIRA, L. A. et al. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.

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.

FESSEL, S. A. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FREIRE, E. C. et al. **Melhoramento do algodão colorido no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1997. 6 p. (Pesquisa em Andamento, 49).

FREITAS, R. A. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de algodão submetidas ao envelhecimento artificial. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 67-76, 2006.

FREITAS, R. A. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 94-101, 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, 2004.

FREITAS, R. A. **Qualidade fisiológica e caracterização bioquímica de sementes de sementes de algodão durante a deterioração e avaliação do seu potencial de armazenamento**. 2003. 102 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

GOEL, A.; SHEORAN, I. S. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. **Biologia Plantarum**, Praga, n. 46. v. 3, p. 429-434, 2003.

GOMES, J. C. et al. Efeito do dessecante paraquat na qualidade da fração lipídica da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 178-184, 2003.

GUIMARÃES, F. M.; CARTAXO, W. V. Produção orgânica de algodão colorido e branco verticalizado na Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p.1815-1819.

GUNSTONE, F. D. **The chemistry of oils and fats: sources, composition, properties and uses.** London: Blackwell, 1994. 288 p.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, London, v. 22, p. 475-476, 1973.

IBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H. Viability of lettuce seeds: survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 34, n. 142, p. 620-630, May 1983.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo, 1985. v.1, 533 p.

IQBAL, N.; BASRA, S. M. A.; KHALIL-UR-REHMAN. Evaluation of vigour and oil quality in cottonseed during accelerated ageing. **International Journal of Agriculture & Biology**, Faisalabad, v. 4, n. 3, p. 318-322, 2002.

JORGE, N. et al. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

KIKUTI, A. L. P. et al. Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 439-443, 2002.

KNOTHE, G. Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value? **Journal of the American Oil Chemistry Society**, Nova York, v. 9, p. 847-853, 2002.

KOURI, J. **Cultivo do algodão irrigado: análise econômica.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.

LAMBELET, P.; SAUCY, F.; LÖLIGER, J. Mecanismos de acción de los antioxidants. In: LIBRO 10º Aniversario A & G: recopilación de artículos técnicos. Buenos Aires: Asociación Argentina de Grasas y Aceites, 2001. p. 733, t. 2.

LIMA, J. R. O. **Síntese e caracterização físico-química, térmica e espectroscópica de biodiesel de babaçu (*Orbignya sp.*), tucum (*Astrocaryum vulgare*), macaúba (*Acrocomia aculeata*) e soja (*Glycine max*) por rota alcalina metálica e etílica.** 2005. 109 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Centro de Ciências Naturais, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2005.

LIN, S. S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 1-6, 1990.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

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

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: Abrates, 1999. cap.1, p. 1-21.

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

MEDEIROS FILHO, S. et al. Efeito do armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes deslintadas de algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 284-292, 1996.

MORAES, N. C. **Competitividade do algodão brasileiro no mercado internacional e implicações da integração ao Mercosul.** 1997. 68 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

MORELLO, J. R. et al. Changes in commercial virgin olive oil (CV Arbequina) during storage with special emphasis on the phenolic fraction. **Journal of Food Chemistry**, Washington, v. 85, p. 357-364, 2004.

MORENO-MARTINEZ, E. et al. Effect of fungi and chemical treatment on viability of maize and barley seeds with different storage characteristics. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 22, n. 3, p. 541-549, 1994.

MORETTO, E.; FETT, R. **Definição de óleos e gorduras: tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. 144 p.

MORRISON, W. R. Analysis of cereal starches. In: LINSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. **Seed analysis**. Germany: Springer-Verlag, 1992. 380 p.

NAKADA, P. G. et al. Desempenho durante o armazenamento de sementes de pepino submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 42-51, 2010.

NAUTITYAL, P. C.; RAVINDRA, V.; MISRA, J. B. Response of dormant and non-dormant seeds of groundnut (*Arachis hypogea*) genotypes to accelerated aging. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 67, p. 67-70, 1997.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. Londres: MacMillan, 1977. 838 p.

NOGALA-KALUCKA, M. et al. Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. **Food Chemistry**, London, v. 93, n. 2, p. 227-235, 2005.

OLIVEIRA, D. A. et al. Lipoxigenases e teor de ácido linolênico relacionados à qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 30-35, 2006.

OLIVEIRA, L. M. **Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius Ex A. P. de Candolle Standley) envelhecidas natural e artificialmente**. 2004. 160 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D.; BARBOSA, J. C. Desempenho de sementes de algodão tratadas quimicamente e armazenadas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 212-219, 2002.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 225-262, 2001.

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

PAOLINELLI, G. P.; BRAGA, S. J. Alterações da qualidade de sementes de algodão armazenadas com dois níveis de vigor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10., 1997, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Brasília: ABRATES, 1997. p. 168.

PETRUZELLI, L.; TARANTO, G. Wheat aging: the contribution of embryonic and non-embryonic lesions to loss seed viability. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 76, n. 2, p. 289-294, 1989.

PRIESTLEY, D. A.; LEOPOLD, A. C. Lipid changes during natural ageing of soybean seeds. **Physiologia Plantarum**, Bratislava, n. 59, n. 3, p. 467-470, 1983.

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

PRIESTLEY, D. A.; WARNER, B. G.; LEOPOLD, L. The susceptibility of soybean seed lipids to artificially enhanced atmospheric condition. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, n. 36, p. 1653-1659, 1985.

PRZYBYLSKI, R.; DAUN, J. K. Additional data on the storage stability of milled flaxseed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 78, n. 1, p. 105-106, 2001.

QUEIROGA, V. P.; CARVALHO, L. P.; CARDOSO, G. D. **Cultivo do algodão colorido orgânico na região semi-árida do Nordeste Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 49 p. (Documentos, 204).

QUEIROGA, V. P. et al. Qualidade fisiológica de sementes de algodão armazenadas em função de diferentes tratamentos e cultivares. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 43-54, 2009.

- QUEIROGA, V. P.; QUEIROZ, L. B.; GOUVEIA, J. P. G. Testes para avaliação do vigor de sementes de algodão armazenadas em condições ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: [s. n.], 2005. 6 p.
- QUETTIER, A. EASTMOND, P. J. Storage oil hydrolysis during early seedling growth. **Plant physiology and Biochemistry**, Bari, n. 47, p. 485-490, 2009.
- RESENDE, L. M. A.; MOURA, P. A. M. Aspectos econômicos da cultura do algodoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 166, p. 5-12, 1990.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: E. Blucher, 2004. p. 194.
- ROBERTS, E. H. Physiology of ageing and its application to drying and storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, p. 359-372, 1981.
- SALAH, R. B. et al. Biochemical and molecular characterization of a lipase produced by *Rhizopus oryzae*. **FEMS Microbiology letters**, Birminhgam, v. 260, p. 241-248, 2006.
- SALINAS, A. R. et al. Fisiologia da deterioração em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) durante o armazenamento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 3, n. 2, p. 106-118, 1998.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.
- SANTOS, R. G. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (BAILL.) SMITH & DOWNS**. 2004. 95 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - 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, 1974.
- SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, Lancaster, n. 101, v. 1, p. 7-12, 1993.

SHARMA, R.; CHISTI, Y.; BANERJEE, U. C. Production, purification, characterization, and applications of lipases. **Biotechnology Advances**, Waterloo, v. 19, p. 627-662, 2001.

SHARMA, S. et al. Positional effects on soybean seed composition during storage. **Journal of Food Science and Technology**, Manchester, v. 48, p. 1-7, 2011.

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, 1994.

SILVA, A. A. **Tratamento químico e armazenamento de sementes de algodão**. 2009. 126 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, J. C. et al. Desempenho de sementes de algodão após o processamento e armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 79-85, 2006.

SILVA, M. L. O. **Aplicações de laminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2005. 115 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

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 do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 39-42, jan./mar. 2007.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associate with the loss of viability of stored desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: KIGEL, J. D.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, 1995. p. 701-74.

SMITH, P. K. et al. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 150, p. 76-85, 1985.

SOARES, T. A. **Análise da acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja**. 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SPINOLA, M. C. M.; CICERO, S. M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 263-270, 2000.

STAUBMANN, R. et al. Esterase and lipase activity in *Jatropha curcas* L. seeds. **Journal of Biotechnology**, Bielefeld, v. 75, p. 117-126, 1999.

SUNG, J. M.; CHIU, C. C. Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzyme of naturally aged soybean seeds. **Pant Science**, Davis, v. 110, n. 1, p. 45-52, 1995.

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

TANAKA, M. A. S.; PAOLINELLI, G. P. Avaliação sanitária e fisiológica de sementes de algodão produzidas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 71-81, 1984.

TRAWATHA, S. E.; TEKRONY, D. M.; HIDEBRAND, D.F. Relationship of soybean seed quality to fatty acid and C6-Aldehyde levels during storage. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1415-1422, 1995.

TUNES, L. M. et al. Influência dos diferentes períodos de colheita na expressão de isoenzimas em sementes de cevada. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 2, p. 178-184, 2011.

VAN DE KAMER, S. B.; VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 19, n. 4, p. 239-251, July/Aug. 1952.

VIEIRA, M. G. G. C. **Controle de qualidade de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 113 p.

VIEIRA, M. G. G. C. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 114 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 31-47.

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.

VILLELA, F. A.; SILVA, W. R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 145-153, 1992.

WEIDENBORNER, M.; HINDORF, H. Fungi isolated from protein enriched seeds and pods with special emphasis on the genus *Aspergillus*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 17, p. 383-394, 1989.

WHITE, P. J. Flavor quality of fats and oils. In: O'BRIEN, R. D.; FARR, W. C.; WAN, P. J. **Introduction to fats and oils technology**. 2nd ed. Champaign: AOCS, 2000. cap. 18, p. 341-370.

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

ZIEGLER, P. Carbohydrate degradation during germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, 1995. p. 447-474.