



**GISELLE PRADO BRIGANTE**

**DETERIORAÇÃO DE SEMENTES DE  
GIRASSOL DURANTE O ARMAZENAMENTO**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**GISELLE PRADO BRIGANTE**

**DETERIORAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL DURANTE O  
ARMAZENAMENTO**

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

Orientadora

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

**LAVRAS – MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Brigante, Giselle Prado.

Deterioração de sementes de girassol durante o armazenamento /  
Giselle Prado Brigante. – Lavras : UFLA, 2013.  
206 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.  
Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.  
Bibliografia.

1. *Helianthus annuus* L. - Armazenamento. 2. *Helianthus annuus*  
L. - Sementes. 3. Girassol. 4. *Helianthus annuus* L. - Deterioração -  
Armazenamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.85

**GISELLE PRADO BRIGANTE**

**DETERIORAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL DURANTE O  
ARMAZENAMENTO**

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

APROVADA em 31 de julho de 2013.

Dra. Marcela Carlota Nery	UFVJM
Dra. Maria das Graças Cardoso	UFLA
Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Dr. Antônio Carlos Fraga	UFLA

  
Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2013**

*Á Deus, pois sem Ele nada seria possível.  
Aos meus queridos pais Helenice e Boris,  
exemplos de vida e amor,  
por todo incentivo durante toda minha vida.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Á Deus por estar sempre ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis de minha vida.

Aos meus queridos e amados pais, Helenice e Boris, por todos os ensinamentos, companheirismo, amor, dedicação, incentivo, carinho e compreensão em todas as horas. Mãe o título também é seu!

A Professora Maria Laene Moreira de Carvalho, mais que uma orientadora, grande amiga e exemplo de profissionalismo, pelo apoio e pela confiança em mim depositada durante a realização deste trabalho, minha admiração e gratidão.

A Universidade Federal Lavras pela oportunidade concedida.

Aos Professores Renato Mendes Guimarães e Antônio Carlos Fraga, pelas sugestões apresentadas, pelos conhecimentos transmitidos, por terem estado sempre à disposição para esclarecer todas as minhas dúvidas e pela amizade.

Aos demais professores que colaboraram na minha formação e contribuíram de alguma forma com a realização deste trabalho, em especial à Prof. Édila e Prof. João Almir.

A minha querida e amada irmã Andréa pelo apoio e incentivo para nunca desistir dos meus sonhos e objetivos.

A querida amiga Crislaine pela presença constante em minha vida, que tanto me ajudou tecnicamente na execução do trabalho, mas principalmente pelo acolhimento, companheirismo, convivência harmoniosa e amizade construída e cultivada.

A querida amiga Marcella Nunes pela disponibilidade para me ajudar nas mais variadas situações, pela amizade e por muitos momentos de alegria compartilhados.

Aos amigos Andréa e Cláudio, pais da Luisa, muito obrigada pelas valiosas ajudas que sempre me proporcionaram.

Ao estagiário e amigo Matheus Freitas pela valiosa colaboração prestada e permanente disponibilidade e comprometimento.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes pelo apoio, amizade e orientações.

A empresa Atlântica Sementes pela disponibilidade em fornecer as sementes para a realização desse trabalho, em especial ao amigo Eng. Agr. Luiz Gonzaga Fenólio.

A secretária do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Agricultura, Marli, pela dedicação, paciência e comprometimento.

Aos professores membros da banca pelas importantes sugestões na finalização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A manutenção da qualidade das sementes durante o armazenamento é de suma importância para o setor de produção de sementes, principalmente no Brasil, devido às condições climáticas desfavoráveis para a conservação de sementes oleaginosas, com as de girassol (*Helianthus annuus* L.). O presente estudo foi desenvolvido no setor de sementes da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes embalagens e ambientes de armazenamento sobre a qualidade de sementes de girassol durante nove meses em relação a possíveis alterações fisiológicas, sanitárias e bioquímicas das sementes. Foram utilizadas sementes de girassol de dois híbridos com diferentes características de óleo, AGUARÁ-4 (híbrido simples, 45-50% de óleo do tipo não oleico) e OLISUN-3 (híbrido triplo, 45-40% de óleo tipo oleico), produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas, e testados dois tipos de embalagens: papel Kraft e plástico a vácuo. As sementes foram armazenadas em câmara fria a 10°C e em armazém convencional a 25°C e 30°C por nove meses. A qualidade das sementes foi avaliada pelos testes de primeira contagem da germinação, germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas, IVG e sanidade, além das alterações nos sistemas enzimáticos, ADH, CAT, SOD, EST, ACP, MDH e isocitrato-liase. Verificou-se que a resposta ao armazenamento de sementes de girassol convencional ou alto oleico nas diferentes condições de temperatura varia em função da embalagem utilizada. O armazenamento a temperatura de 10°C é mais eficiente na conservação da qualidade das sementes de girassol e, nesse ambiente, o armazenamento em embalagem de papel é o mais adequado. A conservação das sementes de girassol quando em armazenamento convencional a 25°C e 30°C é mais eficiente em embalagem plástica a vácuo. Independente das condições de armazenamento a incidência de fungos de campo, *Alternaria alternata* e *Fusarium* sp., são favorecidas no armazenamento. Alteração na qualidade fisiológica de sementes de girassol em diferentes condições de armazenamento são detectadas pela análise dos sistemas enzimáticos da álcool desidrogenase, catalase, superóxido dismutase, esterase e fosfatase ácida, o que não ocorre para as enzimas malato desidrogenase e isocitrato liase.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Sementes. Armazenamento. Deterioração.

## ABSTRACT

The maintenance of seed quality during storage is of paramount importance to the sector seed production, mainly in Brazil, due to unfavorable weather conditions for the conservation of oil seeds with sunflower (*Helianthus annuus* L.). This study was developed in the seed industry, Federal University of Lavras, with the objective of evaluating the effect of different packaging and storage environments on the quality of sunflower seeds for nine months regarding possible physiological, and biochemical changes in health seeds. Sunflower seed hybrids with two different characteristics of oil Aguara – 4 (simple hybrid, 45-50 % of non- oil oleic type) and OLISUN - 3 (triple hybrid, 45-40 % oleic oil type) were used, produced under the same environmental conditions, and tested two types of packing: Kraft paper and plastic vacuum. The seeds were stored in a cold room at 10 ° C in a conventional storage at 25 ° C and 30 ° C for nine months. Seed quality was evaluated by the first count of germination, germination, electric conductivity, accelerated aging, seedling emergence, IVG and sanity tests as well as changes in enzyme systems, ADH, CAT, SOD, EST, ACP, MDH and isocitrate lyase. It was found that the response to the storage of sunflower or high oleic conventional in different temperature varies depending on the packing used. The storage temperature of 10 ° C is more effective in preserving the quality of sunflower seeds and, in this environment, storage in paper package is the most suitable. The conservation of sunflower seeds as conventional 25 ° C and 30 ° C storage is more efficient vacuum packing in plastic. Regardless of storage conditions on the incidence of field fungi, *Alternaria alternata* and *Fusarium* sp., are favored in storage. Change in the physiological quality of sunflower seeds at different storage conditions are detected by the analysis of enzyme systems of alcohol dehydrogenase, catalase, superoxide dismutase, esterase and acid phosphatase, which is not true for malate dehydrogenase and isocitrate lyase.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Seeds. Storage. Deterioration.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 1

Figura 1	Estrutura química dos ácidos graxos insaturados presentes no óleo de girassol representada pelo ácido oleico, linoleico e linolênico.....	47
Figura 2	Estrutura química da vitamina E presente no óleo de girassol.....	49
Figura 3	Estrutura química dos tocoferóis.....	49
Figura 4	Estrutura química do ácido palmítico.....	51
Figura 5	Estrutura química do ácido esteárico.....	51
Figura 6	Estrutura química do ácido oleico.....	51
Figura 7	Estrutura química do ácido linoléico.....	51
Figura 8	Umidade Relativa média na câmara de armazenamento de 25°C e 30°C no período de execução do experimento. Lavras, UFLA, 2011.....	58
Figura 9	Primeira contagem (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) em embalagens (de papel e vácuo)....	62
Figura 10	Primeira contagem (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) em embalagens (de papel e vácuo)....	62
Figura 11	Germinação (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	63
Figura 12	Germinação (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	63
Figura 13	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	69
Figura 14	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	70
Figura 15	Envelhecimento acelerado (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	72

Figura 16	Envelhecimento acelerado (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	72
Figura 17	Emergência (%) para a cultivar Aguará em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	75
Figura 18	Emergência (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	75
Figura 19	Índice de Velocidade de Emergência (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	77
Figura 20	Índice de Velocidade de Emergência (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo).....	77
Figura 21	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Aguará-4 na época zero. Lavras, MG, 2013.....	80
Figura 22	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Olisun-3 na época zero. Lavras, MG, 2013.....	80
Figura 23	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Aguará-4 aos 3 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013.....	82
Figura 24	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Olisun-3 aos 3 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013.....	82
Figura 25	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Aguará-4 aos 6 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013.....	84
Figura 26	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Olisun-3 aos 6 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013.....	85
Figura 27	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Aguará-4 aos 9 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013.....	87
Figura 28	Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Olisun-3 aos 9 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013.....	87

Figura 29	Atividade enzimática da ADH (Álcool Desidrogenase) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	90
Figura 30	Atividade enzimática da CATALASE (CAT) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	92
Figura 31	Atividade enzimática da SOD (Superóxido Dismutase) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	94
Figura 32	Atividade enzimática da ESTERASE (EST) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	97
Figura 33	Atividade enzimática da FOSFATASE ÁCIDA em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	98
Figura 34	Atividade enzimática da Malato Desidrogenase (MDH) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	100
Figura 35	Atividade enzimática da ISOCITRATO LIASE em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013.....	102
<b>CAPITULO 2</b>		
Figura 1	Composição centesimal (%) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: armazenamento em papel; V: armazenamento a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; épocas de armazenamento: 0, 3, 6 e 9 meses.....	142
Figura 2	Composição centesimal (%) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: armazenamento em papel; V: armazenamento a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; épocas de armazenamento: 0, 3, 6 e 9 meses.	143
Figura 3	Lipídios (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas e das temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	144

Figura 4	Lípidios (%) para a cultivar Olisun-3 em,função das épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses).....	145
Figura 5	Proteína bruta (%) para a cultivar Aguará-4 em,função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	148
Figura 6	Proteína bruta (%) para a cultivar Olisun-3 em,função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°).....	149
Figura 7	Fibras (%) para a cultivar Aguará-4 em,função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°).....	150
Figura 8	Fibras (%) para a cultivar Olisun-3 em,função das épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas.....	151
Figura 9	Carboidratos (%) para a cultivar Aguará-4 em,função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°).....	152
Figura 10	Carboidratos (%) para a cultivar Olisun-3 em,função das épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas.....	153
Figura 11	Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Aguará-4 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C por 3 meses de armazenamento.....	156
Figura 12	Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Olisun-3 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C por 6 meses de armazenamento.....	157
Figura 13	Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Aguará-4 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 30°C por 9 meses de armazenamento.....	157
Figura 14	Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Olisun-3,embalagem de papel e mantidas a temperatura de 30°C por 9 meses de armazenamento.....	158
Figura 15	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0 meses.....	162
Figura 16	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0 meses.....	162

Figura 17	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses.....	163
Figura 18	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses.....	163
Figura 19	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses.....	164
Figura 20	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses.....	164
Figura 21	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses.....	165
Figura 22	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses.....	165
Figura 23	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; na época inicial (0).....	171
Figura 24	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; na época inicial (0).....	172
Figura 25	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses.....	172
Figura 26	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses.....	173

Figura 27	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses.....	173
Figura 28	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses.....	174
Figura 29	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses.....	174
Figura 30	Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses.....	175
Figura 31	Estrutura química dos tocoferóis e tocotrienóis.....	176
Figura 32	Gama-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses.....	178
Figura 33	Gama-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses.....	179
Figura 34	Alfa-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses.....	182
Figura 35	Alfa-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses.....	184
Figura 36	Acidez (%) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses.....	188
Figura 37	Acidez (%) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses.....	190

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1

Tabela 1	Teor de água (%) das sementes de girassol, híbridos Aguará-4 e Olisun-3, em função das épocas e condições de armazenamento.....	59
Tabela 2	Resultados da primeira contagem (%), para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C).....	64
Tabela 3	Resultados da primeira contagem (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C).....	65
Tabela 4	Resultados do teste de germinação (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C).....	66
Tabela 5	Resultados do teste de germinação (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C).....	66
Tabela 6	Resultados da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	68
Tabela 7	Resultados da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	68
Tabela 8	Resultados do Envelhecimento acelerado (%), para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	71
Tabela 9	Resultados do Envelhecimento acelerado (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	71
Tabela 10	Resultados da Emergência (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	74
Tabela 11	Resultados da Emergência (%) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	74
Tabela 12	Resultados do IVE (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C).....	76

Tabela 13	Resultados do IVE (%) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C).....	76
CAPITULO 2		
Tabela 1	Resultados de lipídios (%) para a cultivar Aguará-4.....	143
Tabela 2	Resultados de lipídios (%) para a cultivar Olisun-3.....	144
Tabela 3	Resultados de proteína bruta (%) para a cultivar Aguará-4.....	147
Tabela 4	Resultados de proteína bruta (%) para a cultivar Olisun-3.....	147
Tabela 5	Resultados de fibras (%) para a cultivar Aguará-4.....	150
Tabela 6	Resultados de carboidratos (%) para a cultivar Aguará-4.....	152
Tabela 7	Resultados de cinzas (%) ara a cultivar Aguará-4 em função das embalagens (papel e vácuo).....	154
Tabela 8	Resultados de cinzas (%) para a cultivar Olisun-3 em função das embalagens (papel e vácuo).....	155
Tabela 9	Resultados de ácidos graxos saturados (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	159
Tabela 10	Resultados de ácidos graxos monoinsaturados (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	159
Tabela 11	Resultados de ácidos graxos polinsaturados (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	159
Tabela 12	Concentrações de Ácido Palmítico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	167
Tabela 13	Concentrações de Ácido Estéárico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	167
Tabela 14	Concentrações de Ácido Oleico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	168

Tabela 15	Concentrações de Ácido Linoleico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	168
Tabela 16	Concentrações do Ácido Linolênico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	168
Tabela 17	Concentrações do Ácido erúcido (%) para a cultivar Olisun-3 em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C).....	170
Tabela 18	Concentrações do Ácido erúcido (%) para a cultivar Olisun-3 em função das temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	171
Tabela 19	Concentrações de Gama-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	177
Tabela 20	Concentrações do Gama-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	179
Tabela 21	Concentrações de Alfa-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	181
Tabela 22	Concentrações do Alfa-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	182
Tabela 23	Concentrações de Vitamina E para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	185
Tabela 24	Concentração de Vitamina E para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	186

Tabela 25	Concentrações da Acidez (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	188
Tabela 26	Concentrações da Acidez (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento.....	189

## SUMÁRIO

	<b>CAPITULO 1 POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENRES DE GIRASSOL NO ARMAZEM.....</b>	21
1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	22
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	25
2.1	Cultura do girassol: aspectos relevantes.....	25
2.2	Cultura do girassol: aspectos econômicos.....	27
2.3	Deterioração de sementes.....	30
2.4	Armazenamento de sementes.....	40
2.5	Composição química e perfil lipídico.....	47
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	53
3.1	Qualidade física.....	54
3.2	Qualidade fisiológica.....	54
3.3	Qualidade sanitária.....	55
3.4	Atividade de isoenzimas.....	56
3.5	Procedimento estatístico.....	57
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	58
4.1	Qualidade física.....	58
4.2	Qualidade fisiológica.....	61
4.2.1	Primeira contagem da germinação e Germinação.....	61
4.2.2	Condutividade elétrica.....	67
4.2.3	Envelhecimento acelerado.....	70
4.2.4	Emergência e Índice de Velocidade de Emergência – IVE.....	73
4.3	Qualidade sanitária.....	78
4.4	Atividade de isoenzimas.....	88
5	<b>CONCLUSÕES.....</b>	103
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	104
	<b>CAPÍTULO 2 ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS NO PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL NO ARMAZENAMENTO.....</b>	125
1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	128
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	134
2.1	Determinação da Composição química.....	134
2.2	Quantificação dos Ácidos Graxos.....	136
2.3	Determinação do Tocoferol.....	139
2.4	Determinação do grau de acidez.....	140
2.5	Procedimento estatístico.....	141
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	142

<b>3.1</b>	<b>Determinação da composição química.....</b>	<b>142</b>
<b>3.2</b>	<b>Quantificação dos Ácidos Graxos.....</b>	<b>155</b>
<b>3.3</b>	<b>Determinação Tocoferol.....</b>	<b>175</b>
<b>3.4</b>	<b>Determinação do grau de Acidez.....</b>	<b>186</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>191</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>192</b>
	<b>CAPÍTULO 3 DISCUSSÃO GERAL.....</b>	<b>202</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>206</b>

**CAPÍTULO 1**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GIRASSOL NO  
ARMAZENAMENTO**

## 1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) encontra-se entre as principais oleaginosas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo e, no Brasil, observa-se um crescente aumento do seu cultivo principalmente na região Central do país como opção de plantio na entressafra, principalmente como cultura sucessora ao milho e soja. O motivo deste crescimento é devido à eficiente capacidade que a planta apresenta em promover a ciclagem de nutrientes ao longo do perfil do solo, em aproveitar os resíduos das adubações dos cultivos anteriores, aumentando a capacidade de aproveitamento do solo e da infraestrutura da propriedade, aliado à qualidade de seu óleo que apresenta um mercado promissor.

O óleo de girassol tem seu valor comercial bastante aumentado devido sua qualidade como alimento funcional, em função da riqueza de compostos especiais, como ácidos graxos insaturados, tocoferóis (vitamina E) e compostos especiais como fitosteróis,  $\beta$ -carotenos ou pró-vitamina A e fosfolipídios, dentre outros, importantes para a saúde humana.

O expressivo aumento da área cultivada faz com que a demanda por sementes de alta qualidade seja crescente, o que se torna um desafio para as empresas produtoras do país, produzir e manter a qualidade das sementes, atendendo às necessidades e expectativas do mercado.

Atualmente o mercado de sementes de girassol é liderado por empresas estrangeiras, cujas sementes são produzidas na Argentina, Bolívia e França e importadas pelo Brasil, o que faz aumentar a necessidade do desenvolvimento de tecnologia de produção e conservação dessas sementes.

As sementes de girassol são colhidas com alto teor de água a fim de se obter maiores rendimentos, minimizando as perdas causadas por danos mecânicos ou ataque de pássaros. No entanto, sementes com alto teor de água

são mais susceptíveis ao desenvolvimento microbiano, respiram mais vigorosamente, provocando aquecimento, perda da quantidade e qualidade da matéria prima e do poder germinativo, desenvolvendo ácidos graxos livres e se deteriorando rapidamente no armazenamento. As condições de armazenamento podem afetar a taxa de tocoferol, substância antioxidante, existente no óleo, bem como a atividade de enzimas removedoras de peróxidos.

As variações na concentração e composição em ácidos graxos ocorrem em função da espécie, variedade ou híbrido, condições de cultivo, de mudanças climáticas durante a produção das sementes, grau de maturação e conservação no armazenamento.

Os híbridos de girassol disponíveis no mercado apresentam variações quanto sua composição química, o que influi na sua longevidade. As sementes oleaginosas, como as de girassol, devido seu elevado conteúdo de lipídios tornam-se extremamente vulneráveis às consequências de deterioração durante o processo de armazenamento.

Contudo, não existem na literatura, suficientes informações sobre as condições ideais para manutenção da qualidade de sementes de girassol, e pesquisas que evidenciem diferenças entre o conteúdo e a qualidade do óleo em sementes de girassol ao longo do armazenamento, bem como a participação de substâncias antioxidantes, como as enzimas e os tocoferóis, no processo de deterioração.

Dentro desse contexto, o monitoramento da qualidade das sementes ao longo do armazenamento tem papel relevante nos programas de produção de sementes dessa oleaginosa no Brasil, devido às condições adversas, características de climas tropicais, a que as sementes são submetidas durante o período que se estende da colheita ao momento de semeadura.

Dentre os fatores que influem na conservação das sementes no armazenamento destacam-se a qualidade inicial da semente; as características

das espécies oleaginosas (genótipos e composição química); as condições do ambiente (Umidade Relativa e temperatura do ambiente, tipo de embalagem; microrganismos e insetos) durante o armazenamento.

Objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito de diferentes embalagens e ambientes de armazenamento sobre a qualidade de sementes de girassol dos híbridos Aguará-4 (oleoso convencional) e Olisun-3 (oleoso alto oleico) durante nove meses em relação a possíveis alterações fisiológicas, sanitárias e bioquímicas das sementes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura do girassol: aspectos relevantes

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea de ciclo anual, pertencente à ordem Asterales, família *Asteraceae*, subfamília *Asteroideae* e tribo *Heliantheae*, compreendendo 49 espécies, 19 subespécies, sendo 12 de ciclo anual e 37 perenes (JOLY, 1993). A denominação “girassol” deriva do grego *hélíos*, que significa sol, e *anthus*, que significa flor. Conhecido portanto como “flor do sol”, em decorrência da planta possuir a característica de realizar o fenômeno de heliotropismo, onde sua inflorescência se movimenta a procura do sol (SEILER, 1997).

O girassol monocefálio cultivado comercialmente possui a inflorescência denominada capítulo, que é a formação na parte do ápice do caule de um alongamento discoide, constituído de um receptáculo onde as flores estão inseridas. O capítulo possui diâmetros que variam de 10 a 40 cm, dependendo da variedade ou híbrido e das condições de cultivo. As flores são alógamas e a polinização feita por entomofilia, sendo a abelha o principal inseto polinizador das flores de girassol.

Em plantações de girassol, não apenas o número de sementes aumenta de acordo com a quantidade de visitas de abelhas, mas também a quantidade de óleo nas sementes é maior, um aspecto de grande relevância em sistemas de cultivo de girassol (MAHMOOD; FURGALA, 1983; SKINER, 1987). Neste contexto, a pesquisa tem aferido incremento de rendimento entre 20 a 100% com a adoção de polinização suplementar por abelhas (FONSECA; VALQUEZ, 1994). Para um bom incremento de produção de sementes, Vrânceanu (1997) afirma serem necessárias de 6 a 7 colméias ha<sup>-1</sup>.

A floração é desuniforme e as flores se formam de forma radial, em círculo, da periferia para o centro do capítulo, em média são produzidas de 700 a 3000 flores por capítulo, dependendo do diâmetro do disco. As flores férteis e tubulosas quando fertilizadas darão origem aos frutos, denominados aquênios.

O aquênio, fruto do girassol, comumente considerado semente, é do tipo seco, indeiscente, e constituído por pericarpo e pela semente propriamente dita. (SEILER, 1997). O peso individual do aquênio varia de 40 a 400 mg, com tamanho que varia de 7 a 25 mm de comprimento e de 4 a 13 mm de largura. São consideradas sementes pequenas as que possuem de 2 a 7 mm de comprimento e 1 a 2 mm de largura, tendo o peso de 1000 sementes variando de 30 a 60 gramas. O teor de óleo varia de 10 a 60% (CASTIGLIONI et al., 1994).

As sementes de girassol são classificadas de acordo com sua composição química em “oleosas” e “não oleosas”. As sementes “não oleosas” se caracterizam por ser de maior tamanho, de coloração preta ou cinza, com presença de listras, pericarpo espesso, representando de 40 a 45% do peso das sementes, facilmente removível, com 25% a 30% de lipídios, e representam apenas 5% dos genótipos de girassol. As sementes “não oleosas” tem aplicação no mercado de consumo *in natura* e como fonte de proteína para alimentação animal (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1994). As sementes “oleosas” são menores, com o pericarpo fortemente aderido, representando de 20% a 30% do peso das sementes, com 40% a 60 % de lipídios, são economicamente mais importantes, tanto como fonte de óleo, seu principal componente químico, com fonte de proteína, após a extração do óleo, através do principal co-produto, o farelo de girassol (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1994).

Assim como a floração, a frutificação e maturação das sementes de girassol também é desuniforme sendo essa diferença mais acentuada nas variedades, pois os híbridos apresentam uma maior uniformidade.

A maturação das sementes de girassol ocorre das bordas para o centro do capítulo. As sementes localizadas em diferentes regiões do capítulo podem diferir em maturação fisiológica (ZIMMERMAN; ZIMMER, 1978). Para o girassol ainda não está determinado um indicador de maturação fisiológica, com para outras espécies, como a formação da camada negra para a semente de milho (CONNOR; SANDRAS, 1992).

Dentre as fases fenológicas da planta em um sistema de produção, o momento da colheita é muito relevante, sendo de extrema importância a determinação da maturidade fisiológica das sementes.

A colheita precoce ou tardia, dependendo das condições climáticas predominantes, poderá acelerar o processo de deterioração, com consequente perda da qualidade fisiológica da semente (VIEIRA, 2004).

## **2.2 Cultura do girassol: aspectos econômicos**

A grande importância econômica do girassol se deve a excelente qualidade do óleo comestível extraído de suas sementes, tanto referente ao aspecto nutricional quanto organoléptico (aroma e sabor) (GROMPONE, 2005).

O girassol está entre as quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo, ficando atrás da soja, algodão e amendoim. A exploração racional do girassol representa hoje uma alternativa de grande importância, não apenas pela renda que pode ser agregada à atividade agrícola, mas também como fontes de proteína de alto valor biológico para alimentação humana e animal (LEITE et al., 2007).

Agronomicamente o girassol é considerado uma planta de comportamento rústico, com ampla adaptabilidade edafoclimática, podendo ser cultivado de norte a sul do Brasil. A planta de girassol tem a capacidade de melhorar a qualidade química e física do solo por possuir característica de

promover a ciclagem de nutrientes ao longo do perfil do solo e disponibiliza uma considerável quantidade de nutrientes pela mineralização dos restos culturais, beneficiando o desenvolvimento e a melhoria do estado nutricional das culturas subsequentes (LEITE et al., 2007), com acréscimos significativos na produtividade em longo dos anos (UNGARO, 1986)

A demanda mundial por girassol tem aumentado em média 1,8% ao ano. No Brasil a área de cultivo tem aumentado significativamente nos últimos anos visando atender a demanda do mercado de óleo comestível e mais recentemente, como uma alternativa para o biodiesel. A versatilidade de uso das sementes de girassol resulta em um gradual aumento de interesse por esta cultura. Atualmente são plantados 88,6 mil hectares, com uma produção média de 115,0 mil toneladas sendo os estados do Brasil Central os maiores produtores, em condições de safrinha, com um a área de 60 mil hectares, com uma produtividade média de 1.640 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013).

A produção de uma espécie pode ser favorecida pelo aumento da área cultivada ou pela produtividade na área. Atualmente, a área de produção dessa oleaginosa no Brasil tem apresentado crescente importância para o agronegócio se desenvolvendo linearmente devido à significativa procura por óleos vegetais de qualidade como alimento funcional (ABOISSA, 2013).

A demanda brasileira por óleo de girassol estimada em 35 a 45 toneladas aumenta na ordem de 13% ao ano. Das sementes do girassol se extrai o óleo comestível mais cobiçado atualmente, em função dos baixos teores de ácidos graxos saturados e altos teores de ácido linoleico, comprovadamente recomendado nas prevenções e enfermidades cardiovasculares, produzidas pelo excesso do indesejável colesterol (CAVASIN, 2001). Os lipídios contidos nas sementes de girassol são essencialmente constituídos por triacilgliceróis (98 a 99%), apresentando elevado teor de ácidos graxos insaturados (cerca de 83%),

reduzido teor de ácido linolênico (<0,2%) e alto teor de ácido linoleico (TELLES, 2006).

No Brasil, a produção de girassol, até pouco tempo baseava-se no uso de cultivares com alto de ácido linoleico, mas, nos últimos anos, a procura por óleo com conteúdo mais alto de ácido oleico tem aumentado (PEPSICO, 2010; SYNGENTA, 2010; ATLANTICA SEMENTES, 2013). Denominado girassol alto oleico, foi a solução encontrada para reduzir o teor da indesejável gordura trans nos alimentos industrializados. O óleo alto oleico é obtido do girassol alto oleico e possui um perfil de ácidos graxos modificados por processo convencional, que devido suas características de perfil lipídico não oxida com facilidade, evitando o processo de hidrogenação parcial, e como consequência não gera a gordura *trans*. Os ácidos graxos são denominados são denominados trans, quando os hidrogênios ligados aos carbonos de uma insaturação encontram-se em lados opostos (MARTIN; MATSHUSHITA SOUZA, 2004).

O farelo de girassol, principal co-produto obtido após a extração do óleo, é fonte de proteína e tem bom perfil de aminoácidos essenciais, apenas com deficiência de lisina, motivo pelo qual é feita adição ao farelo de girassol o farelo de soja, rico em lisina, porém deficitário em aminoácidos sulfatados. O farelo de girassol é excelente fonte de cálcio, fósforo e vitaminas do complexo B (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 2005).

O agronegócio do girassol no Brasil evidencia as características estruturais mais relevantes na exploração e uso dessa oleaginosa, com foco nas principais oportunidades da cultura, bem como seus desafios.

Apesar da importância econômica da cultura do girassol, verifica-se, dentre os desafios a manutenção da qualidade das sementes ao longo do armazenamento e o total aproveitamento dos co-produtos. A qualidade das sementes de girassol devido ao elevado teor de lipídios e perfil dos ácidos graxos existentes nas diferentes cultivares pode ser alterada durante o

armazenamento e afetar o desempenho e a produtividade, entretanto são poucos os resultados de pesquisas, principalmente no que se refere à área de tecnologia de conservação. A qualidade da semente é fundamental para uma germinação rápida e uniforme que garanta o estande ideal para o desenvolvimento e produtividades potenciais das cultivares melhoradas.

### **2.3 Deterioração de sementes**

O 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).

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

As mudanças que ocorrem durante o processo de deterioração 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).

A deterioração é um processo inevitável e irreversível, mas que pode ser controlado. A velocidade da deterioração depende das condições ambientais e das características das próprias sementes de maneira geral, a redução da

temperatura e umidade, tanto do ambiente quanto das sementes, promovem a redução do metabolismo das sementes (VIEIRA et al., 2002).

A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores fundamentais que podem interferir no armazenamento de sementes, uma vez que o elevado teor de água na semente, aliado a elevadas temperaturas aceleram o metabolismo, acarretando 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 (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012).

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. A associação desses fatores, que atuam conjuntamente na deterioração, pode ser responsabilizada pelas diferenças de comportamento entre lotes armazenados nas mesmas condições (CARVALHO; VON PINHO, 1999).

A deterioração também pode ocorrer 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). A deterioração provocada pela presença de microrganismos de campo e armazenamento reflete no decréscimo na germinação, descoloração da semente; aquecimento da massa; formação de mofo; transformações bioquímicas; produção de toxinas e modificações celulares nos tecidos das sementes. Os fungos que atacam as sementes durante o armazenamento são os principais responsáveis pela perda da viabilidade das sementes armazenadas com elevado grau de umidade (DHINGRA, 1985).

O processo de deterioração ocorre, de forma gradativa, apresentando uma sequência de eventos de ordem física, bioquímica e fisiológica, 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; danificação dos sistemas de permeabilidade de membranas celulares, com redução da integridade e aumento da permeabilidade e desorganização das membranas celulares, diminuição na atividade respiratória e na produção de ATP, queda na velocidade e na capacidade de germinação e redução de plântulas normais. 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).

No processo de deterioração a redução da produção de ATP causada pela fermentação alcoólica; promove a diminuição na síntese de proteínas e ácidos nucleicos e degeneração cromossômica (BEWLEY; BLACK, 1994).

A perda da viabilidade de sementes é acompanhada por redução na capacidade de sintetizar proteínas devido ao declínio de componentes como ribossomos, RNA mensageiro (AGUILAR et al, 1992), e alterações nos níveis de transcrição e tradução (VIEIRA, 2002), e à degradação de macromoléculas, levando a diminuição da atividade bioquímica da semente (COOLBEAR, 1995).

Os eventos deteriorativos estão ligados ao aumento ou diminuição na atividade de um determinado grupo de enzimas, além de alterações em componentes de reserva, como a queda na síntese e conteúdo de proteínas, a variações na disponibilidade e na estrutura dos carboidratos, diminuição no conteúdo de lipídios e aumento dos ácidos graxos livres, alterações na permeabilidade de membranas, alterações nas atividades respiratórias e alterações no DNA (BASRA, 1994; McDONALD, 1999).

As análises bioquímicas têm associado alterações em diferentes componentes de reserva de várias espécies. Estas alterações provocam a deficiência de processos metabólicos que conduz em perda de viabilidade das

sementes. Isso foi observado por Halder, Kole e Gupta (1983) em que a redução no conteúdo de lipídios em aquênios de girassol ocasionou a diminuição da viabilidade. Halder; Gupta (1980) constataram que sementes de girassol armazenadas por mais de 90 dias com umidade relativa elevada e temperaturas de 25°C provocaram aumento na lixiviação de eletrólitos, da solubilidade de nitrogênio, de carboidratos e do nível de aminoácidos.

Os radicais livres são grupos de átomos com um elétron não pareado, altamente reativo e instável, sendo os mais importantes o anião hidroxila (OH<sup>-</sup>), superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) e o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Uma vez 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).

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).

A peroxidação de lipídios é um dos fatores que levam à redução no conteúdo de lipídios na semente. Talvez a peroxidação seja a causa mais freqüente de deterioração e perda de viabilidade de sementes. A peroxidação de lipídios é muitas vezes ativada pela ação do oxigênio sobre um ácido graxo polinsaturado, como os ácidos oléico e linoléico, que está presente nas membranas das sementes. Kar e Gupta (1991), trabalhando com aquênios de girassol, sugerem que quando aumenta a degradação do RNA e há acréscimos do nível de malonaldeído, um produto da peroxidação de ácidos graxos insaturados, aumenta a deterioração de sementes envelhecidas. Bailly et al. (1996) verificaram em aquênios de girassol, aumentos significativos nos níveis de malonaldeído, sugerindo que a peroxidação de lipídios foi acelerada durante o armazenamento, o que pode ser comprovada pelo acúmulo de peróxidos

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. 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, 1996). Este processo acarreta uma série de reações que originam produtos potencialmente tóxicos, com a liberação dos radicais superóxidos e hidroxila, promovendo alterações nas membranas das cristas mitocondriais e consequente 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.

O processo de degradação de membranas e macromoléculas, durante a deterioração das sementes tem sido objeto de estudos nos últimos anos. Embora 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 ser um indicativo do início do processo deteriorativo das sementes. Neste contexto, a técnica da determinação isoenzimática tem sido utilizada em várias pesquisas como ferramentas para verificação da deterioração, 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 consequências na redução da qualidade das sementes (CAMARGO, 2003).

As enzimas desempenham importante papel no progresso da deterioração de sementes e sua atividade pode ser um indicativo da perda da qualidade (BRANDÃO JUNIOR, 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).

Várias oxidações enzimáticas podem ocorrer e resultar na formação de radicais livres, que podem causar a destruição de polímeros, incluindo os lipídios de membranas. Existem enzimas removedoras de radicais livres formados durante o processo deterioração das sementes que são consideradas “scavenger”. São apontadas como as principais enzimas envolvidas na remoção de radicais livres a catalase, peroxidase e superóxido dismutase (McDONALD, 1999).

A Catalase (CAT) é uma enzima tetramérica, presente nos peroxissomas das células, e tem a função de consumir peróxido de hidrogênio produzidos em condições de estresse sendo, portanto, capaz de realizar a desintoxicação de ( $O_2$ ) e ( $H_2O_2$ ) quebrando o peróxido de hidrogênio em oxigênio molecular e água, sem a produção de radicais livres (MALLICK; MOHN, 2000). No citosol e na matriz mitocondrial, o peróxido de hidrogênio é removido pelas peroxidases, comprometendo o fornecimento de energia e compostos secundário para a síntese de proteínas. (LEHNINGER, NELSON; COX, 1995).

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).

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).

A enzima Álcool Desidrogenase (ADH) está relacionada à respiração anaeróbica, promovendo redução do acetaldeído a etanol. (BUCHANAN, GRUISSEN; JONES, 2005). O acetaldeído acelera a deterioração das sementes (ZHANG et al., 1994), portanto, com o aumento da atividade da enzima ADH, as sementes ficam mais protegidas contra a ação deletéria deste composto, constituindo uma ferramenta de grande valor no diagnóstico precoce do estado fisiológico das sementes armazenadas em embalagens herméticas.

A enzima Esterase (EST) está envolvida tanto na hidrólise de ésteres quanto no metabolismo de lipídios, a exemplo têm-se os fosfolipídios das membranas. Com isso, promove a desestabilização da bicamada lipídica acentuando o processo de deterioração (VIEIRA, VON PINHO, SALGADO, 2006). Chauhan, Gopinathan; Babu (1985), estudando variação eletroforética de proteínas e enzimas de soja e cevada em relação a qualidade das sementes, observou que bandas de proteínas e enzimas (esterase, fofatase e transaminases) funcionam como marcas moleculares na avaliação da qualidade. Santos et al. (2004) 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; 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 isocitrato-liase participa do ciclo do glioxilato, pertencente ao metalismo de lipídios (ZORATO et al., 2007). Em sementes de soja, as enzimas isocitrato-liase e malato-sintase são chaves na regulação do ciclo do glioxilato e estão diretamente envolvidas no metabolismo de lipídios armazenados nas sementes oleaginosas, e no desenvolvimento das atividades no glioxissomo. As atividades dessas enzimas aumentam durante a germinação das sementes, obtendo-se valores máximos quando ocorre o máximo da proporção de lipídios degradados e na síntese de sacarose (BEWLEY; BLACK, 1994). No ciclo do glioxilato, os lipídios insolúveis das sementes se transformam em açúcares solúveis, sacarose, os quais são facilmente deslocados para as regiões meristemáticas, radiculares e apicais (CIONI et al., 1981)

Quando da formação de peróxido na célula, as enzimas catalase e peroxidase começam a atuar com a finalidade de promover a desintoxicação. Alguns estudos mostram a existência de 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  $\beta$ -oxidação, como fonte de energia para os eventos germinativos. Parte desses lipídios é proveniente de lipossomos, alguns são constituintes de membranas, pois essa enzima está ligada à desestruturação das membranas, cuja degradação aumenta com a deterioração.

A sequência de eventos metabólicos deficientes que levam à perda da viabilidade das sementes inclui: aumento na atividade de enzimas como RNAses, lipoxigenases, isoesterases, proteases, e reduções em outras como a peroxidase,  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase, superóxido dismutase, catalase e ascorbato

peroxidase com o aumento do envelhecimento. Para Basavarajappa et al., (1991), a diminuição na atividade de enzimas removedoras de peróxidos pode tornar a semente mais sensível aos efeitos de  $O_2$  e radicais livres, bem como de produtos secundários de degradação de lipídeos sobre ácidos graxos de membranas.

O estresse oxidativo afetou a qualidade dos aquênios de girassol, pois Reuzeau e Cavalié (1995) verificaram reduções em defesas antioxidantes como a ineficiência das enzimas glicose-6-fosfato desidrogenase, superóxido dismutase, catalase e glutamato redutase.

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 à alterações bioquímicas que conduzem ao comprometimento de suas atividades metabólicas.

Gidrol; Noubhani; Pradet (1990) sugerem que sementes girassol quando submetidas a envelhecimento apresentam alterações nas proteínas, sendo verificada a redução do RNAm em sementes envelhecidas. É possível que as proteínas estejam envolvidas na organização celular, mobilização de reservas e reparo de danos nas células (REUZEAU; CAVALIÉ, 1997).

Em sementes que possuem lipídios como componente de reserva, como o girassol, além das enzimas citadas existe os inibidores de protease e o conteúdo de lipídios pode ser indicadores da qualidade das sementes (FREITAS et al., 2004).

As sementes possuem habilidade de resistirem a estresses por ter capacidade de remover o oxigênio ativo a fim de evitar outras peroxidações por lipídios pelo fato de possuir substância antioxidante na sua composição química. No caso das sementes de girassol são encontrados os tocoferóis, também conhecidos como vitamina E. Os tocoferóis são antioxidantes naturais, capazes

de inibir a oxidação de lipídios presentes nas sementes, pois reduzem a oxidação dos seus ácidos graxos insaturados. A atividade antioxidante dos tocoferóis está relacionada à sua capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, interrompendo a propagação da cadeia (SILVA, 2009).

Os tocoferóis (vitamina E) são considerados antioxidantes naturais (GODIM, 2007). O termo genérico “vitamina E” é utilizado para designar oito diferentes compostos, nomeados  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ - (alfa, beta, gama e delta) tocoferóis e tocotrienóis. O  $\alpha$ -tocoferol encontra-se presente na maioria dos óleos vegetais, gérmen de trigo, sementes oleaginosas, vegetais folhosos verde-escuros e alimentos de origem animal. Sendo assim, os óleos vegetais comestíveis, além de possuírem altas concentrações de tocoferóis e alguns tocotrienóis, apresentam grande consumo em nível mundial, constituindo-se, portanto, nos alimentos de maior contribuição para a ingestão de vitamina E para a população (GUINAZI, 2009).

Segundo pesquisas, o óleo de girassol parece ser o mais rico em  $\alpha$ -tocoferol, seguido pelo algodão, palma, canola, amendoim, oliva, soja e coco. O  $\delta$ -tocoferol é o composto predominante em óleos de soja e de milho, enquanto que o óleo de palma é o que apresenta maior teor de tocotrienóis (RAMALHO; JORGE, 2006).

A atividade antioxidante do tocoferol ocorre devida sua capacidade de ser doador de hidrogênio, interrompendo a cadeia de reações, pois o radical tocoferoxil formado não apresenta reatividade sobre a estrutura lipídica (LUZ, 2011). Esse papel antioxidante é desempenhado de forma única, uma vez que interage com o ambiente lipídico de maneira acentuada devido a sua característica lipofílica. Além disso, a estrutura da vitamina E está localizada entre os componentes da membrana celular e assim, é uma das responsáveis pela linha de defesa primária das células contra o ataque dos radicais livres. Possui

ainda, a característica de ser o único antioxidante que tem habilidade de regenerar-se continuamente pela ação da vitamina C (GUINAZI, 2004).

As informações sobre o conhecimento da atividade antioxidante do tocoferol e seu efeito em inibir a oxidação de lipídios em sementes de girassol são escassas. Neste contexto, tornam-se necessários estudos que verifiquem se a longevidade das sementes de girassol “convencional” e “alto oleico” pode estar associada aos teores de tocoferol presentes nas mesmas e que condição de armazenamento influencia na concentração desse produto.

#### **2.4 Armazenamento de sementes**

Com a expansão da cultura do girassol houve um aumento da demanda por sementes de qualidade para semeadura, preferencialmente de cultivares híbrida. Para suprir esta necessidade, houve um incremento na importação de sementes da Argentina e Bolívia, uma vez que grande parte do material genético híbrido de girassol consumido no Brasil é originária desses países. A semente importada cumpre um longo percurso até chegar ao produtor brasileiro; neste percurso, os processos de deterioração afetam a qualidade da semente, interferindo na densidade de semeadura, população de plantas da lavoura, velocidade de emergência, e conseqüentemente, na produção.

Para suprir a demanda dos produtores de semente de girassol é vital o desenvolvimento de tecnologia de produção e conservação das sementes. O conhecimento prévio do potencial de armazenamento de um lote de semente é muito importante para a indústria sementeira no Brasil devido as condições climáticas tropicais e subtropicais, o armazenamento, etapa obrigatória pós-colheita, assume um papel de extrema importância no programa de produção de sementes. É no armazenamento que o setor de produção de sementes necessita ter grandes cuidados visando a preservação da qualidade, diminuindo a velocidade

da deterioração e o problema de descarte dos lotes por perda da qualidade fisiológica (MACEDO; GROTH; SOAVE, 1998)

A deterioração das sementes não pode ser evitada, mas o grau de prejuízo pode ser controlado. Assim, o principal objetivo 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).

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

Contudo, a qualidade das sementes não é melhorada pelo armazenamento, mas pode ser mantida com um mínimo de deterioração possível, através de um armazenamento adequado. Condições inadequadas de armazenamento implicarão em maior rapidez do processo de deterioração.

As sementes ricas em óleo exigem cuidados especiais durante o período de conservação para que mantenham suas qualidades devido à instabilidade química dos lipídios em sua composição química. Sementes oleaginosas se deterioram mais rapidamente que as amiláceas ou proteicas. (HARRINGTON, 1972). Entretanto, mesmo havendo cuidado no armazenamento, a deterioração ocorre em velocidade e intensidade variáveis, de acordo com o estado fisiológico das sementes e com as condições ambientais.

A capacidade de uma semente manter sua qualidade durante o armazenamento depende da longevidade inerente à espécie e cultivar, 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 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). Sementes de girassol são altamente higroscópicas, tendo seu teor de água alterado em função das variações de temperatura e umidade relativa dos ambientes. Ullmann et al. (2012b) avaliaram sementes de girassol com teor de água inicial de 8,0 %, das cultivares Multissol e Catissol mantidas em diferentes condições de armazenamento (ambiente  $25\pm 3^{\circ}\text{C}$  e climatizados  $17\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) por um período de um ano e não observaram grandes variações nos teores de umidade das sementes, as quais no final de 12 meses, o teor de água das sementes nas três condições estudadas permaneceu estável e inferior que o teor inicial.

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. Segundo Carter (1978), os fungos começam a se desenvolver

nas sementes de girassol armazenadas com umidade em torno de 11%, e com o crescimento de patógenos ocorre perda de peso e um aumento da porcentagem de umidade e da temperatura das sementes armazenadas (CARTER, 1978).

Em estudo realizado com armazenamento de sementes de girassol com umidades iniciais de 10, 12 e 14%, em temperaturas de 3-5, 8-10 e 27-28°C e sugere que a incidência de fungos e o decréscimo da germinação estavam, proporcionalmente, relacionados com o aumento do conteúdo de umidade inicial, da temperatura e do período de armazenagem (CHRISTENSEN, 1972).

As melhores condições para a preservação da qualidade das sementes ortodoxas como do girassol são baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura pelo fato de manterem o embrião em baixa atividade metabólica. Grisi; Santos, (2009) observaram que a qualidade fisiológica de sementes de girassol reduziu com o avanço do tempo de armazenamento, tanto para a condição de armazém convencional quanto para a condição de câmara fria a  $12^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Um armazenamento adequado, associado à escolha correta do tipo de embalagem, evita perdas qualitativas e quantitativas, além de permitir uma maior flexibilidade na comercialização do produto. A conservação da qualidade fisiológica das sementes, em determinadas condições de ambiente, temperatura e umidade relativa do ar, está relacionado ao tipo de embalagem empregado.

As embalagens são classificadas pelo grau de permeabilidade ao vapor de água, sendo as porosas ou permeáveis aquelas permeáveis à umidade, permitindo uma troca de vapor de água entre a semente e o ambiente circundante, podendo as sementes absorver umidade, deteriorando com mais facilidade. (CANEPPELE et al., 1995). As embalagens impermeáveis ou à prova de umidade impedem a troca de umidade com o ar externo, mas poderá haver um aumento da umidade de equilíbrio na interior da embalagem se houver uma rápida queda de temperatura. A função das embalagens impermeáveis também

está na eliminação do oxigênio existente em seu interior até ao nível que suprima ou inativa a capacidade de reprodução de insetos e fungos.

Para as sementes com grau de umidade em equilíbrio com a umidade relativa mais elevada é necessário que a embalagem seja permeável para permitir que ocorra troca gasosa, ou seja, que o excesso de umidade do ar no interior da embalagem, possa escoar para o ar do ambiente.

A embalagem impermeável impede a troca de umidade com o ar externo, mas poderá haver um aumento da umidade relativa de equilíbrio na interior da embalagem se houver uma rápida queda de temperatura. Apesar de serem as mais indicadas para manter a qualidade fisiológica das sementes predispõem danificações durante o manuseio como consequência do baixo teor de água (CAPELLARO et al., 1993). A condensação pode ocorrer na superfície do produto e este absorver umidade. O problema poderá ser reduzido se a semente possuir grau de umidade em equilíbrio com baixa umidade relativa, devido à pequena quantidade de vapor de água disponível para influenciar o estado higrométrico do interior da embalagem. Esta é a principal razão porque sementes devem sofrer uma secagem até a umidade atingir equilíbrio com 20% a 35% de UR para o acondicionamento nas embalagens impermeáveis, ou seja, entre 5% a 9%, segundo a espécie (CARVALHO e VON PINHO, 1997).

Para Harrington (1973) o teor de água das sementes ideal para o armazenamento em embalagens impermeáveis é de 6% a 12%, para sementes amiláceas, sendo de 4% a 9% para oleaginosas. Teores de água acima de 12% para amiláceas, e a 9% para oleaginosas, fazem com que as sementes armazenadas em embalagens impermeáveis tenham deterioração mais rápida.

Fatores como atmosfera controlada pela aplicação de vácuo ou de gases com dióxido de carbono, nitrogênio e oxigênio no interior da embalagem, podem afetar a conservação de sementes durante o armazenamento (MARÇALLO, 2006). O princípio da atmosfera controlada é baseado na

redução dos níveis de oxigênio e aumento dos níveis do dióxido de carbono, retardando a taxa de respiração da semente, e conseqüentemente, seu processo de deterioração e perda de qualidade. Com a aplicação de atmosfera controlada ao invés das condições de anoxia são usados baixos níveis de oxigênio para impedir que as tensões desse gás nos tecidos baixem a ponto de estimular o metabolismo fermentativo. Corletti; Barros; Villela (2005) verificaram que é viável o uso de embalagem a vácuo para a manutenção da qualidade fisiológica de sementes de urucum nas condições de armazenamento em freezer e refrigerador. Mussi (2005) avaliou o efeito de embalagens de lata e média barreira de oxigênio, nylon e polipropileno respectivamente, sobre o poder germinativo de sementes de girassol e detectou, de maneira geral, que a embalagem de alta barreira ao oxigênio influenciou menos os valores de germinação do que a de média barreira ao oxigênio.

No entanto, Santos (2004) observou que a qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs foi pouco afetada quando armazenada em câmara fria em embalagens plásticas por um período de 18 meses. Para sementes de maracujá amarelo, Lima et al. (2010) relatam que o armazenamento em embalagem hermética de vidro, sob condições controladas não apresentam comprometimento da qualidade fisiológica por até 120 dias de armazenamento. Freitas; Santana; Camargo (2011) em estudo de conservação de sementes de ipê-verde por armazenamento a vácuo, observaram que pressões de 200 e 400 mm de Hg proporcionam aumento de germinação das sementes e emergência de plântulas de ipê-verde, sendo que a pressão de 400mm de hG favorece o maior percentual de plântulas normais. Hossel et al. (2013) em estudo de conservação de sementes de jabuticabeira recomenda armazenar em embalagem a vácuo, em câmara fria a  $5^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  para a manutenção da qualidade fisiológica.

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

Na escolha do tipo de embalagem a ser utilizada, destaca-se as condições climáticas nas quais as sementes deverão ser armazenadas, o tempo de armazenamento, o tamanho e quantidade de sementes na embalagem, a modalidade de comercialização, as características mecânicas da embalagem, a disponibilidade no comércio e o custo para a empresa ou produtor (CARVALHO; VILELA, 2006).

Camargo (2003) avaliou a interação ambiente e embalagem no armazenamento de milho doce durante 18 meses e verificou que a condição de câmara refrigerada em relação ao ambiente com condições não controladas foi a mais eficiente para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes.

De acordo com Azevedo et al. (2003) em pesquisa sobre a influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim, verificou que as embalagens impermeáveis testadas, saco plástico e recipiente metálico, são as mais indicadas para a conservação da qualidade fisiológica das sementes, quando comparados ao saco de papel.

Dessa maneira, o estudo do comportamento das sementes no armazenamento, tem sido objeto de novas investigações, incluindo pesquisas relativas ao processo de deterioração de sementes oleaginosas, uma vez que a redução no potencial de armazenamento está diretamente relacionada a esse processo, inevitável e complexa, porém passível de ser minimizado com o emprego de técnicas eficientes e adequadas de conservação.

## 2.5 Composição química e perfil lipídico

A distribuição dos componentes químicos das sementes se divide entre umidade e matéria seca, a qual é dividida em matéria orgânica e inorgânica. Na fração da matéria orgânica encontram-se os lipídeos, proteínas, carboidratos e outros componentes; na fração inorgânica as cinzas (ALVES, 2010).

A semente de girassol é classificada de acordo com sua composição química como uma oleaginosa por apresentar, em média, 47,3% de lipídios, 24% de proteínas, 19,9 % de carboidratos, 4% de cinzas em seu conteúdo de matéria seca, com grau de umidade de 4,7%. (O'BRIEN, 2009).

O óleo de girassol é essencialmente constituído por 98-99% de triacilgliceróis e uma pequena fração de fosfolipídios, tocoferóis, esteróis e ceras. Possui um elevado teor de ácidos graxos insaturados (83% em média) Figura 1, e um teor reduzido de ácido linolênico ( $\leq 0,2\%$ ), sendo rico essencialmente em ácido linoleico (ômega 6), considerado um dos ácidos graxos essenciais. As variações nos teores e na quantificação de ácidos graxos são consequências do fator genético, variável entre as cultivares, e do ambiente de produção e conservação das sementes.

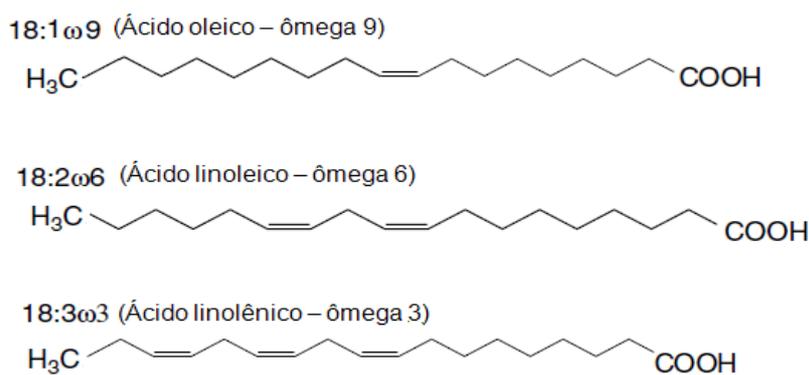


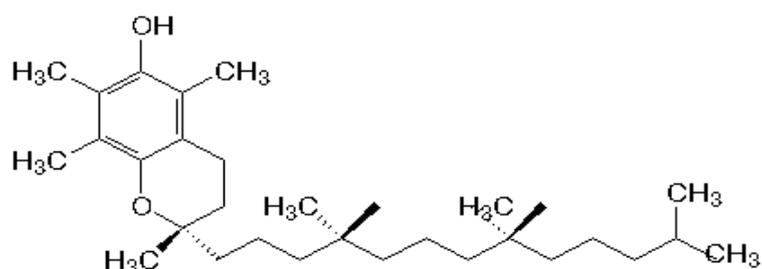
Figura 1 Estrutura química dos ácidos graxos insaturados presentes no óleo de girassol representada pelo ácido oleico, linoleico e linolênico (KELLNER, R. et al, 2004)

Os tocoferóis, substâncias com atividade antioxidante e fazem parte da vitamina E, presentes em lipídios de sementes oleaginosas (SHAHIDI, JANITHA, WANASUNDARA, 1992). A múltipla natureza da vitamina E começou a aparecer em 1936, quando dois compostos foram isolados e caracterizados de óleo de germe da semente do trigo, sendo estes compostos designados  $\alpha$  -  $\beta$ - tocoferol. Nos anos seguintes, o  $\gamma$ -  $\delta$ - tocoferol e os tocotrienóis foram isolados de óleos vegetais comestíveis (HENSLEY et al., 2004).

O interesse para elucidação do mecanismo de ação e identificação de metabólitos potenciais dos tocoferóis é objeto de vários estudos na área de alimentos (REZK et al. 2004). Há grande interesse na sua notável reatividade frente à oxidação e substituição eletrolítica.

Os tocoferóis estão sujeitos à oxidação, formando quinonas, dímeros e trímeros; a oxidação se acelera com a exposição da luz, ao calor, a álcalis e em presença de oligo elementos como ferro e cobre e na ausência de oxigênio são relativamente estáveis. Os ésteres preparados pela acilação do hidroxí fenólico livre aumentam a estabilidade dos compostos frente ao oxigênio (NOGALA KALUKA, 2005).

O  $\alpha$ -tocoferol representa a maior parte da vitamina E *in vivo* e exerce a maior atividade biológica (Figura 2). Os tocoferóis estão presentes nos óleos vegetais polinsaturados na forma livre (DIAZ et al., 2004), e no gérmen das sementes dos cereais, enquanto os tocotrienóis são encontrados na camada de aleurona das sementes de cereais e no óleo de palma.



Vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol)

Figura 2 Estrutura química da vitamina E presente no óleo de girassol (MELDAN, 2013)

Para sementes contendo óleo, a atividade de vitamina E diminui, enquanto a atividade antioxidante aumenta na ordem  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, e  $\delta$ - tocoferóis. O teor de tocoferóis em sementes oleaginosas são características e dependem do genótipo, condições de clima durante a produção das sementes, teor de ácidos graxos polinsaturados dos lipídios contidos nas sementes, das condições de armazenamento, processamento.

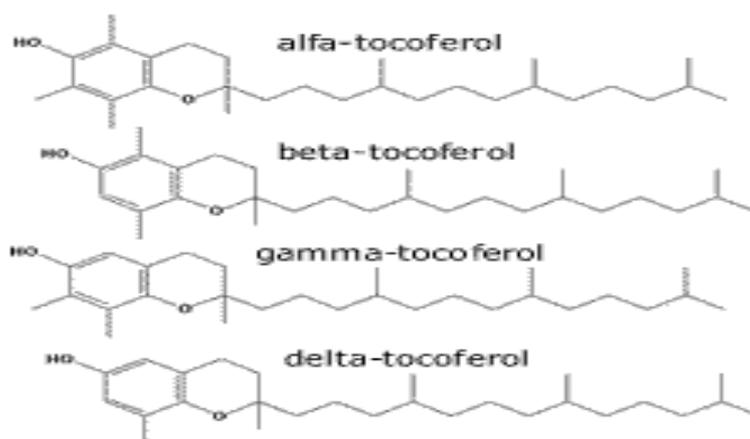


Figura 3 Estrutura química dos tocoferóis (MELDAN, 2013)

Diferente dos demais óleos vegetais, o óleo de girassol apresenta na sua fração tocoferólica a forma  $\alpha$ -tocoferol, ao contrário da maioria que apresenta a forma  $\gamma$ -tocoferol. A característica do  $\alpha$ -tocoferol refere-se a menor atividade antioxidante em temperaturas elevadas, porém o óleo de girassol apresenta maior atividade em vitamina E do que os óleos onde predomina a forma  $\gamma$ -tocoferol (GROMPONE, 2005).

A composição nutricional média do óleo da semente de girassol, em valores por 100g, são: energia 884kcal; hidratos de carbono 0g; ácidos graxos saturados 10,3 g; monoinsaturados 19,5 g; polinsaturados 65,7g; proteína 0g; vitamina E 41,08mg; vitamina K, 5,4 $\mu$ g (GROSVENOR; SMOLIN, 2002).

Existe atualmente no mercado cultivares de girassol com óleo presente nas sementes com alto teor de ácido linoleico, denominado tradicional; óleo de girassol com elevado teor de ácido oleico (82% em média de oleico), e óleo de girassol com médio teor de ácido oleico (82% em média 69% de linoleico) (KARLESKIND, 1996).

As variações existentes nos perfis dos ácidos graxos são influenciadas por fatores genéticos da espécie, dentre as cultivares da mesma espécie, e por fatores do ambiente durante o sistema de produção das sementes e na pós-colheita, durante o armazenamento. Neste contexto, se justifica a obtenção por melhoramento convencional de cultivar de girassol modificado, de forma a aumentar a estabilidade oxidativa do mesmo, com redução do conteúdo em ácidos graxos polinsaturados e aumentando os monoinsaturados, mantendo o baixo nível de ácidos saturados e a riqueza em vitamina E (MACHADO, 2011).

Em média, a comparação da composição os teores de ácidos graxos em porcentagem do óleo de girassol convencional e o alto oleico, respectivamente, são: ácido palmítico (C16:0) 7% e 3%; esteárico(C18:0) 4% e 5%; linoleico (C18:2) 70% e 9%; oleico (C18:1) 16% e 83% e linolênico (C18:3) pequenas quantidades para ambos (KARLESKIND, 1996). Figuras 4 a 7.

Palmítico (C16:0); ácido hexadecanóico; [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>-COOH].

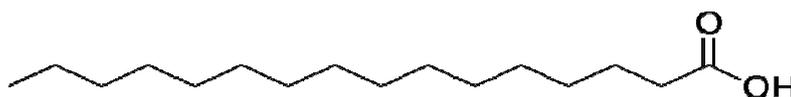


Figura 4 Estrutura química do ácido palmítico (WIKIPÉDIA, 2013)

Estearico (C18:0); ácido octadecanóico ;[CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>-COOH].



Figura 5 Estrutura química do ácido esteárico (WIKIPÉDIA, 2013)

Oleico (C18:1); Ácido (9Z)-9-octadecenóico; [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH].

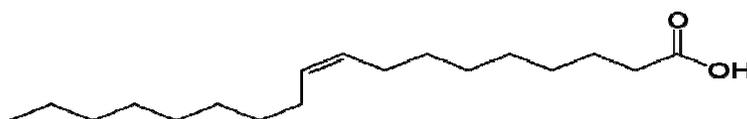


Figura 6 Estrutura química do ácido oleico (WIKIPÉDIA, 2013)

Linoléico (C18:2); Ácido *cis, cis*-9,12-octadecadienóico; [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH]

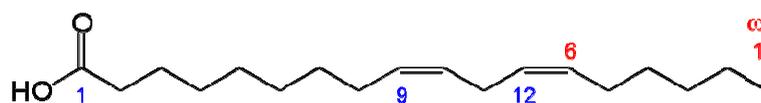


Figura 7 Estrutura química do ácido linoléico (WIKIPÉDIA, 2013)

Em decorrência da característica dos componentes químicos presentes, as sementes de girassol convencional quando são submetidas a diferentes condições de armazenamento podem sofrer alterações na sua composição em decorrência das insaturações presentes no seu óleo, principalmente dos ácidos graxos polinsaturados, que poderão ser convertidos em ácidos graxos saturados (FREITAS, 2004).

As modificações na composição dos ácidos graxos se deve a oxidação de lipídios promovidos pelo processo de deterioração das sementes. Quando do armazenamento, as sementes são submetidas a ação lenta do oxigênio, ocorrendo a oxidação através da peroxidação lipídica, formando hidroperóxidos, outros ácidos graxos oxigenados e os radicais livres, sendo o processo acelerado pela ação das lipoxigenases. (WILSON JÚNIOR; MCDONALD JÚNIOR, 1986). Em função deste comportamento, a composição dos ácidos graxos presentes nas semente é alterada pela ação das enzimas lipolíticas, acelerando o processo de deterioração das sementes.

O efeito de diferentes embalagens e ambientes de armazenamento sobre a qualidade de sementes de girassol das cultivares convencional e alto oleico durante o armazenamento em relação a possíveis alterações fisiológicas, sanitárias e bioquímicas das sementes foi o objetivo desta pesquisa.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

As pesquisas foram realizadas no Laboratório de Sementes e nos Laboratórios de Fisiologia do Parasitismo e Patologia de Sementes da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras, MG no período de março a dezembro de 2011. Foram utilizadas sementes de girassol da categoria C1 de dois híbridos com diferentes características de óleo, AGUARÁ-4 (híbrido simples, 45-50% de óleo do tipo não oleico) e OLISUN-3 (híbrido triplo, 45-40% de óleo tipo oleico), produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas pela empresa Atlântica Sementes, na safra 2010/2011. As sementes encontravam-se tratadas com inseticida organofosforado (Metalaxyl-M) na dosagem de 200g de Apron XL/100 kg de sementes e com fungicida (Pirimifós-methyl) na dosagem de 5g de Actellic 500CE/100 kg de sementes.

As sementes foram homogeneizadas e divididas em divisor centrífugo, e embaladas em dois tipos de embalagem: sacos de papel tipo Kraft multifoliado e embalagem de polietileno. (na embalagem plástica nas dimensões de 25 cm x 15 cm, com espessura de 0,12µ) as sementes foram conservadas no vácuo. O acondicionamento das sementes a vácuo foi realizado com auxílio de uma bomba de vácuo ajustada para fornecer uma pressão de  $\sim 0,1$  atm.

O armazenamento das sementes foi realizado em câmaras climatizadas a 10°C, 25°C e 30°C, localizadas no Setor de Sementes da Universidade Federal de Lavras-UFLA.

Inicialmente e a cada três meses (90 dias), por um período de nove meses (275 dias), a qualidade das sementes de girassol foi avaliada conforme metodologias descritas a seguir:

### 3.1 Qualidade física

**Determinação do teor de água:** Realizado pelo método da estufa a 105°C por 24 horas, com duas repetições por repetição estatística, totalizando oito repetições por tratamento, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem com base no peso úmido.

### 3.2 Qualidade fisiológica

A qualidade fisiológica das sementes de girassol foi avaliada pelos seguintes testes e determinações:

**Germinação:** Para as determinações da germinação e Primeira Contagem foram utilizadas 8 subamostras contendo 25 sementes por repetição estatística, totalizando 800 sementes por tratamento, semeadas em substrato rolo de papel germitest, umedecidos com 2,5 vezes o peso do substrato papel em água destilada, e mantidos em germinador à 25°C, por um período de 10 dias. As contagens foram realizadas com 4 e 10 dias da semeadura (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagens de plântulas normais.

**Condutividade elétrica:** O teste de condutividade elétrica foi realizado com 2 subamostras de 50 sementes por repetição estatística, totalizando 400 sementes por tratamento. As sementes contadas foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos de capacidade de 250 mL para embeber em 75 mL de água deionizada. Em seguida foram mantidas em BOD, á temperatura de 25°C por um período de 24 horas (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997). Após o período de condicionamento, a condutividade elétrica da solução foi medida por

meio de condutivímetro da marca Digimed, modelo CD-21, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ .

**Envelhecimento acelerado:** para a realização do teste foi utilizada a metodologia proposta pela Association of Official Seed Analysis – AOSA (1983), onde 200 sementes por repetição estatística foram dispostas sobre tela de alumínio em gerbox adaptado, contendo 40 mL de água destilada e mantidas em BOD a 42°C por 72 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme prescrito pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados expressos em porcentagem referem-se a contagem de plântulas normais emergidas aos 4 dias da sementeira.

**Emergência em condições controladas e Índice de Velocidade de Emergência - IVE:** para as determinações de emergência em condições controladas e IVE a sementeira foi realizada em substrato terra:areia na proporção de 1:2, umedecido até 60% da capacidade de campo, em caixas plásticas dispostas em câmara de crescimento a 25°C com fotoperíodo de 12 horas. Foram utilizadas com 4 repetições de 50 sementes por repetição estatística, totalizando 800 sementes por tratamento. Os resultados da emergência, expressos em porcentagem de plântulas normais emergidas, foram computados aos 10 dias da sementeira. O cálculo do índice de velocidade de emergência foi feito utilizando-se a fórmula proposta por Maguire (1962), onde foi computando diariamente o número de plântulas emergidas.

### 3.3 Qualidade sanitária

O teste, para avaliação da qualidade sanitária das sementes foi conduzido pelo método de incubação em papel de filtro ou *Blotter test*, com 8 repetições de 25 sementes por tratamento, totalizando 200 sementes por tratamento, dispostas em placa de Petri sobre três folhas de papel de filtro

previamente esterilizadas, e embebidas com solução de água destilada contendo 2,4D e ágar. As placas foram mantidas em câmara de incubação de sementes a 20° C e fotoperíodo de 12 horas por sete dias. Para a identificação de patógenos presentes às sementes, foram utilizados lupa estereoscópica e microscópio ótico. A incidência foi avaliada em porcentagem de fungos encontrados.

### **3.4 Atividade de isoenzimas**

As análises isoenzimáticas foram realizadas no Laboratório de Eletroforese do setor de sementes da Universidade Federal de Lavras, MG. Na época zero e a cada 3 meses foram retiradas 50 gramas de sementes de cada tratamento para análise eletroforética de enzimas.

Inicialmente os pericarpos foram removidos manualmente e as sementes liofilizadas por 24 horas. Após a liofilização, as sementes foram trituradas em mortar sobre nitrogênio líquido com PVP, e armazenadas á temperatura de -86°C. Foi realizada a extração do óleo das amostras e posteriormente a extração das enzimas, quando foi utilizado o tampão Fosfato, contendo 0,6g de Fosfato de sódio dibásico a 0,034M; 7g de sacarose 2M, 2,56g de PVP; 0,05g de DTT 0,003M; 0,1g de ácido L-ascórbico 0,0025M; 1g 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°C, seguido de centrifugação a 16.000xg por 30 minutos a 4°C.

As corridas eletroforéticas foram realizadas em sistemas de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 50 µL do sobrenadante da amostra e a corrida efetuada a 120 V por 5 horas (Alfenas et al., 2006). Terminada a corrida, os géis foram revelados para os sistemas ADH – Alcól Desidrogenase, CAT - Catalase, SOD - Superóxido Dismutase, EST –

Esterase, Fosfatase ácida, MDH - Malato Desidrogenase, Isocitrato liase, conforme Alfenas et al. (1998).

### **3.5 Procedimento estatístico**

O Delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, e os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância em esquema fatorial 4x3x2, correspondente a 4 épocas de avaliação (0; 3; 6; 9 meses), 3 temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) e 2 tipos de embalagens (vácuo e papel). As avaliações foram realizadas separadamente para cada cultivar e os dados foram submetidos à análise de regressão e as comparações de médias realizadas pelo teste de Scott-Knott, à nível de 5% de significância, por meio do software estatístico SISVAR®. (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Qualidade física

#### 4.1.1 Teor de água

A temperatura nos ambientes de armazenamento foi avaliada diariamente, com variação de mais ou menos 2°C. Os dados referentes à umidade relativa do ar no período de armazenamento das sementes de girassol, durante a condução do experimento, nos ambientes de 25°C e 30°C, podem ser visualizados na Figura 8. No caso do ambiente a 10°C a umidade da câmara era de 40% apresentando uma variação de  $\pm 2\%$ .

Nos ambientes a 25 e 30°C observa-se redução da umidade relativa do ar nos meses de julho e agosto, correspondente ao período mais seco e frio na região. No entanto a variação ocorreu de 57 a 70% de umidade relativa.

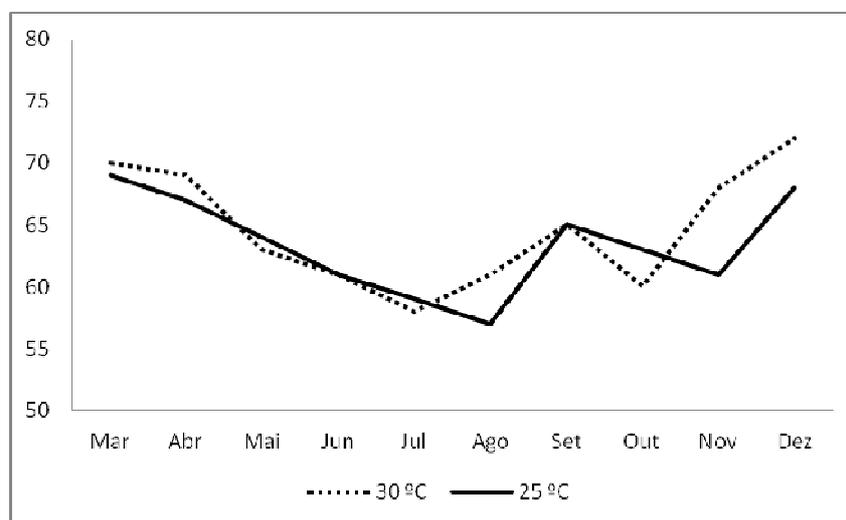


Figura 8 Umidade Relativa média nas câmaras de armazenamento de 25°C e 30°C no período de realização do experimento. Lavras, UFLA, 2011

Em função destas variações na umidade do ambiente, a umidade das sementes variou durante o armazenamento nas diferentes condições de conservação (Tabela 1).

No início da instalação do experimento, as sementes encontravam-se em embalagens de papel multifoliado, capacidade de 180.000 sementes/embalagem, e com umidade de 7,17% para a cultivar Aguará-4 e 6,47% para o Olisun-3, no entanto ao final da instalação, foi determinada novamente a umidade em cada embalagem para cada um dos ambientes. Ao final de nove meses de armazenamento não foram observadas variações significativas no grau de umidade das sementes nas diferentes condições de temperatura e embalagem (Tabela 1). As sementes, por serem higroscópicas, tendem a sofrer alterações em seu teor de água durante o período de armazenamento, em função do tipo de embalagem e do ambiente de armazenamento (ULLMANN et al., 2012b).

Tabela 1 Teor de água (%) das sementes de girassol, híbridos Aguará-4 e Olisun-3, em função das épocas e condições de armazenamento

Híbrido	Época	Embalagem	Temperatura de armazenamento (°C)		
			30	25	10
Aguará	0	Papel	8.19	8.18	8.10
		Vácuo	7.12	7.10	7.30
	3	Papel	7.21	7.53	7.76
		Vácuo	7.30	7.36	7.60
	6	Papel	7.62	7.78	7.59
		Vácuo	7.78	7.68	7.56
9	Papel	7.30	7.10	6.93	
	Vácuo	7.25	6.81	6.77	
Olisun-3	0	Papel	7.38	7.49	7.53
		Vácuo	6.64	6.42	6.36
	3	Papel	7.64	7.24	7.26
		Vácuo	6.35	6.18	6.23
	6	Papel	6.95	7.13	6.66
		Vácuo	6.85	6.94	6.46
	9	Papel	7.45	6.61	6.57
		Vácuo	6.50	6.11	6.09

O equilíbrio higroscópico de sementes de girassol de cultivares com diferentes teores de óleo, à temperatura de 25°C é variável em função da umidade do ambiente e do tipo de embalagem. O armazenamento de sementes oleaginosas acima de 8% , segundo Carter (1978) promove a atividade e o aquecimento da massa de sementes e a ocorrência da degradação de proteínas, carboidratos, fosfolipídios e proliferação de microrganismos, afetando a qualidade das sementes. Carter (1978) ainda enfatiza que, a porcentagem máxima de umidade recomendada para uma armazenagem segura de sementes de girassol depende da umidade relativa do ambiente e considera que o máximo teor de água para a conservação de sementes de girassol em embalagem permeável é de 9,5%, quando a umidade relativa do ar é de 75%.

O uso de embalagens impermeáveis pode ser de relevante interesse, em regiões de clima tropical e subtropical úmido quando existem alterações frequentes na umidade relativa do ar (HENNING et al., 2001). Carvalho e Von Pinho (1999) recomendam que o grau de umidade ideal para o acondicionamento nas embalagens impermeáveis é entre 5% a 9%, segundo a espécie. Harrington (1972) recomenda para sementes de oleaginosas o grau de umidade ideal de 4 a 9% para o armazenamento em embalagens impermeáveis. Para sementes ricas em lipídios, graus de umidade acima de 9% fazem com que as sementes acondicionadas em embalagens impermeáveis tenham deterioração mais rápida que em embalagens permeáveis.

Para sementes de girassol acondicionadas em embalagens de papel multifoliado, o equilíbrio higroscópico de cultivares com diferentes teores de óleo, a temperatura de 25°C é variável, por exemplo, em condições de umidade relativa de 40%, sementes ricas em óleo o equilíbrio higroscópico é de 6,5% de teor de água 8,1% na comum; umidade relativa de 60%, sementes ricas em óleo o equilíbrio higroscópico é de 8,6% de teor de água e 11,6% nas sementes

comuns e na condição de 70% de umidade relativa de 9,6% para sementes ricas em óleo e 13,6% na comum (LEITE, 2005).

## **4.2 Qualidade fisiológica**

Todos os parâmetros da qualidade fisiológica avaliados foram interdependentes entre si, com relação à temperatura, embalagem e época de armazenamento.

### **4.2.1 Primeira contagem da germinação e Germinação**

Pela análise da primeira contagem e germinação, observa-se tendência de reduções na qualidade das sementes ao longo do armazenamento para as duas cultivares, independente do ambiente testado, a partir do terceiro mês de armazenamento (Figuras 9, 10, 11 e 12). Estes resultados vem comprovar os obtidos por Grisi et al. (2007) que observaram alteração na qualidade fisiológica das sementes de girassol, embora em genótipos diferentes dos utilizados neste estudo, e que a mesma foi afetada negativamente com o avanço do tempo de armazenamento, tanto para a condição de armazém convencional quanto para a condição de câmara fria, o que demonstra a susceptibilidade de sementes de girassol à deterioração no armazenamento em curto prazo.

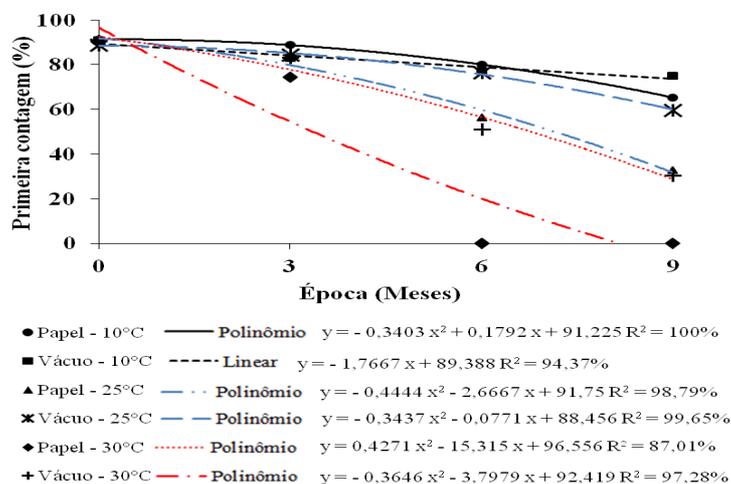


Figura 9 Primeira contagem (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) em embalagens (de papel e vácuo)

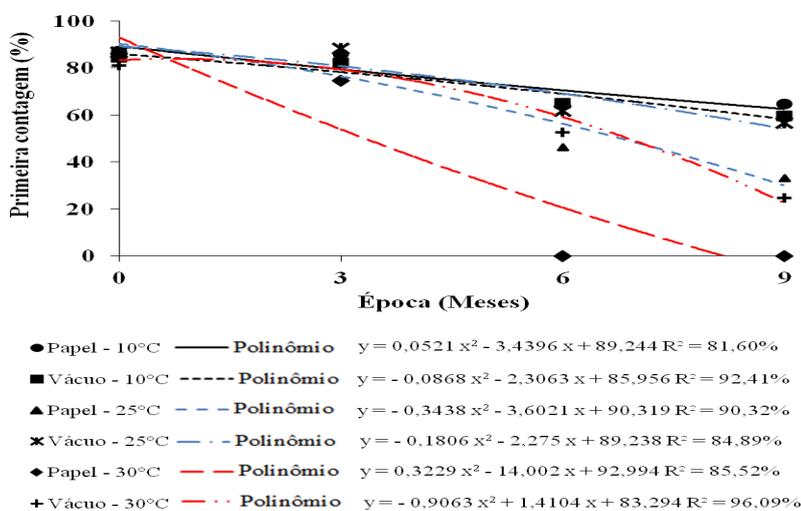


Figura 10 Primeira contagem (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) em embalagens (de papel e vácuo)

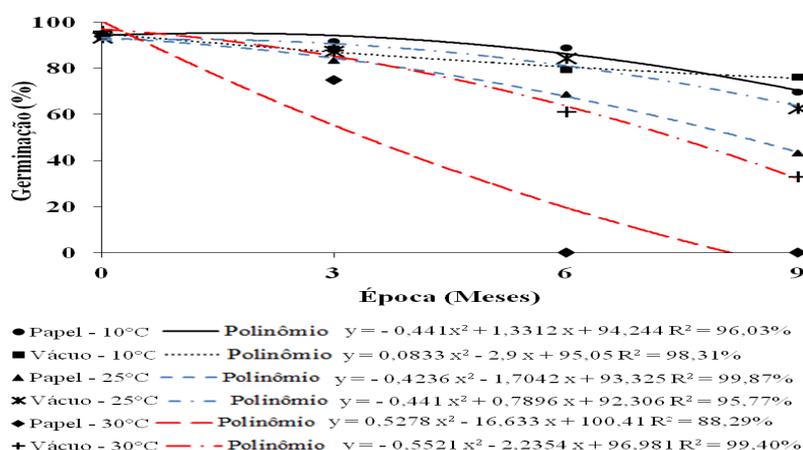


Figura 11 Germinação (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

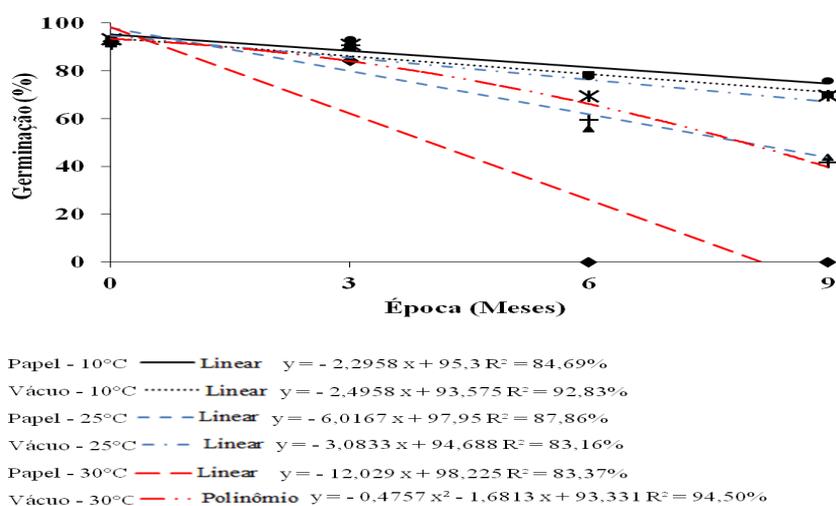


Figura 12 Germinação (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

De maneira geral na condição de armazenamento a 10°C em relação aos ambientes de 25°C e 30°C as sementes apresentaram melhor conservação da qualidade fisiológica das duas cultivares ao longo do armazenamento. Redução mais acentuada da viabilidade foi observada a partir do terceiro mês de armazenamento á 30°C com o uso de embalagem de papel. Cavasin (2001) e Abreu (2010) observaram que para o armazenamento de sementes de girassol a utilização de câmara fria com as sementes acondicionadas em saco de papel é ideal, no entanto os autores utilizaram genótipos diferentes.

Para as duas cultivares, as diferentes condições e o período de armazenamento influenciaram na redução do vigor avaliados pela primeira contagem e a germinação a partir do sexto mês de armazenamento (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

Tabela 2 Resultados da primeira contagem (%), para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	90 Aa	91 Aa	82 Aa	89 Aa	77 Aa	79 Aa	75 Aa	65 Ba
Temp. 25°C	88 Aa	90 Aa	84 Aa	83 Aa	76 Aa	56 Bb	59 Ab	32 Bb
Temp. 30°C	90 Aa	89 Aa	83 Aa	74 Bb	51 Ab	0 Bc	30 Ac	0 Bc
CV (%)	7.12							

\*Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 3 Resultados da primeira contagem (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	84 Aa	87 Aa	82 Aa	85 Aa	65 Aa	64 Aa	59 Aa	64 Aa
Temp. 25°C	86 Aa	87 Aa	88 Aa	86 Aa	61 Aa	46 Bb	56 Aa	33 Bb
Temp. 30°C	81 Aa	86 Aa	85 Aa	74 Bb	52 Ab	0 Bc	24 Ab	0 Bc
CV (%)	6.91							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

A redução do vigor e germinação foi maior em sementes embaladas a vácuo quando armazenadas á temperaturas de 25°C e 30°C. Sementes mantidas a 10°C, a redução do vigor e germinação foi menor quando comparado ao armazenamento de 30°C. Observa-se que a partir do terceiro mês de armazenamento as sementes acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas em temperatura de 30°C, para ambas as cultivares (Figuras 9, 10, 11 e 12 e Tabelas 2, 3, 4 e 5).

Em sementes com elevadores teores de lipídios, como a soja, foi verificado comportamento semelhante quando as sementes foram mantidas em temperaturas elevadas, em embalagem de papel, com decréscimo acentuado da germinação ao longo do armazenamento (FESSEL et al., 2010). Da mesma forma, Ullmann et al. (2012) observaram maiores valores de germinação de sementes de girassol ao longo de doze meses de armazenamento quando estas foram armazenadas em condição refrigerada (5±2°C). Verificaram que na condição ambiente, o armazenamento pode ser realizado por seis meses. Em condições de câmara climatizada por nove meses e na câmara refrigerada por

doze meses, sem comprometer o limite de germinação mínimo de comercialização.

Vale ressaltar para a cultivar Aguará-4 Olisun-3, no presente experimento foram constatados melhores resultados de germinação quando as sementes foram mantidas em câmara fria e embaladas, em papel, corroborando com os resultados obtidos por Abreu (2010).

Constata-se melhores resultados do vigor pela primeira contagem em armazenamento convencional de 25°C e 30°C, aos seis e nove meses, quando as sementes encontravam-se embaladas a vácuo, para ambas cultivares.

Tabela 4 Resultados do teste de germinação (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	94 Aa	95 Aa	88 Aa	91 Aa	79 Ba	89 Aa	76 Aa	69 Aa
Temp. 25°C	93 Aa	93 Aa	87 Aa	83 Aa	84 Aa	68 Bb	62 Ab	43 Bb
Temp. 30°C	96 Aa	93 Aa	87 Aa	74 Bb	61 Ab	0 Bc	33 Ac	0 Bc
CV (%)	5,23							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott

Tabela 5 Resultados do teste de germinação (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento ( 10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	91 Aa	93 Aa	89 Aa	93 Aa	78 Aa	77 Aa	70 Aa	75 Aa
Temp. 25°C	93 Aa	91 Aa	91 Aa	92 Aa	69 Ab	55 Bb	69 Aa	43 Bb
Temp. 30°C	91 Aa	92 Aa	90 Aa	84 Bb	59 Ac	0 Bc	41 Ab	0 Bc
CV (%)	6.91							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Reduções na viabilidade de sementes de girassol foram observadas a partir do terceiro mês de armazenamento à 30°C com o uso da embalagem de papel e a partir do sexto mês de armazenamento à 25°C para ambas as embalagens. Observa-se que as sementes de girassol quando acondicionadas em embalagem de papel apresentaram redução mais acentuada na viabilidade.

A eficiência do uso de embalagens a vácuo em armazém convencional na preservação da longevidade de sementes de girassol também foi comprovada por Abreu (2010). Resultados semelhantes também foram obtidos para sementes de milho doce (CAMARGO; CARVALHO, 2008); em sementes de abóbora (YEH et al., 2005) e para sementes de mamona (SANTOS, 2010).

#### **4.2.2 Condutividade elétrica**

Os resultados da lixiviação de solutos das sementes dos cultivares Aguará-4 e Olisun-3, mensuradas pela condutividade elétrica da água de embebição das sementes de girassol, constam das Tabelas 6 e 7. Para as duas cultivares estudadas não houve diferença significativa entre os tipos de embalagens utilizadas, independentemente das condições do ambiente de armazenamento até o terceiro mês. A partir do sexto mês de armazenamento a 30°C as sementes embaladas em papel apresentaram maior lixiviação de solutos, em relação às demais. Na comparação entre as duas embalagens mantidas a 30°C, na embalagem a vácuo as sementes lixiviaram menos em relação às sementes mantidas em embalagem de papel para as duas cultivares a partir do sexto mês, comprovando que a restrição de oxigênio no armazenamento mesmo em condição de temperatura elevada propicia resultados satisfatórios com relação à conservação de sementes de girassol. O grau de deterioração e o genótipo interferem nos resultados da condutividade elétrica em sementes de girassol (ABREU et al., 2011).

Tabela 6 Resultados da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	108.0Aa	104.1Aa	97.6Aa	99.1Aa	83.5Aa	83.1Aa	107.8Aa	109.5Aa
Temp.25°C	105.8Aa	106.0Aa	105.5Aa	98.1Aa	87.2Aa	90.0Aa	111.9Aa	108.9Aa
Temp.30°C	110.3Aa	110.8Aa	101.5Aa	101.5Aa	87.1Aa	140.5Bb	113.7Aa	259.9Bb
CV (%)	7.00							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas diferem para cada época estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 7 Resultados da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	81.1Aa	76.3Aa	74.1Aa	76.7Ab	61.5Aa	59.9Aa	70.0Ab	75.7Aa
Temp.25°C	78.1Aa	74.9Aa	75.5Aa	74.3Ab	62.1Aa	63.4Aa	69.6Ab	43.8Bb
Temp.30°C	76.1Aa	76.3Aa	75.0Aa	69.9Aa	58.95Aa	101.0Bb	41.8Aa	150.0Bc
CV (%)	6.91							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Foi verificada uma tendência crescente nos valores de condutividade elétrica das sementes de girassol durante o armazenamento na condição de embalagem de papel a temperatura ambiente de 30°C para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 (Figuras 13 e 14). Segundo Panobianco; Vieira; Perecin (2007), quando se trabalha com altas temperaturas (20 e 25 °C), alterações significativas são verificadas nos valores de condutividade elétrica durante as épocas de

armazenamento, revelando aumento na perda de lixiviados com o decorrer do tempo. Os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento, sugerindo que a deterioração das sementes em baixas temperaturas parece não estar relacionada com a perda da integridade das membranas celulares, uma vez que, à temperatura de 10°C, os danos causados às membranas não ocorrem na mesma intensidade que no armazenamento à temperaturas entre 20 e 25°C (FESSEL et al. 2006).

Vale ressaltar que os resultados de condutividade elétrica foram coincidentes com os obtidos na avaliação da primeira contagem e da germinação indicando a condição de armazenamento em embalagem de papel a 30°C como pior para a conservação das sementes de girassol para ambos cultivares.

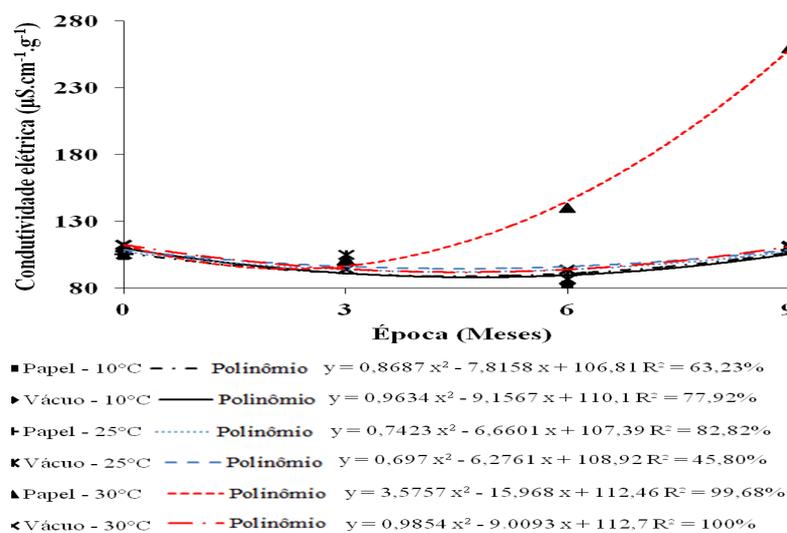


Figura 13 Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

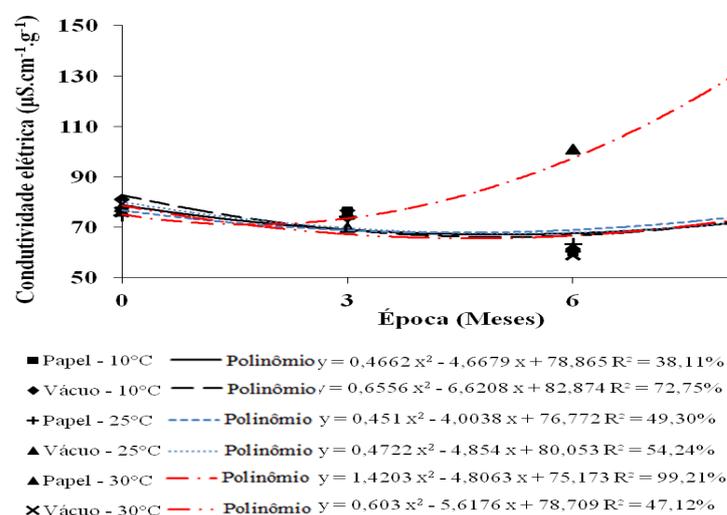


Figura 14 Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para a cultivar Olisun-3 (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

#### 4.2.3 Envelhecimento acelerado

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 (Tabelas 8 e 9).

Analisando as curvas respostas do envelhecimento acelerado das sementes de girassol nota-se a tendência decrescente da germinação de sementes submetidas em as condições de armazenamento para ambas as cultivares (Figuras 15 e 18).

Os resultados obtidos no envelhecimento acelerado são semelhantes aos obtidos nas avaliações da condutividade elétrica, germinação e primeira contagem da germinação, destacando os tratamentos papel e vácuo a 10°C, bem como vácuo a 25°C como superiores para a conservação de sementes de girassol. Resultados esses semelhantes aos obtidos por Abreu et al. (2010).

Tabela 8 Resultados de plântulas normais (%) obtidos após o teste de Envelhecimento acelerado para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	17 Aa	18 Aa	18 Aa	18 Aa	16 Aa	16 Aa	15 Aa	9 Ba
Temp. 25°C	17 Aa	17 Aa	19 Aa	15 Bb	15 Aa	12 Bb	6 Ab	1 Bb
Temp. 30°C	19 Aa	18 Aa	16 Ab	10 Bc	10 Ab	0 Bc	0 Ac	0 Ab
CV (%)	12.21							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 9 Resultados de plântulas normais (%) obtidos após o teste de Envelhecimento acelerado para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	21 Aa	21 Aa	17 Aa	16 Aa	16 Aa	17 Aa	15 Aa	13Ba
Temp. 25°C	20 Aa	21 Aa	18 Aa	14 Bb	15 Aa	12 Bb	14 Aa	5 Bb
Temp. 30°C	21 Aa	21 Aa	17 Aa	13 Bb	14 Ab	0 Bc	3 Ab	0 Bc
CV (%)	7.04							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** para cada época diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

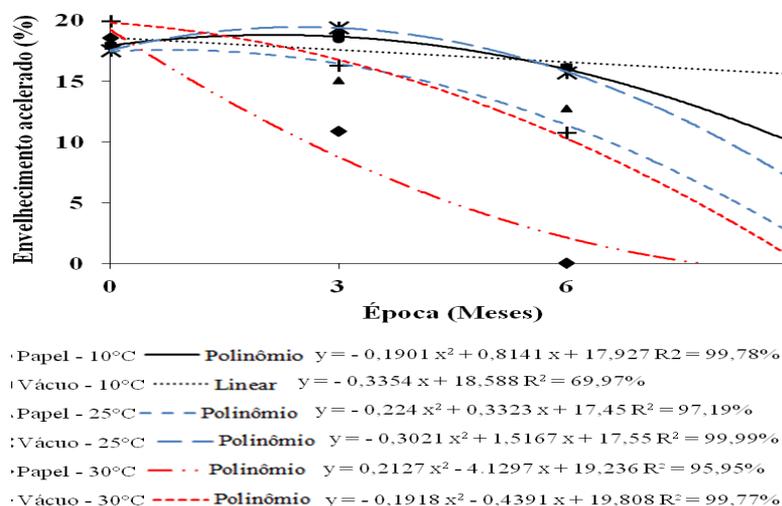


Figura 15 Plântulas normais (%) obtidos após o teste de Envelhecimento acelerado para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

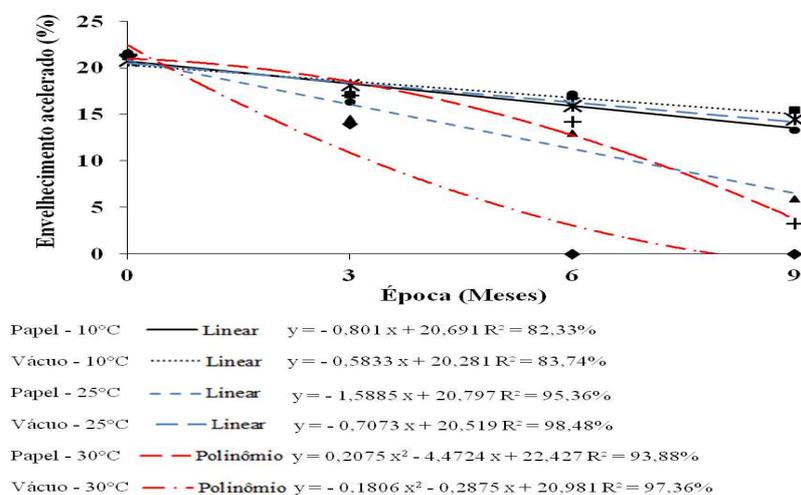


Figura 16 Plântulas normais (%) obtidos após o teste de Envelhecimento acelerado para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

#### **4.2.4 Emergência e Índice de Velocidade de Emergência – IVE**

Os resultados das análises do teste de emergência e índice de velocidade de emergência para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 encontram-se nas Tabelas 10, 11 e 12,13 respectivamente.

A qualidade das sementes, avaliada pela emergência e o índice de velocidade de emergência, foi reduzida ao longo do armazenamento para as cultivares avaliadas, independente do local em que foram mantidas (Figuras 17, 18e 19 e20 respectivamente). 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, 1994). A elevação da temperatura juntamente com a composição química, contribuem para a rapidez na deterioração de sementes oleaginosas como o algodão (SILVA et al., 2006) e girassol (ABREU, 2010).

Quanto ao efeito da temperatura, as sementes das duas cultivares mantidas a 10°C, avaliadas pela emergência e IVE, foram mais vigorosas do que às mantidas nas demais temperaturas.

A partir do sexto mês a qualidade das sementes, avaliadas pela emergência e IVE foi afetada negativamente quando as sementes foram acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas a 25°C e 30°C para ambas as cultivares. Ressalta-se que aos seis e nove meses de armazenamento, em condições de 30°C as sementes armazenadas em embalagens de papel não apresentam emergência para as duas cultivares testadas .

Perdas do vigor, avaliados pela emergência de plântulas, podem estar associadas ao grau de deterioração das sementes, como foi verificada nos resultados de germinação e primeira contagem, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. Quando as sementes são expostas a diferentes

condições de armazenamento, a deterioração pode ocorrer de forma mais acentuada em temperaturas mais elevadas. O índice de velocidade de emergência é mais elevado quando sementes de girassol são armazenadas em câmara refrigerada, pelo fato das mesmas diminuírem sua taxa de respiração em função da baixa temperatura, mantendo o vigor por mais tempo (ULLMANN et al., 2012a).

Tabela 10 Resultados da Emergência (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	81.5Aa	82.5Aa	93.1Aa	89.8Aa	94.7Aa	94.5Aa	90.8Aa	90.2Aa
Temp.25°C	83.7Aa	83.7Aa	91.6Aa	93.5Aa	95.0Aa	80.0Bb	87.7Aa	62.1Bb
Temp.30°C	81.3Aa	81.3Aa	89.6Aa	86.7Aa	91.1Aa	0.1Bc	43.2Ab	0.0Bc
CV (%)	7.26							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem para cada época estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott

Tabela 11 Resultados da Emergência (%) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp. 10°C	87.5Aa	82.1Aa	92.6Aa	91.3Aa	92.3Aa	93.7Aa	93.0Aa	91.6Aa
Temp. 25°C	86.8Aa	82.1Aa	94.7Aa	93.0Aa	92.7Aa	66.3Bb	89.3Aa	50.5Bb
Temp. 30°C	78.2Bb	86.2Aa	87.6Aa	85.2Ab	86.2Ab	0.0Bc	47.0Ab	0.0Bc
CV (%)	5.59							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem para cada época estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott

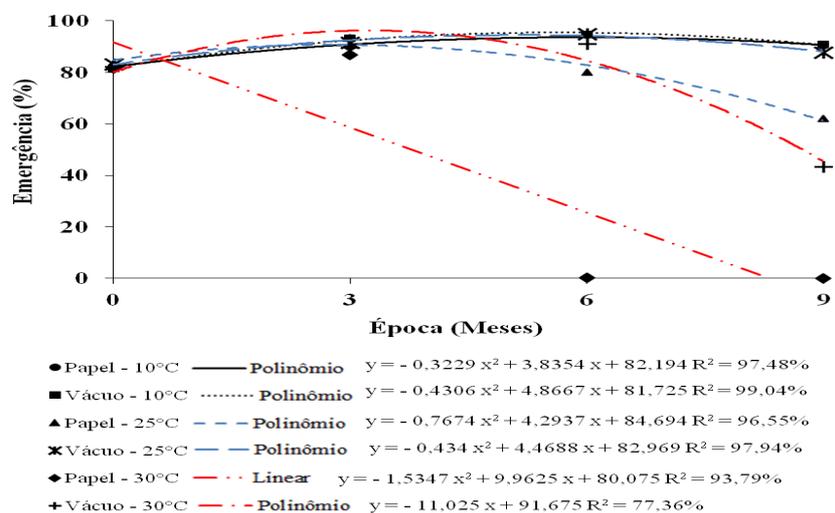


Figura 17 Emergência (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

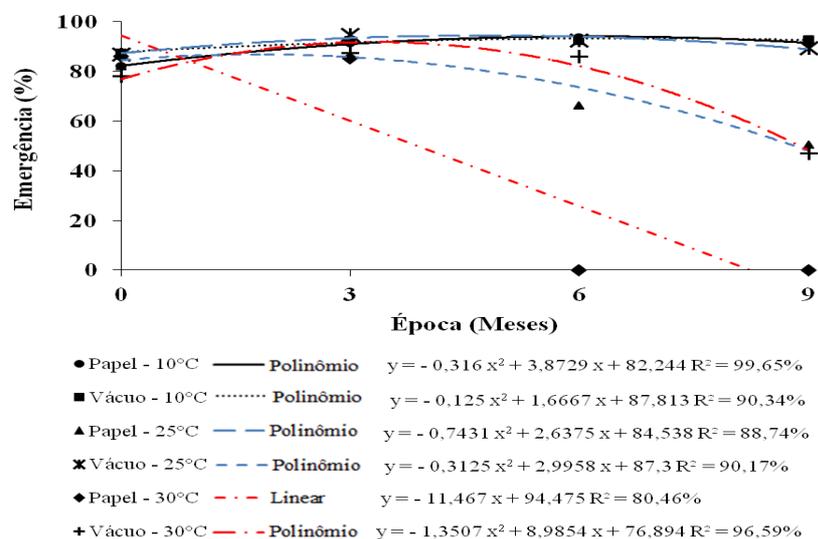


Figura 18 Emergência (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

Tabela 12 Resultados do IVE (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	46.8Aa	45.2Aa	55.1Aa	51.3Aa	66.3 Aa	66.1Aa	37.1Aa	36.0Aa
Temp.25°C	45.1Aa	49.86Aa	49.5Ab	50.1Aa	61.6 Aa	45.4Bb	31.8Ab	18.9Bb
Temp.30°C	43.9Aa	47.5Aa	42.6Ac	40.2Ab	52.9Ab	0.1Bc	10.9 Ac	0.0Bc
CV (%)	8.59							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem para cada época estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott

Tabela 13 Resultados do IVE (%) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	55.5Aa	46.9Bb	56.6Aa	55.9Aa	71.1Aa	70.0Aa	76.7Aa	77.2Aa
Temp.25°C	56.9Aa	51.0Ba	58.6Aa	54.9Aa	69.3Aa	45.7 Bb	74.2Aa	36.7Bb
Temp.30°C	56.3Aa	53.2Aa	47.8Ab	50.5Ab	59.4Ab	0.0Bc	28.8Ab	0.0Bc
CV (%)	6.93							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem para cada época estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott

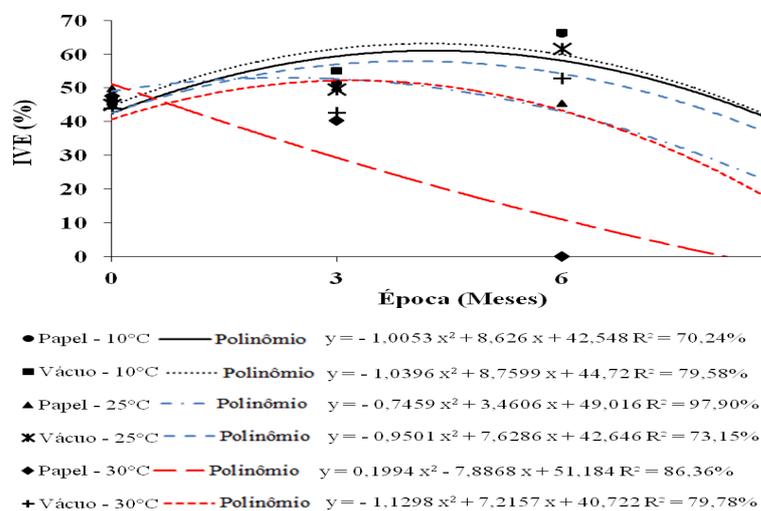


Figura 19 Índice de Velocidade de Emergência (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas analisadas para as condições de Armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

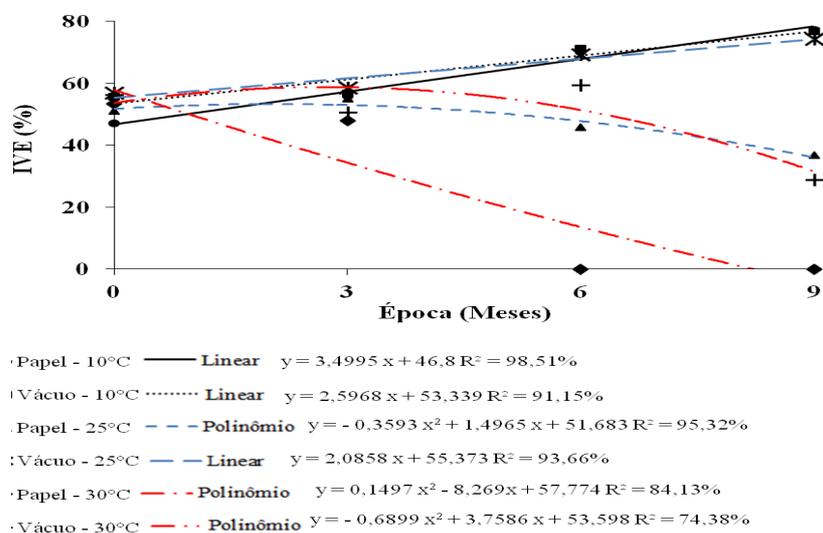


Figura 20 Índice de Velocidade de Emergência (%) para a cultivar Olisun-3em em função das épocas analisadas para as condições de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C em embalagens de papel e vácuo)

### 4.3 Qualidade sanitária

Na avaliação da sanidade das sementes de girassol submetidas ao armazenamento, foi verificada a incidência dos fungos *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. *Aspergillus flavus*, *Aspergillus níger* e *Aspergillus ochraceus* nas cultivares estudadas (Figuras 21 a 28). A incidência de microrganismos variou em função da época, embalagem e temperatura de armazenamento.

Para os fungos *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp, foi observada interação significativa de épocas, temperaturas e embalagens de armazenamento para ambas cultivares. O fungo *Aspergillus flavus*, para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3, houve interação de épocas com temperaturas e épocas com embalagens. Com relação ao fungo *Aspergillus níger*, para ambas as cultivares, houve o efeito das épocas com temperaturas, sendo que o *Aspergillus ochraceu* apresentou efeito da interação de épocas de armazenamento com embalagens apenas para a cultivar Olisun-3.

Na época inicial (zero), Figuras 21 e 22, foi constatada incidência de 55 a 65%, para ambas as cultivares do fungo *Alternaria alternata*, não sendo verificada a presença significativa dos demais patógenos avaliados. A mancha de alternaria, causada pelos fungos *Alternaria helianthi*, *Alternaria alternata* e *Alternaria zinniae* é o principal problema fitossanitário do girassol (MORAES et al., 1983), causando crestamento em todos os estágios de crescimento. A germinação e ramificação dos tubos germinativos aumentam quando, conídios de *Alternaria* são misturados ao pólen do capítulo, favorecendo a suscetibilidade do girassol no estágio de enchimento das sementes (ALLEN et al.1983).

Talanini et al. (2011) analisaram a qualidade sanitária de lotes de sementes produzidas no estado do Mato Grosso do Sul e detectaram alta

incidência de fungos como a *Alternaria alternata*, e a *Alternaria helianthi* na ordem de 80% de incidência.

Salustiano, Machado e Pittis (2005), ao avaliar os efeitos de *Alternaria helianthi* e *Alternaria zinniae* sobre o desenvolvimento inicial do girassol em condições controladas, constataram que a presença de *Alternaria helianthi* como contaminante de sementes de girassol é capaz de causar alto índice de doença, redução do estande, massa verde e altura de plantas, com prejuízos de produtividade. Com relação a *Alternaria zinniae*, foi constatado que altas concentrações de esporos causam elevado índice de doença e redução do estande na fase inicial do desenvolvimento do girassol. Apesar da presença da *Alternaria* afetar a germinação, como observado pelos autores acima, foi observada a manutenção da incidência do fungo ao final do armazenamento naquelas sementes armazenadas a 10°C (vácuo e papel) e 25°C papel, condições que propiciaram maior vigor e germinação ao final do período de armazenamento (Figuras 11; 12 e 13 a 18).

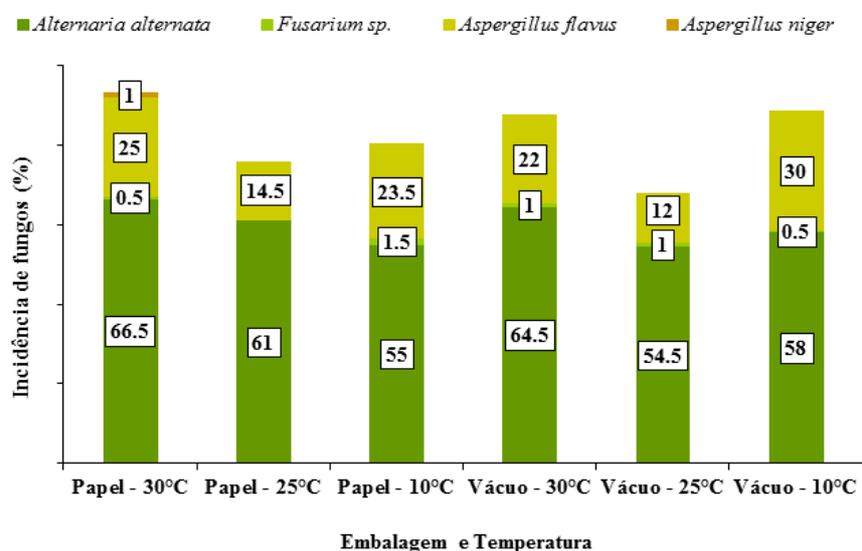


Figura 21 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Águará-4 na época inicial (zero). Lavras, MG, 2013

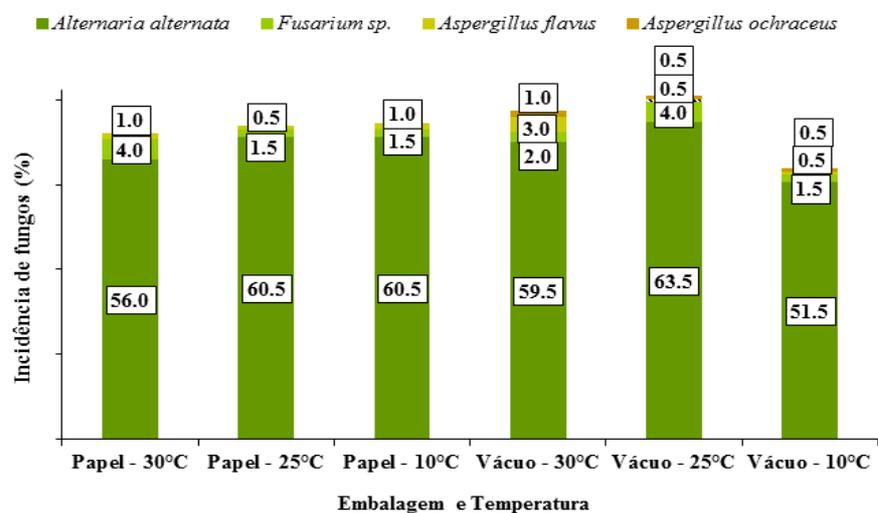


Figura 22 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Olisun-3 na época inicial (zero). Lavras, MG, 2013

Os fungos de armazenamento prejudicam a germinação e sanidade da planta no campo, principalmente, dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, os quais invadem e causam danos às sementes, em geral após serem colhidas e armazenadas, na época inicial (zero) foi detectada apenas na cultivar Aguará-4. Cabe salientar que as sementes encontravam tratadas com inseticida organofosforado (Metalaxyl-M) na dosagem de 200g de Apron XL/100kg de sementes e com fungicida (Pirimifós-methyl) na dosagem de 5g de Actellic 500CE/100kg de sementes, com eficácia de ação na época inicial. Cabe ressaltar que a ação do fungicida tem sido uma estratégia eficaz no controle de patógenos presentes nas sementes e/ou no solo, garantindo maior segurança de semeadura, favorecendo a obtenção de estande satisfatório, com reflexos diretos na produtividade.

O tratamento de sementes é utilizado como ferramenta de proteção à semente tanto no campo como no armazenamento que pode se estender por um período maior quando associado à tecnologia de a peliculização das sementes mantendo a eficácia do produto por um período maior (JULIATTI, 2010).

A incidência em porcentagem dos fungos *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* e *Aspergillus ochraceus*, para as sementes das cultivares Aguará-4 e Olisun-3, no terceiro mês de armazenamento encontram-se nas Figuras 23 e 24.

A qualidade sanitária das sementes das cultivares Aguará-4 e Olisun-3 foi afetada pela embalagem e da condição de ambiente. Observa-se comportamentos distintos para as duas cultivares estudadas. Para a cultivar Aguará-4 e Olisun-3 detectou-se um incremento da incidência de *Alternaria alternata* nas sementes embaladas em papel e a manutenção da incidência quando embaladas a vácuo a temperatura de 10°C. Na condição de ambiente a 30°C para a cultivar Aguará-4, as sementes embaladas em papel, apresenta

queda na incidência da *Alternaria alternata* de 66% da época inicial para 15% no terceiro mês, e verifica-se a ocorrência de 16% de *Fusarium* sp.

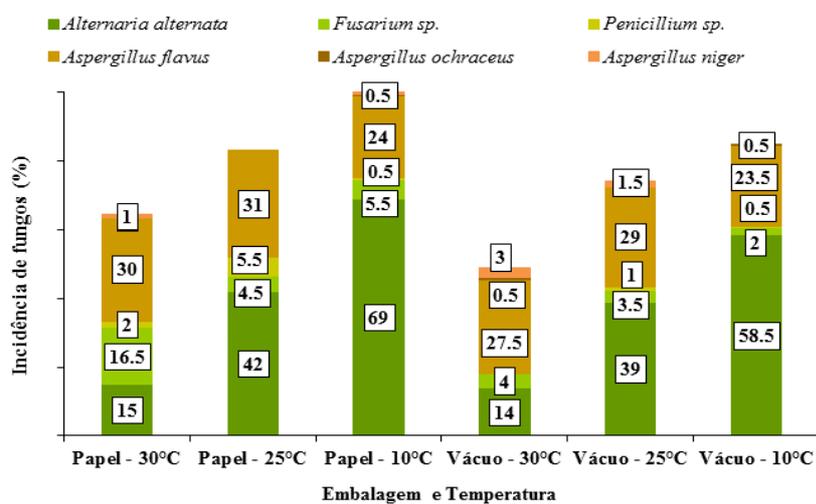


Figura 23 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrdo Águará-4 aos 3 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013

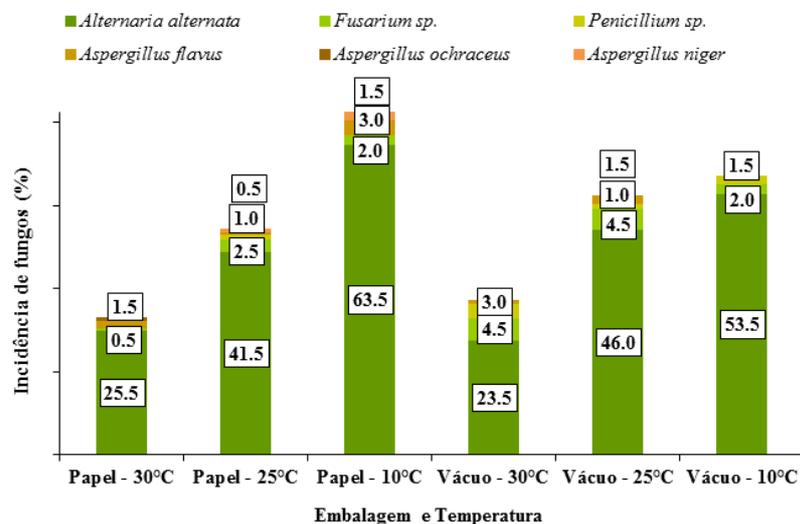


Figura 24 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrdo Olisun-3 aos 3 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013

O patógeno de solo, *Fusarium* sp, altamente prejudicial á cultura do girassol, possui capacidade de sobreviver no solo na forma de clamidosporo, sendo disseminado através de sementes. A causa provável para o aumento da incidência de *Fusarium* sp.nas sementes é a condição de ambiente em que as sementes são armazenadas e que favorecem a viabilidade e reprodução dos esporos do fungo. (LEITE, 2005). A partir de seis meses pode-se observar o aumento da incidência de *Fusarium* sp. principalmente em sementes armazenadas a 30°C (Figura 26 ), ao mesmo tempo que foi observada um decréscimo significativo no vigor e germinação das sementes. Já aos nove meses de armazenamento essa incidência diminui ao mesmo tempo em que não ocorre germinação.

Nas sementes de girassol, há ocorrência de diversas espécies de fungos do gênero *Aspergillus*, como *A. flavus*, *A. ochraceus* e *A. niger* e *Penicillium* No terceiro mês de armazenamento, para a cultivar Aguará-4, observa-se incremento da incidência do *Aspergillus* nas sementes em todas as condições de armazenamento.

A incidência em porcentagem dos fungos *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. *Aspergillus flavus*, *Aspergillus níger* e *Aspergillus ochraceus*, para as sementes das cultivares Aguará-4 e *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. *Aspergillus flavus* para Olisun-3, no sexto mês de armazenamento encontram-se ilustrados nas Figuras 25 e 26.

Após o sexto mês de armazenamento foi possível verificar um aumento da incidência de fungos para todas as condições em ambas as cultivares. Destaque para as sementes da cultivar Aguará-4, acondicionadas em embalagem de papel, armazenadas a temperatura de 30°C, as quais não apresentavam germinação (Tabela 4)., Constatou-se nas sementes armazenadas na condição de ambiente de 10°C, embaladas em papel e vácuo, a manutenção da *Alternaria alternata*, com pequena incidência de *Fusarium* sp. e *Aspergillus*.

É importante destacar que o comportamento não foi semelhante para os dois genótipos em relação à incidência de *Fusarium* sp. detectada no sexto mês de armazenamento. Verificou-se um comportamento diferente para os microrganismos ao sexto mês de armazenamento para a cultivar Olisun-3. Para as sementes acondicionadas em embalagens de papel e vácuo, quando mantidas a temperatura de 30°C foi verificada elevada incidência de *Fusarium* sp, ausência de *Alternaria alternata* e *Aspergillus*. Esse fato está diretamente relacionado aos decréscimos dos valores de germinação (Figuras 11 e 12) e emergência verificados nessa época de armazenamento. Sementes acondicionadas em embalagens de papel e vácuo, quando mantidas na condição de armazenamento a 25°C, após seis meses de armazenamento, apresentaram elevada incidência de *Alternaria alternata* e menor incidência de *Fusarium* sp.

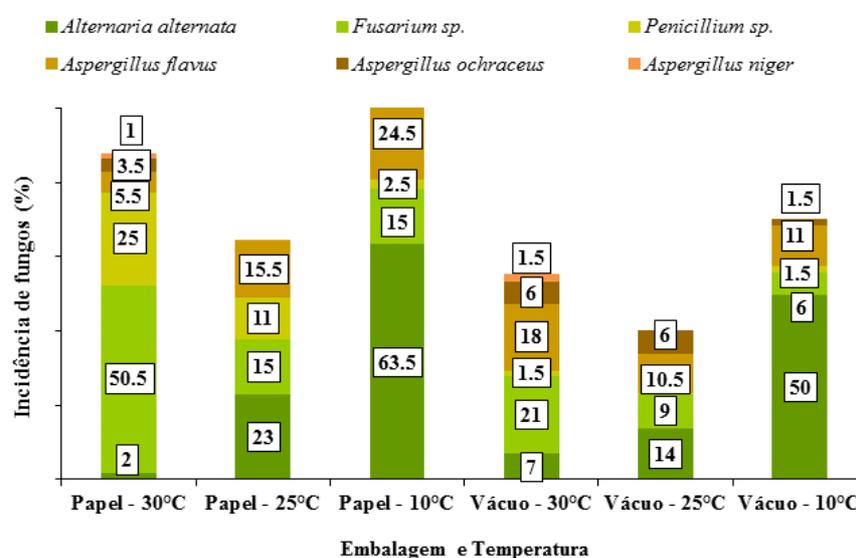


Figura 25 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Águará-4 aos 6 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013

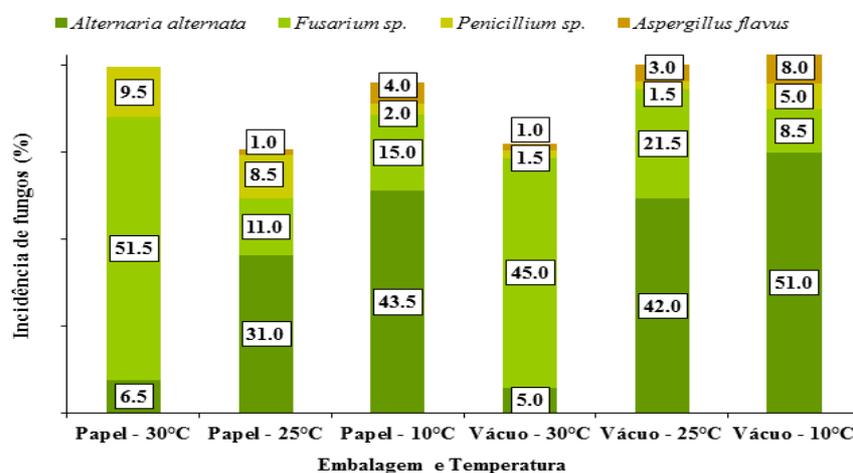


Figura 26 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrdo Olisun-3 aos 6 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013

Na de temperatura de 10°C, tanto para as sementes acondicionadas em embalagens de papel como vácuo, a permanência do fungo *Alternaria alternata*, com uma incidência de 43 e 51%. Segundo Silva et al. (2007), o gênero *Fusarium* foi encontrado em sementes de girassol com incidência média de 72% , em condições de armazenamento em temperatura ambiente e a 85% sob condição de refrigeração (4°C). Cabe salientar que as sementes de ambas as cultivares estavam tratadas com o fungicida Pirimifós-methyl, na dosagem de 5g de Actellic 500CE/100kg de sementes.

Os fungos *Alternaria alternata*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus níger* e *Aspergillus ochraceus* para as sementes das cultivares Aguará-4 e Olisun-3, no nono mês de armazenamento encontram-se nos Figuras 27 e 28.

Os fungos normalmente se encontram associados às 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 (NEERGAARD, 1977, MORENO-MARTINEZ et al., 1994). No entanto nesse estudo, para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3, verificou-se uma maior incidência de *Alternaria alternata* e *Fusarium* sp.

Aos nove meses de armazenamento para a cultivar Aguará-4 observa-se redução na incidência de fungo, como foi observada na qualidade fisiológica das sementes nas diferentes condições. Para as sementes embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C, verifica-se 68% de incidência do fungo *Alternaria alternata* e 31% de *Aspergillus flavus*. Na condição de armazenamento a temperatura de 30°C quando as sementes encontram-se acondicionadas em embalagens de papel, praticamente não detecta-se a incidência de fungos. Nessa condição não foi verificada germinação das sementes com seis e nove meses de armazenamento (Figura 4). Para a cultivar Olisun-3 o comportamento foi semelhante apenas para a condição da embalagem de papel armazenada a temperatura de 30°C. Observa-se a presença do fungo *Alternaria alternata* nas condições armazenamento a temperatura de 10°C em embalagens de papel e vácuo em 61% e 70%. As sementes acondicionadas em embalagem de papel nas condições de 25 e 10°C apresentaram uma incidência de *Alternaria alternata* de em 53% 61%. Praticamente não foi detectado para essa cultivar incidência de *Aspergillus* e *Penicillium* em valores significativos nas diferentes condições de armazenamento. O fungo *Fusarium* sp permaneceu até o final do armazenamento nas diferentes condições em ambas as cultivares, porém em valores menos expressivos.

Gomes et al. (2008) avaliaram a qualidade sanitária de sementes de girassol provenientes de diferentes localidades do estado do Maranhão e detectaram incidência expressiva de fungos fitopatogênicos como *Fusarium* sp. e *Alternaria* spp., especialmente para os genótipos Hélio 250, Catissol 01, Nutrissol, ACA 884, Hélio 251 e V 80198.

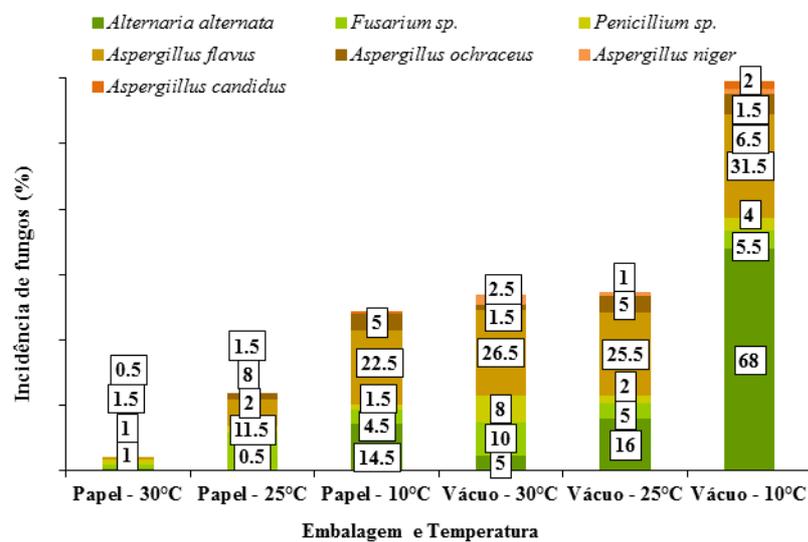


Figura 27 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Águar4 aos 9 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013

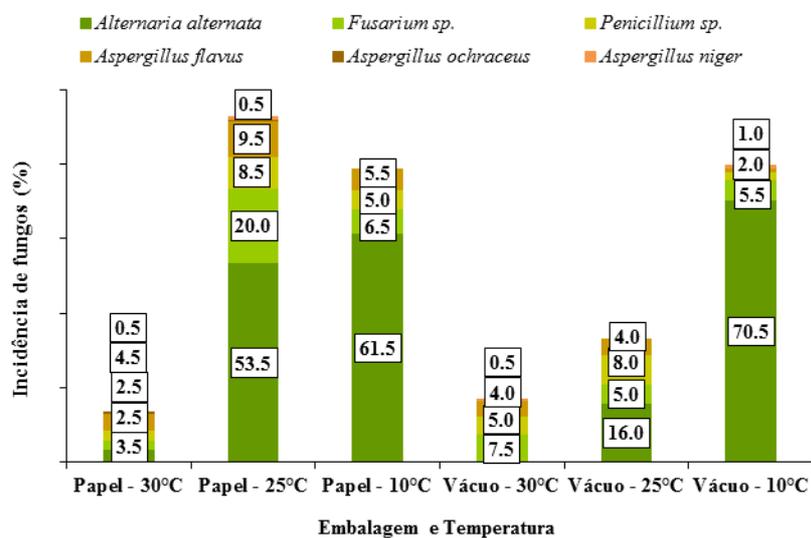


Figura 28 Porcentagem de fungos associados às sementes de girassol híbrido Olisun-3 aos 9 meses de armazenamento. Lavras, MG, 2013

#### 4.4 Atividade de isoenzimas

As diferentes condições de armazenamento como temperaturas de ambiente e tipo de embalagens, podem contribuir para reduzir ou acelerar a deterioração da semente, por promover 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. Nesse sentido, as mudanças ocorridas nos padrões eletroforéticos de isoenzimas são importantes para elucidar as modificações relacionadas à deterioração das sementes durante o armazenamento.

Nas cultivares de girassol estudadas foram observadas diferenças na atividade das enzimas Álcool Desidrogenase (ADH), Catalase (CAT), Superóxido Dismutase (SOD), Esterase (EST), Fosfatase Ácida, Malato Desidrogenase (MDH), Isocitrato liase, representadas pelas Figuras 29 a 35.

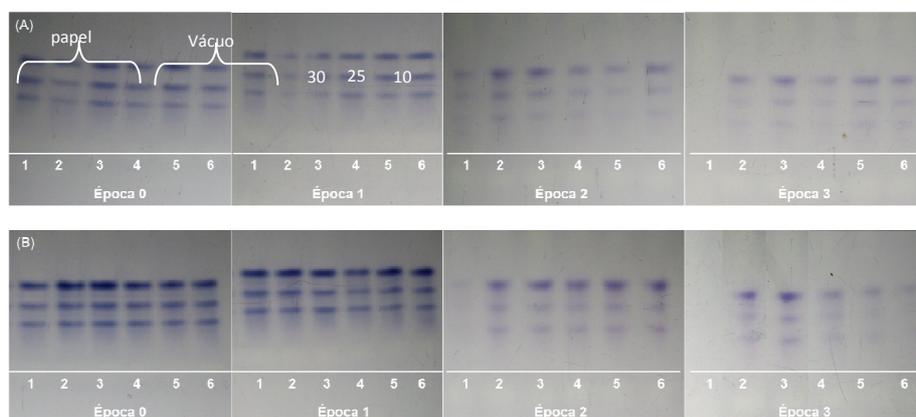
A enzima álcool desidrogenase (ADH) participa de reações de oxireductase, agindo mais especificamente na hidroxila alcoólica atuando no metabolismo anaeróbico de plantas, reduzindo a acetaldeído a etanol (BUCHANAN; GRUISSEN; JONES, 2005). Zhang et al. (1994) verificaram que o acetaldeído pode ser um importante fator que acelera a deterioração de sementes, independente do ambiente de armazenamento, enquanto o etanol causa deterioração somente sob umidade relativa elevada.

Verificou-se para a enzima álcool desidrogenase (ADH), Figura 29, uma diminuição da intensidade de bandas com o aumento do período de armazenamento das sementes das cultivares Aguará-4 e Olisun-3, independente das condições de armazenamento. Abreu (2010) verificou uma diminuição da intensidade de bandas com o aumento do período de armazenamento das sementes de girassol do híbrido Hélio 251, independente se armazenada em sistema de armazenamento convencional ou câmara fria. No entanto, Vieira

(1996) não observou alteração na atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) ao longo do envelhecimento em sementes de algodão.

Cabe ressaltar que, no sexto mês de armazenamento para ambos os genótipos, a condição de 30°C em embalagens de papel foi verificada menor atividade da ADH, coincidindo com a ausência de viabilidade das sementes (Figuras 11 e 12). Para as sementes acondicionadas a vácuo observa-se para as cultivares estudadas uma maior atividade da enzima. O aumento na atividade da ADH nas sementes mantidas em embalagem a vácuo no decorrer do tempo de armazenamento se justifica pelo fato de ocorrer redução da disponibilidade de oxigênio, causado assim a ativação da rota anaeróbica de respiração. Esse comportamento parece variar de acordo com a espécie, em relação ao período de armazenamento. Santos (2010) verificou um aumento na atividade da ADH em sementes de mamona, IAC-226, armazenada em câmara fria e embaladas a vácuo após 8 e 12 meses de armazenamento com a redução da qualidade fisiológica das sementes.

Enzima ADH (Álcool Desidrogenase):



Legenda -1-30°C Papel; 2-25°C Papel; 3-10°C Papel; 4-30°C Vácuo; 5-25°C Vácuo; 6-10°C Vácuo.

Figura 29 Atividade enzimática da ADH (Álcool Desidrogenase) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

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 indicar os avanços na perda da qualidade das sementes armazenadas.

A peroxidação dos lipídeos é a provável causa da perda da viabilidade das sementes durante o armazenamento. No entanto, as células possuem mecanismos protetores contra as espécies reativas de oxigênio, prevenindo a sua formação e promovendo a remoção das formas reativas produzidas (ALSCHER et al., 2002). Dentre esses mecanismos encontram-se a atividade das enzimas catalase e superóxido dismutase.

Os perfis isoenzimáticos da atividade da catalase das sementes armazenadas em diferentes condições apresentam alterações e encontram-se na Figura 30.

Quanto à atividade da catalase, foram observadas mudanças no padrão da enzima em relação à embalagem, temperatura e época de armazenamento. Houve aumento da atividade da época inicial para o terceiro mês de armazenamento para ambas as cultivares durante o armazenamento, indicando a atuação da enzima na remoção de radicais livres como mecanismo de proteção da peroxidação. Fridovich, (1986) relatou que a catalase por ser uma enzima que está envolvida no processo de remoção de peróxido de hidrogênio, desempenha um controle desses peróxidos endógenos por meio do ciclo óxido-redução. Sendo assim, a redução na atividade dessa enzima, poderá resultar na diminuição da prevenção de danos oxidativos.

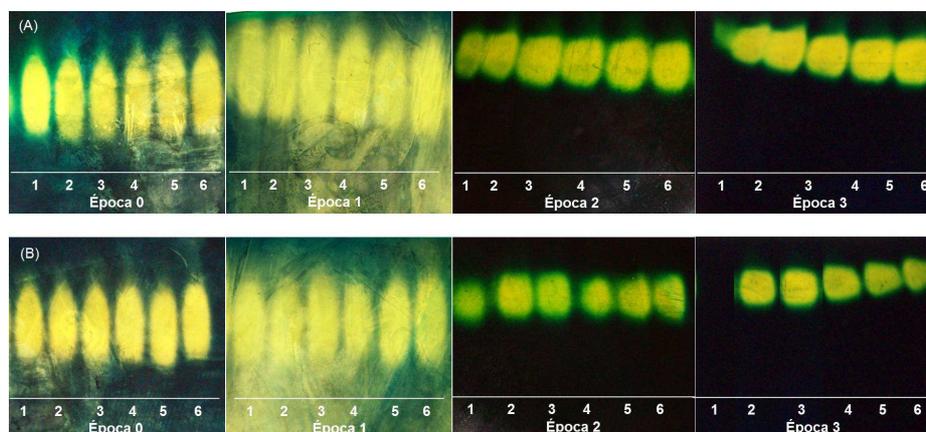
Observa-se uma redução mais acentuada da atividade da enzima catalase a partir do sexto mês de armazenamento para as duas cultivares estudadas. Ressalta-se que com seis meses do armazenamento a atividade da enzima, para as sementes acondicionadas em embalagem de papel e mantidas em condições de ambiente a temperatura de 30°C, foi muito baixa, resultados coincidentes aos obtidos na avaliação da qualidade fisiológica pelos testes de germinação, envelhecimento acelerado, emergência e IVE (Figuras 11 e 12; 15 e 16; 17 e 18; 19 e 20 respectivamente).

Para a cultivar Aguará-4, as sementes embaladas a vácuo nas condições de temperatura de 25 e 30°C, aos seis meses de armazenamento, a atividade da enzima catalase se comporta de maneira semelhante e observa-se maior atividade quando comparada com cultivar Olisun-3.

No final do armazenamento não se observa praticamente atividade da enzima catalase para as sementes em embalagens de papel mantidas a 30°C. Nota-se também a diferença da atividade da catalase para as cultivares quando as

sementes estão embaladas a vácuo. Vários autores trabalhando com sementes de espécies que apresentam alto teor de óleo verificaram a redução na atividade de várias enzimas entre elas, a catalase com o aumento do período de armazenamento de semente.

#### Enzima CATALASE:



Legenda -: 1-30°C Papel; 2-25°C Papel; 3-10°C Papel; 4-30°C Vácuo; 5-25°C Vácuo; 6-10°C Vácuo.

Figura 30 Atividade enzimática da CATALASE (CAT) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

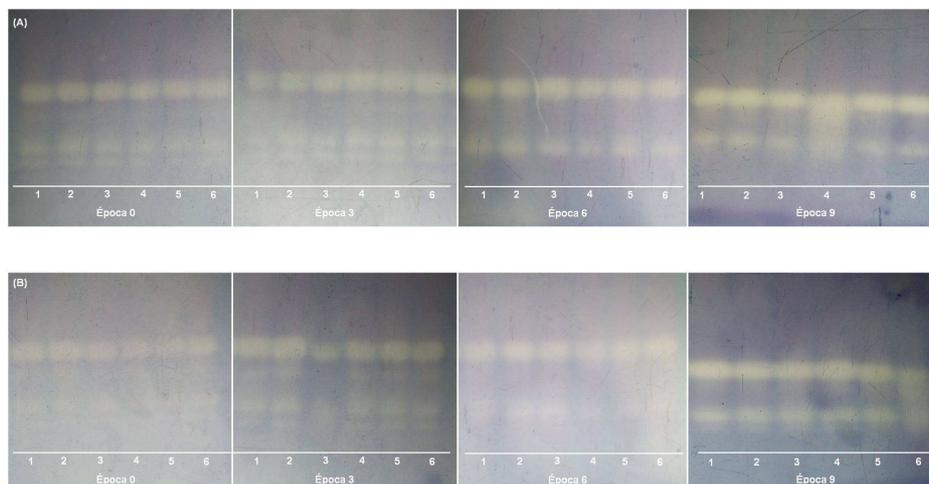
Goel e Sheoran, (2003) relataram que em sementes de algodão essa redução tem sido verificada e resultados semelhantes foram observados por Sung e Chiu (1995) em sementes de soja, por Sung (1996) em sementes de amendoim e por Bailly et al. (1996); Abreu (2010) em sementes de girassol.

Os perfis isoenzimáticos observados na atividade da enzima SOD (Superóxido Dismutase) das sementes armazenadas em diferentes condições revelaram alterações e encontram-se na Figura 24.

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” (SCANDALIOS, 1993; SMITH et al., 1985; FERREIRA et al., 2007). Em sementes de diferentes espécies são observadas reduções progressivas das enzimas catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) durante o armazenamento (GOEL; SHEORAN, 2003 em sementes de algodão; BAILLY et al., 1996 em sementes de girassol; SUNG; CHIU, 1995 em sementes de soja).

Nesta pesquisa, os resultados da atividade da enzima SOD nas sementes de girassol caracterizam o processo deteriorativo, com diminuição da sua atividade ao longo do armazenamento. Para a enzima superóxido dismutase, foram observadas mudanças na isoforma para a cultivar Olisun-3 quando as sementes acondicionadas em embalagens de papel e mantidas em condições de temperaturas de 10°C no terceiro mês de armazenamento.

Enzima SOD (Superóxido Dismutase):



Legenda - 1-30°C Papel; 2-25°C Papel; 3-10°C Papel; 4-30°C Vácuo; 5-25°C Vácuo; 6-10°C Vácuo.

Figura 31 Atividade enzimática da SOD (Superóxido Dismutase) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

Abreu (2010) constatou para os híbridos Héilo 250 e Héilo 251 um decréscimo da enzima SOD a partir de quatro meses de armazenamento e com 8 e 12 meses não foi constatada a atividade da enzima superóxido dismutase. McDonald, (1999) relata que a enzima superóxido dismutase (SOD), encontrada no citoplasma celular e matriz mitocondrial, consistem num grupo de metaloenzima capaz de catalisar a formação de peróxido de hidrogênio a partir de radicais superóxidos, eliminando-os e livrando a célula do processo oxidativo, sendo um eficiente mecanismo de desintoxicação, atuando na remoção desses radicais livres.

A atividade da SOD para a cultivar Aguará-4 foi maior nas sementes acondicionadas em embalagem de papel nas diferentes temperaturas no sexto mês de armazenamento. Bailly et al. (1996) constataram que a perda da

viabilidade de sementes de girassol com alto teor de óleo, está associada ao decréscimo na atividade da SOD devido ao envelhecimento da semente estimular a peroxidação de lipídios e a redução da atividade de enzimas removedoras de peróxido como a peroxidase e a SOD.

A esterase é uma enzima que participa da hidrólise de ésteres de membrana. Esse fato demonstra maior peroxidação de lipídios, uma vez que essa enzima está envolvida em reações de hidrólise de ésteres, estando diretamente ligada ao metabolismo de lipídios como os fosfolipídios totais de membrana. Muitos desses lipídios são constituintes de membranas, cuja degradação aumenta com a desorganização do sistema de membranas (SANTOS; MENEZES; VILELA, 2004).

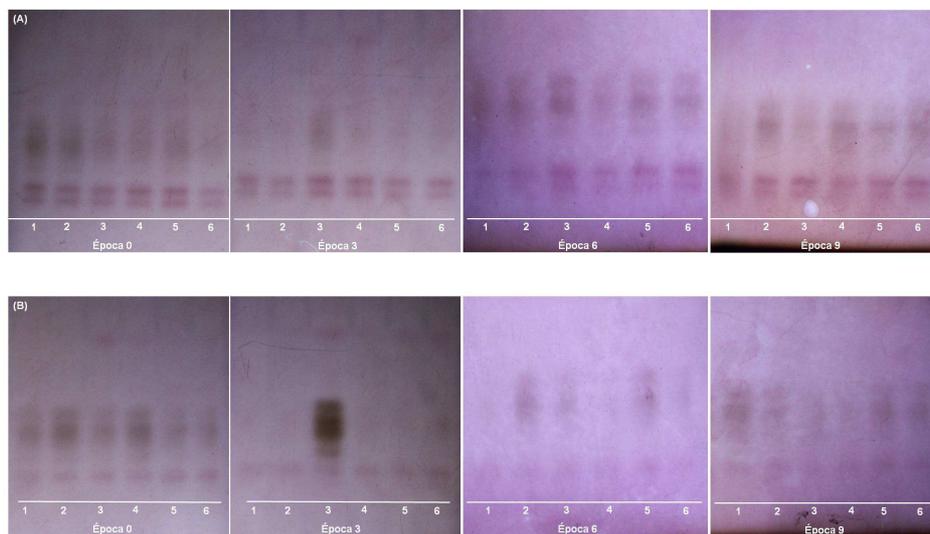
A perda do controle sobre a compartimentalização intracelular e alterações na concentração de metabólitos, resulta na perda de lipídios de membrana (LIN, 1990) contribuindo para o progresso da deterioração e aumentando assim a atividade dessa enzima. Aung e McDonald (1995) verificaram diminuição da atividade da enzima esterase ao longo do armazenamento em sementes de amendoim, com o aumento do período de envelhecimento.

Os perfis isoenzimáticos observados na atividade da enzima esterase das sementes armazenadas em diferentes condições encontram-se na Figura 32.

A atividade da enzima esterase apresenta comportamentos distintos para as cultivares na época zero (inicial), e foi possível observar uma maior atividade nas sementes da cultivar Aguará-4. Em sementes que apresentam baixa qualidade no início do armazenamento, normalmente a atividade da esterase é mais intensa (SANTOS et al., 2005), o que não foi constatada neste estudo, como pode ser observado nos valores obtidos nas análises fisiológicas da época 0 (zero).

Observa-se para ambas as cultivares uma redução da atividade da enzima com três meses de armazenamento. No sexto mês de armazenamento, para a cultivar Aguará-4, as sementes acondicionadas em embalagens de papel a temperatura de 10°C e sementes embaladas a vácuo nas condições de temperaturas de 25 e 10°C apresentaram incrementos na atividade da enzima. Estes resultados são coincidentes com os obtidos nos testes de germinação, emergência e IVE, onde foram obtidos os maiores valores de qualidade fisiológica. Nota-se que a cultivar Olisun-3 não apresenta diferenças significativas, exceto para as sementes mantidas a 30°C embaladas a vácuo e papel que praticamente não foi detectada a atividade da esterase. Para a condição de embalagem de papel a 30°C não foi verificado presença de viabilidade pelos testes de germinação, emergência e IVE. Por outro lado Chauhan; Gopinathan; Basu (1985) em trabalho com sementes de soja e cevada, observou que os padrões de bandas de esterase não estavam uniformemente presentes ao longo do envelhecimento acelerado e que o número de bandas aumentou com o tempo de envelhecimento.

## Enzima ESTERASE:

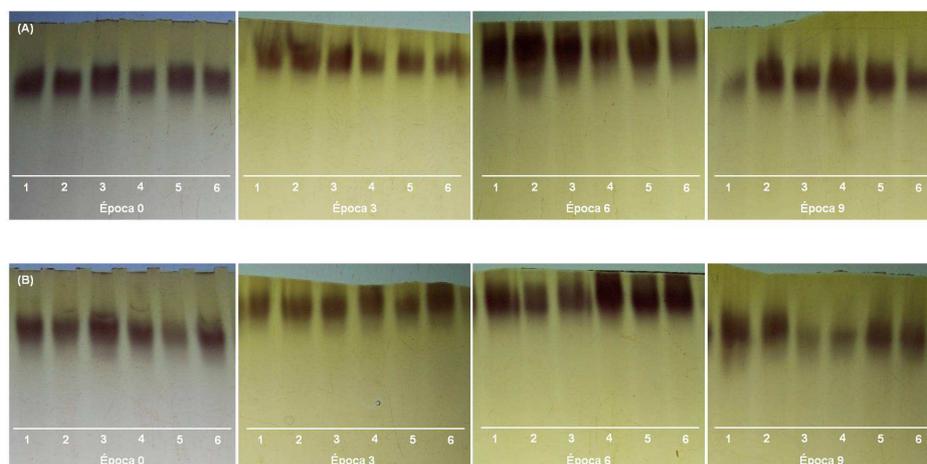


Legenda - 1-30°C Papel; 2-25°C Papel; 3-10°C Papel; 4-30°C Vácuo; 5-25°C Vácuo; 6-10°C Vácuo.

Figura 32 Atividade enzimática da ESTERASE (EST) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

Os perfis isoenzimáticos observados na atividade da enzima fosfatase ácida das sementes armazenadas em diferentes condições encontram-se na Figura 33.

### Enzima FOSFATASE ÁCIDA:



Legenda - 1-30°C Papel; 2-25°C Papel; 3-10°C Papel; 4-30°C Vácuo; 5-25°C Vácuo; 6-10°C Vácuo

Figura 33 Atividade enzimática da FOSFATASE ÁCIDA em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

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). 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. Além disso, o aumento da atividade desta enzima em sementes oleaginosas pode estar associada ao aumento da peroxidação de lipídios (CARVALHO; VIEIRA, 1999).

O aumento na atividade da fosfatase ácida nas sementes de girassol, de ambas as cultivares foi observado no sexto mês de armazenamento para todas as condições. Observa-se comportamentos distintos para as cultivares referente às

embalagens independente das temperaturas de armazenamento na época de seis meses, onde foi possível detectar para a cultivar Aguará-4 quando as sementes acondicionadas em embalagem de papel apresentaram incremento na atividade da enzima ACP, no entanto para a cultivar Olisun-3 ocorreu a redução da enzima, sendo verificado incremento da fosfatase ácida nas sementes embaladas a vácuo. A presença de *Fusarium* sp e *Alternaria alternata* nas sementes da cultivar Olisun-3, aos seis meses de armazenamento, foi superior. 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 (SPINOLA; CICERO; MELO, 2000).

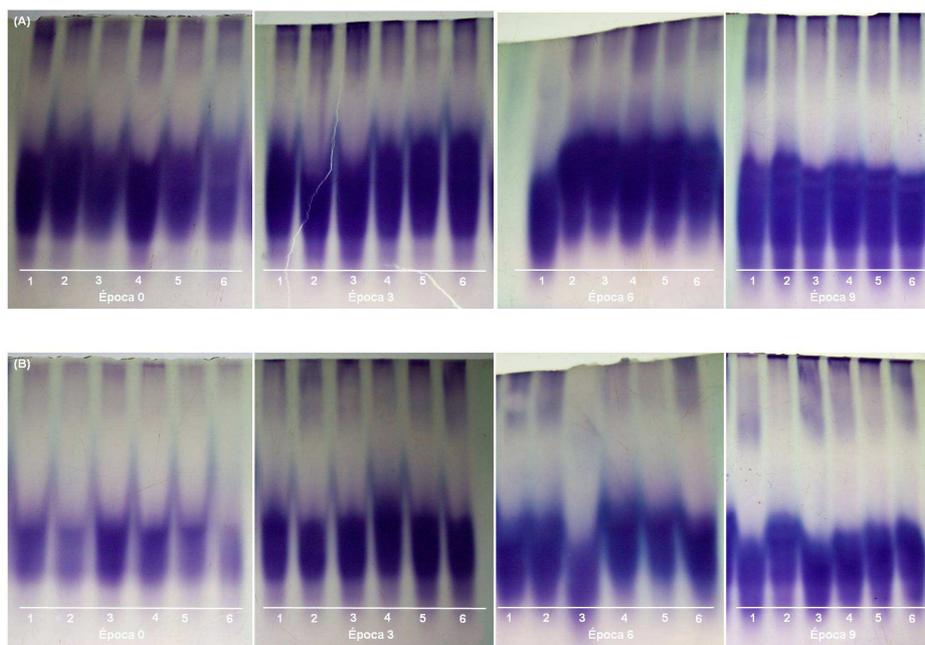
A enzima malato desidrogenase catalisa a conversão de malato à oxalacetato, de atividade respiratória aeróbica e fundamental no ciclo de Krebs, participando do movimento do malato através da mitocôndria e de outros compartimentos celulares (SPINOLA et al., 2000). Além de atuar como indicadores do processo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

Os perfis isoenzimáticos observados na atividade da enzima malato desidrogenase das sementes armazenadas em diferentes condições encontram-se na Figura 34.

Devido à enzima malato desidrogenase ser de fundamental importância no processo respiratório celular, o aumento da sua atividade nas condições de armazenamento pode ser observado com maior intensidade na cultivar Olisun-3 da época inicial até o terceiro mês. Para Scandális (1974), a MDH é encontrada em associação a uma grande quantidade de organelas o que pode conferir uma estabilidade na atividade dessa enzima no decorrer do armazenamento como observado ao longo do armazenamento das sementes de girassol.

Da mesma forma Abreu (2010), trabalhando com sementes de girassol não detectou variações na atividade da enzima MDH, para os híbridos Hélio 201 e Hélio 251, que pudessem estar associados à redução na qualidade fisiológica das sementes. Camargo; Carvalho, (2008); Goodman; Stuber, (1987) relatam que a enzima MDH é codificada por cinco locos e encontra-se compartimentalizada em pequenas organelas mitocondriais e no citosol. Tal característica talvez configure uma das dificuldades no uso da MDH como marcador seguro de alterações deteriorativas em sementes.

Enzima Malato Desidrogenase (MDH):



Legenda - 1-30°C Papel; 2-25°C Papel; 3-10°C Papel; 4-30°C Vácuo; 5-25°C Vácuo; 6-10°C Vácuo.

Figura 34 Atividade enzimática da Malato Desidrogenase (MDH) em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

Os perfis isoenzimáticos observados na atividade da enzima isocitrato-liase das sementes armazenadas em diferentes condições encontram-se na Figura 35.

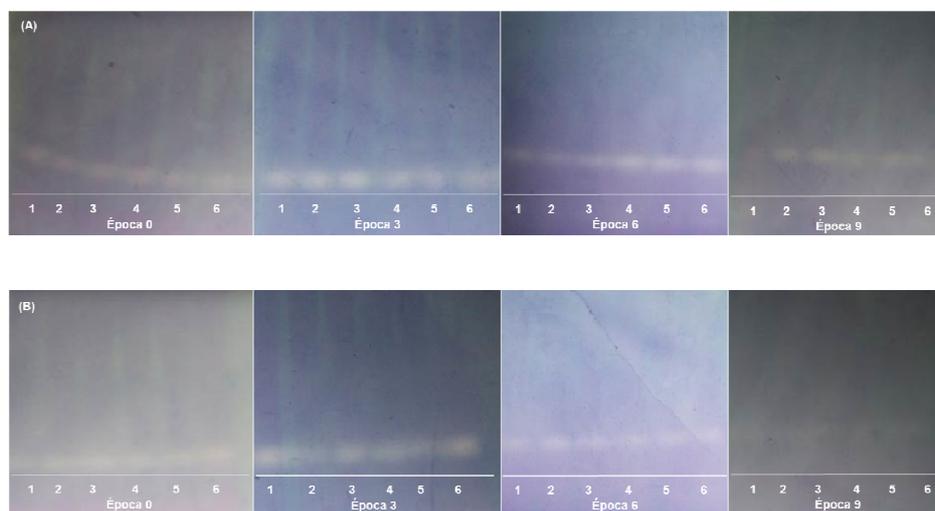
A enzima isocitrato-liase é enzima chave na regulação do ciclo do glioxilato e envolvidas no metabolismo de lipídios armazenados nas sementes oleaginosas, e no desenvolvimento das atividades no glioxissomos (BEWLEY; BLACK, 1994). A atividade dessa enzima aumenta durante a germinação das sementes, obtendo-se valores máximos quando ocorre o máximo da proporção de lipídios degradados e na síntese de sacarose. Neste ciclo, os lipídios insolúveis das sementes se transformam em açúcares solúveis (sacarose), os quais são facilmente deslocados para os meristemas radiculares e apicais e é sintetizada “de novo” após o início do processo germinativo (CIONI; PINZAUTI; VANNI, 1981).

A atividade da enzima isocitrato-liase apresenta comportamento semelhante para as cultivares na época zero, inicial da pesquisa. Observa-se que até o nono mês não existem alterações nas atividades dessa enzima. A partir daí ocorre alteração com diminuição da atividade nas sementes armazenadas a 30°C. Costa, (1986) estudando a atividade da enzima isocitrato-liase em cultivares de soja, verificou que os valores da atividade da isocitrato-liase se apresentaram maiores na variedade Doko quando comparados com os valores obtidos na cultivar CAC-1.

A atividade da isocitrato- liase, segundo Martins et al. (2000), aumenta durante a germinação das sementes, obtendo-se valores máximos quando ocorre o máximo de lipídios degradados que são convertidos em sacarose. A enzima é estável em sementes de soja, participando do ciclo do glioxilato e auxiliando o processo de germinação das sementes, respondendo às condições de estresse de frio e de envelhecimento acelerado, através do aumento da atividade enzimática (MARTINS et al., 2000). Estudos revelam uma maior atividade da enzima

isocitrato-liase em sementes no início do processo de germinação (TESTER, 1976; POLANOWSKI e OBENDORF, 1991). As determinações da atividade da isocitrato-liase sobre o isocitrato de sódio, em cotilédones de sementes de soja, das cultivares CAC-1 e Doko, durante a germinação foi verificada por Martins et al.(2000), quando detectaram a ocorrência do aumento da atividade enzimática a partir do 2º dia de germinação.

#### Enzima ISOCITRATO-LIASE:



Legenda: **1**-30°C Papel; **2**-25°C Papel; **3**-10°C Papel; **4**-30°C Vácuo; **5**-25°C Vácuo; **6**-10°C Vácuo.

Figura 35 Atividade enzimática da ISOCITRATO-LIASE em sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (A) e Olisun-3 (B), sob diferentes condições de armazenamento. Lavras, UFLA, 2013

## 5 CONCLUSÕES

- A resposta ao armazenamento de sementes de girassol convencional ou alto oleico nas diferentes condições de temperatura varia em função da embalagem utilizada.
- O armazenamento a temperatura de 10°C é mais eficiente na conservação da qualidade das sementes de girassol e, nessa temperatura, o armazenamento em embalagem de papel é o mais adequado.
- A conservação das sementes de girassol quando em armazenamento convencional a 25 e 30°C é mais eficiente em embalagem plástica a vácuo.
- Independente das condições de armazenamento a incidência de fungos de campo, *Alternaria alternata* e *Fusarium* sp., são favorecidas no armazenamento, principalmente em temperatura de 10°C em embalagens de papel e vácuo para ambas as cultivares.
- Alteração na qualidade fisiológica de sementes de girassol em diferentes condições de armazenamento são detectadas pela análise dos sistemas enzimáticos de álcool desidrogenase, catalase, superóxido dismutase, esterase e fosfatase ácida, o que não ocorreu para as enzimas malato desidrogenase e isocitrato liase.

## REFERÊNCIAS

- ABOISSA Óleos vegetais. Óleo de girassol alto oleico. **Especificações**. Disponível em:<[http://www.aboissa.com.br/produtos/view/724/oleo\\_de\\_girassol\\_alto\\_oleico](http://www.aboissa.com.br/produtos/view/724/oleo_de_girassol_alto_oleico)>. Acesso em: 14 jul. 20113.
- ABREU, L. A. de S. **Sistemas de armazenamento e aplicabilidade do teste de condutividade elétrica em sementes de girassol**. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG: UFLA, 2010.
- ABREU, L. A. de S.; CARVALHO, M. L. M. de; PINTO, C. A. G.;KATOAKA, V. Y. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas.
- 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.
- ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins**: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa, MG: UFV, 1998. 574p.
- ALLEN, S. J.; BROWN, J. F. The infection process sporulation and survival of *Alternaria helianthi* on sunflower. **Annals of Applied Biology**, London, v.102, n.3, p.413-419, 1983.
- ALSCHER, R. G; ERTURK, N; HEALTH, LS. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental Botany**, Lancaster, v.53, n. 372, p.1331-1341, 2002.

ALVES, F. V. **Composição química e qualidade fisiológica de sementes de girassol de plantas submetidas á competição intraespecífica**. Originalmente apresentada com dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2010.

ATLANTICA SEMENTES. Inovações em sementes híbridas. **Girassol Olisun-3**: alto oleico. Disponível em:< <http://www.atlanticasementes.com.br>>. Acesso em: 14 jul. 2013.

AUNG, U. T.; MCDONALD, M. B. Changes in esterase activity associated with peanut (*Arachis hipogaea* L.) seed deterioration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, n. 1, p. 101-111, 1995.

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

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; CORBINEAU, F.; COME, D. 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.

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

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

BASRA, A. S. Seed Quality: basic mechanisms and Agricultura implications. **Food Products Press**, 1994. 389p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Plenum Press, 1986. 367 p.

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

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

BRANDÃO JUNIOR, 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**. Originalmente apresentada com Dissertação de Mestrado, universidade Federal de Lavras. Lavras: UFLA, 1996. 82p.

BRANDÃO JÚNIOR., D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNARDINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. G. G. C. 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, 398 p., 2009.

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

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

CAMARGO, R. **Armazenamento de sementes de milho doce**. Originalmente apresentada como tese de doutorado Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG: UFLA, 88p. 2003.

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

CANEPPELE, M. A. B.; SILVA, R. F.; ALVARENGA, E. M.; CARDOSO, A. C. Influência da embalagem, do ambiente e do período de armazenamento na qualidade de sementes de cebola (*Allium cepa*). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.2, p.249-257, 1995.

CAPPELARO, C. et al. Qualidade de sementes de feijão armazenadas em embalagens plásticas resistentes a troca de umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília: Abrates, v.15, n.2, p.233-239, 1993.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Girassol derivados proteicos**. Londrina: EMBRAPA/CNPSO, 1994. 27p. (Documentos, 74).

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Produtos proteicos do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, cap.4, p. 51-68.

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

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B. – **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Londrina, PR: EMBRAPA, 2007. (Comunicado técnico, 78).

CARVALHO, M. L. M. de; VON PINHO, E. V. de R. **Armazenamento de sementes** - Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 67 p. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Produção e Tecnologia de Sementes.

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, 2006.

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

CARVALHO, M. L. M.; VON PINHO, E. V. R. **Armazenamento de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 67p.

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

CASTIGLIONI, V., B., R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. Fases de desenvolvimento da planta de girassol. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1994. 24p. (Documentos, 58).

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

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.; BASU, C. R. Electrophoretic variation of protein and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 13, v. 3, p. 629-641, 1985.

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

CIONI, M.; PINZAUTI, G.; VANNI, P. Comparative biochemistry of the glyoxylate cycle. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v.70, n.1, p.1-26, 1981.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB.

**Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, oitavo levantamento, maio de 2013. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_05\\_09\\_11\\_56\\_07\\_boletim\\_2\\_mai\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_09_11_56_07_boletim_2_mai_2013.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2013.

CONNOR, D. J.; HALL, A. J. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. (Ed.) **Sunflower technology and production**. ASA, CSSA, SSSA. Madison. Wisconsin. USA, p.113-182, 1997.

CONNOR, D.J.; SANDRAS. V.O. Physiology of yield expression in sunflower. **Field Crop Research**, .v.30, p..333-389, 1992.

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

CORLETTI, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**. v.29, n.2, p.148-158, 2005.

COSTA, A. F. S. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), produzidas em cinco localidades de Estado de Minas Gerais**. Originalmente apresentada como Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Viçosa. Viçosa: UFV, 1986.

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

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, p.427-452, 1973.

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

DHINGRA, O. D. Prejuízos causados por microrganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília: ABRATES, 1985, v.7, n.1, p.139-145.

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, n. 1, p. 31-42, 1996.

DIAZ, T. G.; MERÁS, T. D.; CABANILLAS, A. G.; FRANCO, M. F. A. Voltammetric behavior and determination of tocopherols with least squares calibration: analysis in vegetable oil samples. **Analytica Chimica Acta**, 2004, v. 511, p. 231-238.

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

EATON, J. W. Catalases and peroxidases and glutathione and hydrogen peroxide: mysteries of bestiary. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, Saint Paul, v.118, n.1, p.2-4, 1991.

ELLIS, R. H. Seed storage in national centers. In: IRRI (Manila, Filipinas). **Rice germplasm collecting, preservation, use**. Manila, 1991. p. 81-85.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. B. **Germinação: do básico ao aplicado**. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, MG: UFLA, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 29, n 2, p.80-89, 2007.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; PAULA, R.C.; PANOBIANCO, M. 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, 2006.

FESSEL, S.A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, v.69, n.1, p.207-214, 2010.

FONSECA, E. A.; VÁZQUEZ, A. La planta de girasol. In: FONSECA, E. A. (Coord.). **Produccion de girasol**. Buenos Aires: Asociacion Argentina de consórcios regionales de experimentacion agrícola, p.17-22, 1994. (Cuadernos de Atualizacion Técnica, 40).

FREITAS, M. N.; SANTANA, D. G.; CAMARGO, R. de. Conservação de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* Mart.) por armazenamento a vácuo. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.4, p.142-148, 2011.

FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; OLIVEIRA, M. G. A. 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.

FRIDOVICH, I. Biological effects of the superoxide radical. **Archives Biochemistry and Biophysics**, San Diego, v. 147, n. 1, p. 1-11, May 1986.

GIDROL, X.; NOUBHANI, A.; PRADET, A. Biochemical changes induced by accelerated aging in sunflower seeds. II. RNA populations and proteins synthesis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, 1990, v.80, p.598-604.

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, D. P. et al. Sanidade de sementes de girassol provenientes de três municípios do estado do maranhão. **Caatinga**, v.21, n.1, p.55-63, 2008.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS R. L.S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Cien Tecnol Aliment**, v. 25, p.825-827, 2005.

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

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

GRISI, P. U.; SANTOS, C. M. dos; FERNANDES, J. J.; SÁ JÚNIOR, A. de. Qualidade das sementes de girassol tratadas com inseticidas e fungicidas. **Bioscience Journal**., Uberlândia, 2009, v.25, n.4, p.28-36.

GROMPONE, M. A. **Sunflower oil**. 2005. Disponível em:  
GROSVENOR, M. B.; SMOLIN, L. A. **Nutricion: from science to life**, Harcourt College Publishers. EUA, 2002, p. 137-171.

GUINAZI, M. **Tocoferóis e tocotrienóis em hortaliças, ovos e óleos vegetais utilizados em restaurante comerciais**. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, UFV, 2004. 108p.

GUINAZI, M.; MILAGRES, R. C. R. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; CHAVES, J. B. P. Tocoferóis e tocotrienóis em óleos vegetais e ovos, **Química Nova**, v.32, n.8, p 2098, 2009.

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

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

HARRINGTON, J. Drying, storage and packaging: present status and future needs. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1971. Mississippi State, **Proceedings...** Mississippi State, v.14, p.133-139, 1971.

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

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

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

HENSLEY, K.; BENAKSAS, E.J.; BOLLI, R.; COMP, P.; GRAMMAS, P.; HAMDHEYDARI, L.; MOU, S.; PYE, Q.N.; STODDARD, M.F.; WALLIS, G.; WILLIAMSON, K. S.; WEST, M.; HOSSEL, C. et al. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, UNESP, v.25, n.1, 2013.

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

IQBAL, N.; BASRA, S. M. A.; KHALIL-UR-REHMAN. Evaluation of Vigour and Oil Quality in Cottonseed during Accelerated Ageing. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v.4, n.3, p. 318-322, 2002.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1993. 777p.

JULIATTI, F. C. Avanços no tratamento químico de sementes. Informativo Abrates, v.20, n.3, p.54-55, 2010.

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

KARLESKIND, A. **Oils and fats manual: a comprehensive treatise – properties, production and applications**. Londres, v. 1, p.118-124 e p.134-139, 1996.

KELLNER, R. et al. **Analytical Chemistry: A Modern Approach to Analytical Science**, WILEY-VCH, 2. ed., 2004.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995, 839p.

LEITE, R. M. V. B. de C. Manejo de doenças de girassol. In: LEITE, R. M. V. de C.; BRIGUENTI, A. M.; CASTRO, C. de. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2005. p.501-546.

LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGUENTI, A. M.; CASTRO, C. de. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2005. p. 613.

LEITE, R. M. V. B. de C.; CASTRO, C.; BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, P. O.; LIRA, L. M.; LOPES, K. P.; BARBOSA, R. C. A. Armazenamento de sementes de maracujá-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 5 n. 5, p. 102-109, 2010.

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.

LUZ, D. A. da. **Estudo da degradação da vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol) durante as etapas do refino do óleo de babaçu ( *Orbignya phaleta*, Mart.): validação de um método**. Originalmente apresentada com Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PR. 2011.

MACEDO, E.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, DF, v. 20, nº 2, p. 454-461, jun. 1998.

MACHADO, A. C. do C. C. R. **Implementação de um método para a determinação de hidrocarbonetos alifáticos saturados em óleo de girassol por cromatografia gasosa**. Originalmente apresentada como Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2011.

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

MAHMOOD, A N.; FURGALA, B. Effect of polination by insects on seed oil percentage of oilseed sunflower. **American Bee Journal**, v.123, n.9, p. 663-667,1983.

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

MARÇALLO, F. A. **Armazenamento de sementes de milho em atmosfera modificada com dióxido de carbono**. Originalmente apresentada com tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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

MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Ácidos graxos *trans*: implicações nutricionais e fontes de dieta. **Revista Nutrição**, Campinas. V.17, n.3, p.351-359, 2004.

MARTINS, C. A. O. ; SEDIYAMA, C. S.; OLIVEIRA, M. G. de A; CHAMEL JOSÉ, I. MOREIRA, M. A.; REIS, M. S. ; ROCHA, V. S. Atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p.42-46, 2000.

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

MELDAN, D. Vitamina E. Disponível em:  
< <http://www.infoescola.com/bioquimica/vitamina-e/>. Acesso em: 01 nov. 2013.

MORAES, S. A.; UNGARO, M. R. G.; MENDES, B. M. J. **Alternaria helianthi agente causal de doença em girassol**. Campinas: Cargill, 1983. 20p.

MORENO-MARTINEZ, E.; VAZQUEZ-BALBINO, M. E.; NAVARRETE, R.; RAMIREZ-GONZALEZ, J. Effect of fungi and chemical treatment on viability of mayze and barley seeds with different storage characteristics. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.22, n.3, p.541-549, 1994.

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

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

NKANG, A.; OMOKARO, D.; EGBE, A. Effects of desiccation on the lipid peroxidation and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in seeds of *Telfairia occidentalis*. **Seed Science.**

NOGALA- KALUKA, M. et al. Changes in antioxidant activit and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherol in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. **food. Chemistry**, 2005, v. 93. p. 227-233.

O'BRIEN, R. D. **Fat and oils: formulating and processing of applications.** 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2009, 744 p.

OLIVEIRA, A. R. S.; NOVENBRE, A. D. L. C. Teste de condutividade elétrica para as sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 27, n. 1, p. 31-36, 2005.

OLIVEIRA, F. N. de; TORRES, S. B.; VIEIRA, F. E. R.; PAIVA, E. P. de; DUTRA, A. S. Qualidade fisiológica de sementes de girassol avaliadas por condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.3, p.279-287, 2013.

OLIVEIRA, L. M. **Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetigionosa* (Martius Ex A. P. de Candolle Standley) envelhecidas natural e artificialmente.** Originalmente apresentada como Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG: UFLA, 2004.

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

PEPSICO. **Pepsico reconhece trabalhos de fornecedores agrícolas**. 2010.

Disponível em:

<[http://www.pepsico.com.br/downloads/pdfs/premiacao\\_fornecedores\\_13122010.pdf](http://www.pepsico.com.br/downloads/pdfs/premiacao_fornecedores_13122010.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2013.

PESKE, S.T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPEL, 2012.

POLANOWSKI, A. J.; OBENDORF, R. L. Soybean isocitrate lyase: purification, properties, immunoassays and N-Terminal sequence. **Plant Physiology and Biochemistry**, Cambridge, v.29, n.2, p.119-129, 1991.

PRIESTLEY, D.A.; WARNER, B.G.; LEOPOLD, L. The susceptibility of soybean seed lipids to artificially enhanced atmospheric condition. **Journal of Experimental Botany**, Lancaaster, n. 36, p. 1653–1659, 1986.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

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

REUZEAU, C.; CAVALIÉ, G. Changes in RNA and protein metabolism associated with alterations in the germination efficiency of sunflower seeds. **Annals of Botany**, v.80. p.131-137, 1997.

**Reviews in Food Science**, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

**Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.635-642, 2011.

REZK, B. M.; HAENEN, G. R. M.; VIJGH, W. J. F. Vander, BAST, A. The extraordinary antioxidant activity of vitamin E phosphate. **Biochimica et Biophysica Acta**, 2004, v. 1683, p. 16-21.

SALUSTIANO, M. E.; MACHADO, J. C.; PITTIS, J. E. Patogenicidade de *Alternaria helianthi* (Hansf.) e *Alternaria zinnia* (Pape) ao girassol a partir de sementes. **Revista Brasileira de Sementes, Pelotas**, v.26,n.1, 2005.

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, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.110-119, 2005.

SANTOS, H. O. **Conservação de sementes de mamona** (*Ricinus communis* L.. Originalmente apresentada com dissertação de mestrado-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SANTOS, J. F. dos; PEIXOTO, C. P.; ALMEIDA, J. A. de R.; RIBEIRO, L. de O.; BISPO, A. M. dos S.; .Qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p.910-915, 2011.

SANTOS, R. G. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (BAILL.) SMITH and DOWNS**. Originalmente apresentada como tese de doutorado. 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**, n. 101, v. 1, p. 7–12, 1993.

SEILER, G. J. Anatomy and morphology of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and technology**. Agronomy Monograph n. 35. Madison: ASA, CSSA, SSSA, cap. 3, p. 67-111, 1997.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. *Critical* .

SHATTERS, R. G.; ABDELGHANY, A.; ELBAGOURY, O.; WEST, S. H. 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, J. C.; ALBUQUERQUE, M. C.; MENDONÇA, E. A. F.; KIM, M. E. Desempenho de sementes de algodão após o processamento e armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79-85, 2006.

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, 2007.

SILVA, S. D; ROSA, N. F; FERREIRA, A. E; BOAS, L.V; BRONZE, M. R. Rapid Determination of  $\alpha$ -Tocopherol in Vegetable Oils by Fourier Transform Infrared Spectroscopy, **Food Analysis Methods**,v. 2, n.120, 2009.

SKINNER, J.A. Abundance and spatial distribution of bees visiting male sterile and male-fertile.

SMITH, P.K., KRHON, R.I., HERMASON, G.T., MALLIA, A.K., GARDNER, F.H., PROVENZANO, M.D., FUJIMOTO, E.K., GOEKE, N.M., OLSON, B.J., KLENK, D.C. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, New York, v.150, p.76-85, 1985.

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.

STEWART, R. R. C.; BEWLEY, J. D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 65, n. 2, p. 245-248, 1980.

SUNG, J. M. Lipid peroxidation and peroxide scavenging in soybean seeds during ageing. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 85-89, 1996.

SUNG, J. M.; CHIU, C. C. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes of naturally aged soybean seed. **Plant Science**, Clare, v. 110, n. 1, p.45-52, 1995.

SYNGENTA. **Projeto girassol**. 2010 Disponível em:<[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Oleaginosa\\_s\\_e\\_biodiesel/12RO/App\\_Girassol.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Oleaginosa_s_e_biodiesel/12RO/App_Girassol.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2013.

TALAMINI, V. et al. **Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol introduzidas para cultivo em Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 19p. 2012 (Boletim de Pesquisa, 67). Disponível em:< [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/bp\\_67.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/bp_67.pdf)>. Acesso em: 18 jul.2013.

TELLES, M. M. C. **Caracterização dos grãos, torta e óleo de três variedades de girassol (*Helianthus annuus* L.) e estabilidade química do óleo**. Originalmente apresentada como Dissertação de Mestrado em Ciências dos alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

TESTER, C. F. Control of the formation of isocitrate lyase in soybean cotyledons. **Plant Science Letters**, Amsterdam, v.6, n.2, p.325- 333, 1976.

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

TUNES, L. M.; BADINELLI, P. G.; BARROS, A. C. S. A.; MENEGHELLO, G. E.; AMARANTE, L. Influência dos diferentes períodos de colheita na expressão de isoenzimas em sementes de cevada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.2, p. 178-184, 2011.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T.; GONÇALVES, D. N.; BESSA, J. V.; KESTER, A.I N. Influência de diferentes condições de armazenamento no teor de água das sementes de girassol In: CONGRESSO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO do IF Goiano, 3. **Anais....** Rio Verde – GO, 2012b.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T.; SMANIOTTO, T. .A. S.; SOUSA, K. A. de, G. D. N. Qualidade fisiológica das sementes de girassol em diferentes condições de armazenamento. CONGRESSO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 1. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E WORK SHOP DA PÓS-GRADUAÇÃO do IF Goiano, 3. **Resumos....** Rio Verde – GO, 2012a.

UNGARO, M. R. G. **Instrução para a cultura do girassol**. Instituto Agrônomo de Campinas, 1986, 26p. (Boletim técnico, n. 105).

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.)**. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA, 1996.

VIEIRA, M. G. G. C.; VON PINHO, E. V. R.; SALGADO, K. C. P. Técnicas moleculares em sementes, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.232, p.88-96, 2006.

VIEIRA, R. D. Influência do ambiente na qualidade de sementes. In: SEMINÁRIO PAN AMERICANO DE SEMILLAS, 19., 2004, Asunción-Paraguay.. **Conferencias y resúmenes de trabajos presentados**. Asunción-Paraguay: Federación Latinoamericana de Asociaciones de Semilistas. Asociación de Productores de Semillas del Paraguay, 2004. p.93-99.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, set. 2002.

VRÂNCEANU, A.V. **El girassol**. Madri: Mundi Prensa, 1997. 375p.

WECHTER, W. J.; FLOYD, R. A. New perspectives on vitamin E:  $\gamma$ -tocopherol and carboxyethylhydroxychroman metabolites in biology and medicine. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 36, p. 1-15, 2004.

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

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

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

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

ZIMMERMAN, D.C.; ZIMMER, D.E. Influence of harvest date and freezing on sunflower seed germination. **Crop Science**, Madison, v.18, p.479-481, 1978.

ZORATO, M. F.; PESKE, S. T.; TAKEDA, C., FRANÇA NETO, J. B. Sementes esverdeadas em soja: testes alternativos para determinar a sua qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.1-10, 2007.

**CAPÍTULO 2**

**ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS NO PROCESSO DE  
DETERIORAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL NO  
ARMAZENAMENTO**

## RESUMO

A deterioração é um dos grandes problemas do armazenamento de sementes, principalmente das oleaginosas. Os lipídios contidos nas sementes de girassol podem deteriorar ao longo do armazenamento comprometendo a qualidade fisiológica das sementes, sendo que a principal reação de decomposição dos lipídios contidos nas sementes é a oxidação. Assim, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de investigar o efeito de diferentes embalagens e ambientes de armazenamento sobre a quantidade e qualidade dos componentes químicos de sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (oleoso convencional) e Olisun-3 (oleoso alto oleico) durante nove meses em relação às possíveis alterações ocorridas com o processo de deterioração. Foram utilizadas sementes de girassol de dois híbridos com diferentes características de óleo, AGUARÁ-4 (híbrido simples, 45-50% de óleo do tipo não oleico) e OLISUN-3 (híbrido triplo, 45-40% de óleo tipo oleico), produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas, e testados dois tipos de embalagens: papel Kraft e plástico a vácuo. As sementes foram armazenadas em câmara fria 10°C e em armazém convencional a 25 e 30°C por nove meses. Foi avaliada a composição centesimal das sementes pelas determinações: teores de lipídios, proteínas, carboidratos, fibras e cinzas, além da composição e quantificação de ácidos graxos. Verificou-se a atividade de antioxidantes presentes naturalmente nas sementes oleaginosas pelas determinações dos  $\gamma$ ,  $\alpha$  tocoferóis e vitamina E, além do índice de acidez do óleo. Verificou-se que a composição química é afetada nas diferentes condições de armazenamento das sementes de girassol, e que quantidade de ácidos graxos oleico não influencia na qualidade das sementes de girassol no armazenamento. As quantidades de ácidos graxos monoinsaturados para a cultivar Aguará-4 e polinsaturados para a cultivar Olisun-3 são mantidas durante o armazenamento em todas as condições. A proporção de ácidos graxos é alterada pelos efeitos das embalagens e temperaturas ao longo do armazenamento das sementes para a cultivar Aguará. A atividade antioxidante dos  $\gamma$  e  $\alpha$  tocoferóis é acentuada para a manutenção da qualidade das sementes de girassol durante o armazenamento nas diferentes condições. O índice de acidez do óleo de girassol é um eficiente parâmetro para avaliar a deterioração das sementes durante o armazenamento.

Palavras-chaves: *Helianthus annuus* L. Sementes. Armazenamento. Propriedades físico-químicas.

## ABSTRACT

The deterioration is a major problem with the storage of seeds, mainly oilseeds. The lipids contained in sunflower seeds may deteriorate during storage compromising seed quality, and the main decomposition reaction of the lipids contained in the seeds is oxidation. Thus, this study was carried out to investigate the effect of different packaging and storage environments on the quality and quantity of the chemical components of sunflower cultivars Aguará - 4 (conventional oil) and Olisun - 3 (high oleic oil) for nine months in relation to possible changes in the process of deterioration. Sunflower seed hybrids with two different characteristics of oil Aguará - 4 (simple hybrid, 45-50 % of non-oleic type) and OLISUN - 3 (triple hybrid, 45-40 % oleic oil type) were used, produced under the same environmental conditions, and tested two types of packing: Kraft paper and plastic vacuum. The seeds were stored in a cold chamber at 10 ° C and conventional storage at 25 and 30 ° C for nine months. Levels of lipids, proteins, carbohydrates, fiber and ash, besides the composition and quantification of fatty acids: the chemical composition of the seeds was evaluated by determinations. Found that the activity of antioxidants naturally present in the oilseeds determinations of  $\gamma$ ,  $\alpha$  tocopherol and vitamin E, plus the acid number of the oil. It was found that the chemical composition is affected in different storage conditions of sunflower seeds, and that amount of oleic fatty acids does not influence the quality of sunflower seeds in storage. The amounts of monounsaturated fatty acids to cultivate Aguará -4 and polyunsaturated to cultivate Olisun - 3 are maintained during storage in all conditions. The proportion of fatty acids is altered by the effects of packaging and temperature during storage of seeds for cultivation Aguará. The antioxidant activity of  $\gamma$  and  $\alpha$  tocopherol is accentuated to maintain quality of sunflower seeds during storage under different conditions. The acid sunflower oil is an effective parameter for evaluating the deterioration of the seed during storage.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Seeds. Storage. Physicochemical properties.

## 1 INTRODUÇÃO

A semente do girassol (*Helianthus annuus* L.) é, na verdade, o fruto, do tipo aquênio e pode ser de coloração branca, preta ou listrada, contendo de 38 a 60% de óleo na sua composição química. A semente propriamente dita é a amêndoa, geralmente, de coloração branca (VIEIRA, 2005). De tamanho variável, o peso de 1000 sementes dos aquênios encontra-se entre 30 a 60 gramas (CASTIGLIONI et al., 1994). A variabilidade nos teores de componentes químicos ocorre em função de diversos fatores; genéticos, e do ambiente de produção, como época de semeadura (THOMAZ et al., 2012), nutrição da planta, radiação solar, temperatura, umidade, incidência de pragas, posição da semente no capítulo (ALVES, 2012), umidade na colheita, secagem, beneficiamento e condições de armazenamento AGUIRREZÀBAK et al., 2003).

Segundo Zimmerman e Fick (1973), a composição de lipídeos varia com a posição da semente no capítulo de girassol, havendo ainda muita divergência entre os autores sobre a região do capítulo que produz sementes com maior quantidade de óleos. Os teores de lipídeos, proteínas e cinzas são maiores nas sementes do terço central, enquanto que as sementes do terço mediano apresentaram valores intermediários, e as sementes do terço periférico dos capítulos, apresentam maiores valores de umidade e carboidratos. (ALVES et al., 2012).

Munshi et al. (2003); Gupta, Sharma; Munshi (2009) sugerem que para a produção de grãos de girassol destinados à extração de óleo comestível para consumo humano, deve-se utilizar sementes com alto conteúdo de óleo e baixa concentração de carboidratos. No entanto para a produção de sementes, segundo esses autores, deve ser utilizada semente de maior tamanho e com maior quantidade de carboidrato para facilitar a germinação e sincronia da emergência.

Silveira et al. (2005) afirmam que sementes com alto teor de lipídios têm mais problemas de germinação, principalmente em temperaturas de solo mais amenas. Esse comportamento pode ser justificado pelo fato de que a via metabólica de catálise de lipídios é mais lenta e mais complexa do que a via dos carboidratos, envolvendo a transformação de lipídios em açúcares pela gliconeogênese.

O girassol apresenta, em média, na composição das suas sementes 4,8% de água, 47,5% de lipídios, 24% de proteína, 19,9% de carboidratos, e 4% de resíduo mineral. A sua composição mineral média ( $\text{mg}100\text{g}^{-1}$ ) é de 120 mg de cálcio, 837 mg de fósforo, 7,1 mg de ferro, 30 mg de sódio e 920 mg de potássio. Quanto aos teores de vitaminas, as sementes de girassol possuem quantidades apreciáveis de vitamina E em torno de 37,8 mg / 100g (SKRBIC e FILIPCEV, 2008), além de apresentar a vitamina A (50 UI), tiamina ( $1,96\text{mg}100\text{g}^{-1}$ ), riboflavina ( $0,23\text{mg}100\text{g}^{-1}$ ) e niacina ( $5,4\text{mg}100\text{g}^{-1}$ ). A energia contida na semente é da ordem de 560 calorias e, dos carboidratos totais,  $3,8\text{g}100\text{g}^{-1}$  são representados pela fibra bruta. (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1994).

Referente aos lipídios e proteínas, componentes químicos presentes em maiores quantidades, a pesquisa apresenta resultados divergentes com relação ao antagonismo entre as proporções existentes. Alguns trabalhos afirmam a existência de um antagonismo entre a síntese de lipídios e de proteínas em sementes de girassol. Tavoiljanskiy et al. (2004) afirmam a existência da correlação negativa entre os teores de lipídios e proteínas em sementes de girassol, já Radic et al. (2009) nega esse antagonismo. No estudo de Radic (2009) para detectar a correlação negativa entre proteínas e lipídios, bem com diferenças de teores nas sementes dos diferentes terços, não foi verificado antagonismo entre a composição química desses dois compostos nos terços do capítulo, porém existem diferenças nas reservas das sementes nos diferentes

terços, sendo que tanto proteínas como lipídios apresentam maiores teores no terço central.

Dois tipos de girassol são cultivados comercialmente: os cultivares com “baixos teores de óleo”, denominado “não oleosos”, e aqueles com “altos teores de óleo” ou “oleosos”. Os “não oleosos”, originário da América do Norte, caracterizado por plantas de maturação tardia, produzem sementes compridas, com listras, com teor de óleo menor que 30%, e são consumidas “in natura” na alimentação humana ou animal. Os “oleosos” de origem russa, tem ciclo de maturação precoce, sementes pequenas, de coloração preta, com mais de 40% de lipídios e são utilizadas para a obtenção de óleo. (MANDARINO, 2005)

A semente de girassol, “oleosa”, é classificada, de acordo com sua composição química, como oleaginosa, ou seja, é uma espécie de planta que produz semente rica em óleos (lipídios), com elevadas concentrações de ácidos graxos polinsaturados.

O rendimento de óleo do fruto ou semente inteira é de 48 a 52%. (FIRESTONE, 1999). Os lipídios contidos nas sementes de girassol são essencialmente constituídos por triacilgliceróis (98 a 99%), apresentando elevado teor de ácidos graxos insaturados (83%), reduzido teor de ácido linolênico (<0,2%) e alto teor de ácido linoleico. (TELLES, 2006).

A demanda brasileira por óleo de girassol, estimada em 35 a 45 toneladas, aumenta 13% ao ano. (EMBRAPA, 2010). Dados da CONAB (2013) mostram que o cultivo do girassol vem crescendo no Brasil nos últimos anos, e notadamente a utilização de cultivares alto oleico, com semeaduras em regiões mais quentes e com poucas referências do comportamento de suas sementes durante o armazenamento.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) denominado alto oleico, recentemente introduzido no Brasil se caracteriza por apresentar um perfil de ácidos graxos modificado pelo melhoramento genético convencional de produção de plantas

híbridas, que devido ao seu perfil lipídico, em média 88% na forma oleica, é considerado especial por produzir um óleo de excelente estabilidade, não oxidando com facilidade devido à baixa concentração de ácido linolênico (REDA; CARNEIRO, 2007) sendo, portanto considerado tendência a nível mundial, por propiciar a redução do teor da indesejável gordura “*trans*” nos alimentos processados (ATLÂNTICA SEMENTES, 2013).

Suas sementes se diferenciam das cultivares “oleosas” convencionais, com destaque para a quantificação de ácidos graxos moinsaturados, em média 80%, e caracterização físico-química do pericarpo. Com relação à composição centesimal do pericarpo, destacam-se as menores proporções de fibra bruta 25%, em comparação aos 29% dos híbridos convencionais, e teor de lignina de 22% em comparação aos 28%.

As variações nos perfis de ácidos graxos são altamente influenciadas por fatores genético e ambiental, como clima e conservação das sementes pós-colheita, o que justificou o aparecimento de cultivares de girassol com óleo modificado, alto oleico, de forma a aumentar a estabilidade oxidativa dos lipídios, reduzindo o conteúdo de ácidos graxos polinsaturados e aumentando os monoinsaturados, mantendo o baixo nível de ácidos graxos saturados e a riqueza da vitamina E (MACHADO, 2011).

A composição dos ácidos graxos de óleo de girassol convencional e alto oleico caracteriza-se por apresentar, em média, no convencional 07% de palmítico; 04% de esteárico; 70% de linoleico; 16% de oleico, em face ao alto oleico que apresenta 03% de palmítico; 05% de esteárico; 09% de linoleico; 83% de oleico. (KARLESKIND, 1996).

Os lipídios contidos nas sementes de girassol podem deteriorar ao longo do armazenamento comprometendo a qualidade fisiológica das sementes, sendo que a principal reação de decomposição dos lipídios contidos nas sementes é a oxidação. Entre os fatores que afetam ou catalisam a oxidação dos lipídios, os

mais importantes são a presença de ácidos graxos insaturados, temperatura, presença de luz, antioxidante, pró-oxidantes, microrganismos e condições de armazenamento.

A presença de antioxidantes naturais nos lipídios contidos nas sementes de girassol pode reduzir o efeito da oxidação e formação de radicais livres que promovem a deterioração de sementes (FRANKEL, 1996). Os antioxidantes são substâncias capazes de retardar a reação de oxidação e se encontram presentes naturalmente nos lipídios de sementes oleaginosas como o girassol e incluem os tocoferóis, proteínas, enzimas (CHEUNG, CHENG; OOI, 2003).

Os tocoferóis são substâncias com atividade antioxidante e de vitamina E, compostos ativos designados  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  tocoferol (REZK et al., 2004). O  $\alpha$ -tocoferol representa a maior parte da vitamina E exercendo maior atividade biológica. Os tocoferóis estão presentes em sementes de oleaginosas nos ácidos graxos polinsaturados na forma livre (DIAZ et al. 2004).

A vitamina E é composta por oito compostos químicos,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  tocoferol e  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  tocotrienóis (CARLUCCI et al., 2001) e cada uma dessas formas tem diferente potencial biológico. Sementes de girassol possuem quantidades apreciáveis de vitamina E, em média 37,8 mg/100g (SKRBIC; FILIPCEV, 2008).

De acordo com Zambiazze, (1999) o óleo de girassol possui em média teores de tocoferóis totais de 625,33 mg/kg, sendo 591, 24 mg/kg  $\alpha$ -tocoferol; 25,40 mg/kg  $\beta$  e  $\gamma$  tocoferóis e 8,68 mg/kg  $\delta$ -tocoferol.

A acidez é um parâmetro que compõe a qualidade físico-química do óleo contido nas sementes de girassol, principal componente de reserva, podendo estar relacionado com a qualidade das mesmas. O índice de acidez revela o estado de conservação dos lipídios. Portanto, esta característica, pode ser associada a melhor qualidade do óleo, determinando o comportamento das

sementes durante o armazenamento, relacionada à deterioração (MORETTO; FETT, 1998).

O aumento da acidez de sementes ricas em óleo quando armazenadas é causado por danos ou pelo envelhecimento natural das mesmas. 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, 2002), o que comprova a associação entre nível de deterioração nas sementes e aumento na acidez.

Quando comparadas com sementes de outras espécies oleaginosas, as de girassol são relativamente fáceis de serem armazenadas, pois têm uma baixa densidade. O peso hectolitro das sementes varia de 36,4 a 41,6kg hl, comparados com 77 kg hl do milho. O pequeno peso da semente de girassol facilita a escolha da estrutura física e embalagem para armazenagem. (CARTER, 1978).

Dentre os fatores que influem na conservação das sementes no armazenamento, com alterações na velocidade de perda da capacidade germinativa, destacam-se a qualidade inicial da semente; as características das espécies oleaginosas (genótipos e composição química); as condições do ambiente (umidade relativa e temperatura do ambiente, tipo de embalagem; microrganismos e insetos) durante o armazenamento.

Uma característica da semente de girassol, quando está armazenada, é a acidificação, que se processa de forma progressiva, sendo mais rápida quanto maior a umidade e a temperatura da semente, as condições ambientais do local, a quantidade de impurezas e sementes danificadas. (DIOS, 1984).

Objetivou-se com o presente trabalho investigar o efeito de diferentes embalagens e ambientes de armazenamento sobre a quantidade e qualidade dos componentes químicos de sementes de girassol das cultivares Aguará-4 (oleoso convencional) e Olisun-3 (oleoso alto oleico) durante nove meses em relação às possíveis alterações ocorridas com o processo de deterioração.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Determinação da composição centesimal

As pesquisas foram realizadas nos Laboratórios da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras, MG no período de março a dezembro de 2011. Foram utilizadas sementes de girassol da categoria C1 de dois híbridos com diferentes características de óleo, AGUARÁ-4 (híbrido simples, 45-50% de óleo do tipo não oleico) e OLISUN-3 (híbrido triplo, 45-40% de óleo tipo oleico), produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas pela empresa Atlântica Sementes, na safra 2010/2011. As sementes encontravam-se tratadas com inseticida organofosforado (Metalaxyl-M) na dosagem de 200g de Apron XL/100kg de sementes e com fungicida (Pirimifós-methyl) na dosagem de 5g de Actellic 500CE/100kg de sementes.

As sementes foram homogeneizadas e divididas em divisor centrífugo, e embaladas em dois tipos de embalagem: sacos de papel tipo Kraft multifoliado e embalagem de polietileno. (na embalagem plástica nas dimensões de 25cm X 15cm, com espessura de 0,12 $\mu$ ) as sementes foram conservadas no vácuo. O acondicionamento das sementes a vácuo foi realizado com auxílio de uma bomba de vácuo ajustada para fornecer uma pressão de  $\sim$ 0,1 atm.

O armazenamento das sementes foi realizado em câmaras climatizadas a 10°C, 25°C e 30°C, localizadas no Setor de Sementes da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

Inicialmente e a cada três meses (90 dias), por um período de nove meses (275 dias), a qualidade das sementes de girassol foi avaliada conforme metodologias descritas a seguir.

A determinação da composição química (umidade, lipídios, proteínas, fibra bruta, cinzas e carboidratos), foi realizada no laboratório de Produtos

Vegetais do Departamento de Ciências de Alimentos da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Para cada época, as sementes de cada tratamento foram moídas e divididas em subamostras (repetição do teste). Foram realizadas as determinações do grau de umidade, lipídios, proteínas, carboidratos, fibras e cinzas, conforme metodologias descritas a seguir:

**Grau de umidade:** foi realizada pelo método gravimétrico com emprego de calor, o qual baseia-se na determinação da perda de peso do material quando submetido ao aquecimento de 105°C até se obter o peso constante, conforme descrito pela Association of Official Analytical Chemists.(AOAC, 1995).

**Lipídios:** a determinação do extrato etéreo (lipídios) foi realizada pelo método gravimétrico utilizando solventes apolares em aparelho tipo Soxhlet. O método baseia-se na determinação do teor de extrato etéreo (lipídios ou gorduras) quando a amostra é submetida a banhos sucessivos com éter. Para cada tratamento foram pesadas 3 gramas das amostras secas e depositadas em cartuchos de papel de filtro. Os cartuchos foram colocados em balões de fundo chato, secos a 105°C com 200 mL de éter etílico. Os mesmos foram acoplados em aparelho do tipo Soxhlet para a extração contínua dos lipídios por um período de 8 horas. Finalizado o período de extração, os cartuchos foram removidos e o resíduo contendo o óleo levado para secagem a 105°C por um período de 1 hora e posteriormente resfriado em um dessecador de contendo sílica e submetidos a pesagem em balança de precisão. Os resultados foram expressos em porcentagem, conforme pela Association of Official Analytical Chemists. (AOAC, 1995).

**Proteínas:** após a determinação do extrato etéreo, as amostras desengorduradas foram separadas e pesadas na quantidade de 1 grama e transferidas para balões de Kejedahl, adicionando-se 25 mL de ácido sulfúrico e

6 gramas da mistura catalítica, composta de sulfato de cobre e sulfato de zinco. Os balões foram submetidos ao aquecimento e mantidos no bloco digestor na capela até que a solução, livre de material não digerido, se tornasse de coloração azul-esverdeada. 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, quando foi titulada em solução de ácido clorídrico 0,01 M, na presença de fenolftaleína. Os resultados foram expressos pela porcentagem de nitrogênio total na amostra, ajustado pelo fator de correção de 6,25, conforme método de Kejedahl descrito pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).

**Fibra bruta:** foi realizada pelo método gravimétrico após hidrólise ácida em ácido acético, ácido nítrico e ácido tricloroacético, segundo o método de Van De Kramer e Van Ginkel (1952).

**Cinzas:** foi realizada pelo método da incineração total das amostras em forno mufla de temperatura elevada ( $\pm 550^{\circ}\text{C}$ ), até a obtenção de cinzas de cores claras ou ligeiramente acinzentadas, conforme normas estabelecidas pela Association of Official Analytical Chemists. (AOAC, 1990), e os resultados expressos em porcentagem.

**Carboidratos:** os carboidratos foram determinados pela diferença entre a porcentagem total e o somatório das frações de água, lipídios, proteínas, fibra bruta e cinzas.

## 2.2 Quantificação dos ácidos graxos

Para a determinação do perfil dos ácidos graxos, a extração do óleo das amostras foi realizada no laboratório do setor de biodiesel da Universidade Federal de Lavras, MG. A esterificação das amostras foi realizada no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café – INCTCAFÉ, no Centro de Análises

Avançadas e Biotecnologia – CAAB, da Universidade Federal de Lavras, MG. As análises de composição e quantificação dos ácidos graxos foram realizadas no laboratório Bioagro da Universidade Federal de Viçosa, MG – UFV, por cromatografia gasosa.

Para obtenção das amostras, as sementes foram trituradas em moinho refrigerado com a adição de nitrogênio líquido, realizando o processo de extração do óleo em aparelho tipo Soxhlet, a temperatura de 45°C sem presença de luz, utilizando como solvente o hexano. Após extração as amostras foram congeladas a -20°C para posteriormente a realização das determinações.

Para a purificação dos lipídios e esterificação das amostras utilizou-se a metodologia prescrita por Folch et al. (1957), modificada por Carmo (2009). Pesou-se 0,5 gramas da amostra e homogeneizou com 50 mL de solução de clorofórmio e metanol na proporção de 2:1 adicionado 0,025 gramas de BHT, por um período de 3 minutos. Posteriormente procedeu-se a filtração da amostra, transferindo-se o filtrado do funil de separação, onde foram acrescentados 10 mL de solução de cloreto de potássio na proporção de 0,72%. Essas foram submetidas à agitação. Após o período de agitação, a solução obtida permaneceu em repouso por um período de 3 horas e posteriormente a parte apolar da solução foi coletada e a polar descartada. Foi acrescentado à parte remanescente 6 mL de cloreto de potássio 0,72%, permanecendo em repouso por 12 horas. Após este período, novamente foi descartado a parte polar, recolhendo-se a apolar em balões volumétricos de 50 mL, completando o volume com clorofórmio.

No processo de esterificação, 5 mL da solução obtida ao final das etapas anteriores foi centrifugada, adicionando-se em seguida o clorofórmio e colocadas para evaporar em banho-maria (55°C) na presença de nitrogênio gasoso. Na sequência, 4 mL de NaOH 0,5M, diluído em metanol, foi adicionado as amostras, que foram levadas a banho-maria por 5 minutos, e posteriormente

resfriadas em água gelada. Posteriormente foram adicionados 5 mL de reagente esterificante (cloreto de amônio + ácido sulfúrico + metanol) e levados por 5 minutos ao banho-maria e novamente resfriado em água gelada. Após o resfriamento foram adicionados 4 mL de NaCl saturado e 5 mL de hexano, permanecendo em repouso por 10 minutos. Posteriormente foi recolhido 1 mL do sobrenadante para o frasco e submetido a evaporação do hexano com nitrogênio gasoso, em banho-maria a 55°C. Após evaporação adicionou-se 1 mL de hexano e a solução foi transferida para frasco âmbar e conservada a -20°C até a realização da análise cromatográfica.

A análise de composição e quantificação de ácidos graxos foi realizada por cromatografia em fase gasosa, onde foi utilizado o cromatógrafo a gás SHIMADZU, equipado com detector de ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida 100m de comprimento e 0,25mm de diâmetro interno, 0,20 µm film, contendo polietilenoglicol como fase estacionária líquida (SUPELCO SP<sup>TM</sup> 37 Capillary GC Column). Como padrão foi utilizado a mistura de 37 ésteres metílicos (SUPELCO<sup>TM</sup> 37 Component FAME Mix Catalogo N°. 47885-U).

Na análise, os seguintes padrões operacionais utilizados foram: modo de injeção "Split", com razão de divisão de 1:100; volume de injeção de 1µL; 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. Fase móvel He e detector FID. 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.

### 2.3 Determinação do tocoferol

A determinação do tocoferol foi realizada no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café – INCTCAFÉ, no Centro de Análises Avançadas e Biotecnologia – CAAB, da Universidade Federal de Lavras, MG. A análise do tocoferol ( $\alpha$  e  $\gamma$ ) foi realizada por HPLC seguindo os protocolos atuais em Alimentos, Método Química Analítica, Wrolstad (2003). Foram utilizados 100 mg de óleo esterificado e 50mg de ácido ascórbico, colocados em tubo de ensaio de 16 x 125 mm.. Foram adicionados ao tubo de ensaio 5 mL de etanol 90% e 0,5 mL de solução aquosa de KOH 80% agitando-se durante 30 segundos. Ao tubo foi adicionado nitrogênio gasoso tampado e incubadas em banho-maria (70°C) durante 30 minutos com agitação constante. O tubo foi colocado no banho de gelo durante 5 minutos, em seguida foram adicionados 3 mL de água deionizada e 5 mL de hexano agitando-se por 30 segundos. Após foi centrifugado a  $1000 \times g$  durante 10 minutos, à temperatura ambiente. O hexano da camada superior foi transferido para outro tubo de ensaio e a camada aquosa e o resíduo foram re-extraídas, repetindo a mesma prática por 2 vezes. Reuniram-se as frações hexânicas e evaporou-se até à secura sob fluxo de nitrogênio gasoso em banho seco a uma temperatura de 45°. Um mL da fase móvel foi adicionada ao tubo e agitado durante 30 segundos para re-dissolver o extrato e posteriormente o líquido foi filtrado em filtro de 0,22 $\mu$ , e transferido para um vial de amostragem de HPLC. Uma amostra de 20  $\mu$ L foi injetado numa coluna Supelcosil LCSi (250 x 4,6 mm, Supelco Inc.) de fase móvel de acetato de etila / ácido acético / hexano (1: 1: 198, v / v / v). Foi utilizado a uma taxa de fluxo de 1,5 mL minuto. A detecção foi monitorada a 295nm. Os tocoferóis foram identificados por comparações dos tempos retenção com os de padrões puros de tocoferóis e foram quantificados com base nas áreas dos picos dos

padrões puros (Sigma Chemical Co.). A quantificação baseou-se numa método padrão externo.

#### **2.4 Determinação do grau de acidez**

A determinação da acidez foi realizada no Laboratório de Sementes do setor de sementes do Departamento de Agricultura - DAG, da Universidade Federal de Lavras, MG. Para a análise da propriedade físico-química, acidez, as amostras foram obtidas após as sementes serem trituradas em moinho refrigerado, obtendo-se 100 gramas da semente moída por tratamento que foram depositadas em balão de fundo redondo e boca esmerilada de capacidade de 500 mL. Foram adicionados 200 mL de 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, foi realizada a determinação do Índice de acidez.

O índice de acidez foi determinado pelo método da titulometria, onde foram pesados 2 gramas de cada amostra em frasco Erlenmeyer de 125mL e adicionado a solução de éter:álcool na proporção de 2:1 neutra. Adicionaram-se 2 gotas da solução de fenolftaleína e a titulação realizada com a solução de hidróxido de sódio 0,1M, até o aparecimento da coloração rósea. Os resultados foram expressos em porcentagem de acidez (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

## **2.5 Procedimento estatístico**

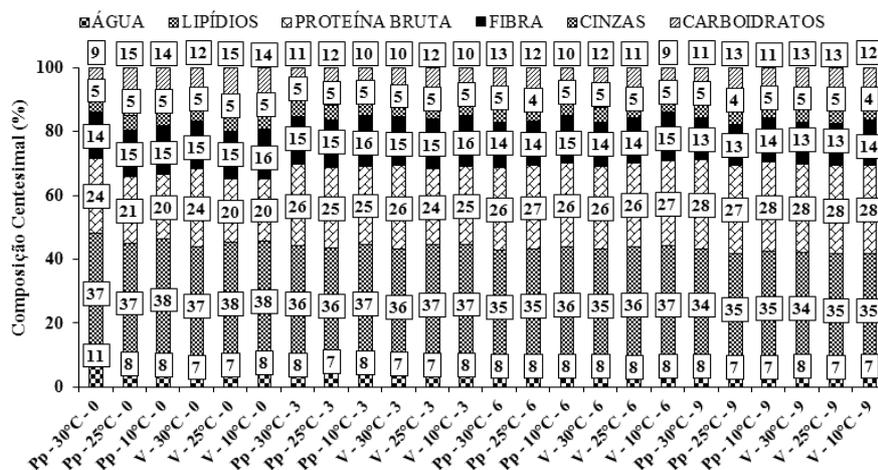
O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, e os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância em esquema fatorial 4x3x2, correspondente a 4 épocas de avaliação (0; 3; 6; 9 meses), 3 temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) e 2 tipos de embalagens (vácuo e papel). As avaliações foram realizadas separadamente para cada cultivar e os dados foram submetidos à análise de regressão e as comparações de médias realizadas pelos testes de Scott-Knott à nível de 5% de significância (para as determinações da composição centesimal) e Tukey, à nível de 5% de significância, por meio do software estatístico SISVAR®. (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Determinação da composição centesimal

Além das alterações fisiológicas, outras características que podem estar relacionadas à redução da qualidade de sementes são as alterações verificadas na composição química. As sementes de girassol possuem elevados teores de lipídios e proteínas e, o processo de deterioração, podem alterar esses compostos em sementes armazenadas.

A composição centesimal (%) associada às sementes de girassol das cultivares Águará-4 e Olisun-3 encontra-se nas Figuras 1 e 2.



Figural Composição centesimal (%) associada às sementes de girassol, cultivar Águará-4. Pp: embalagem em papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; épocas de armazenamento: 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

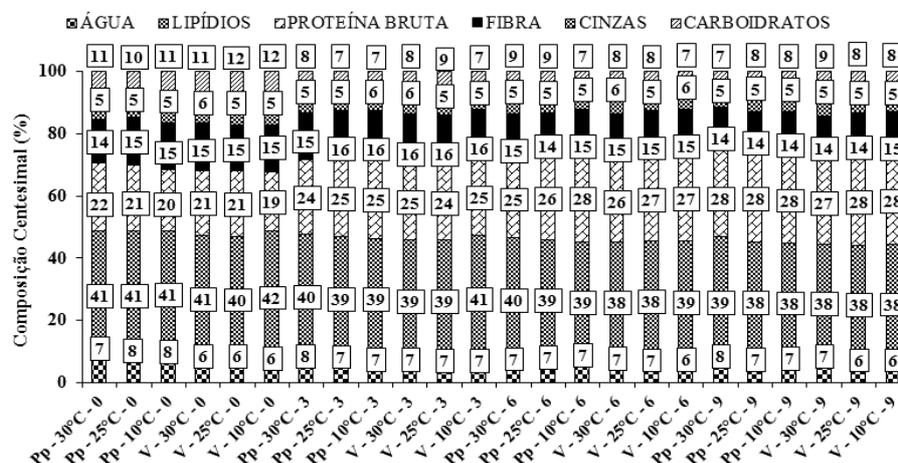


Figura 2 Composição centesimal (%) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: armazenamento em papel; V: armazenamento a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; épocas de armazenamento: 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

Com relação aos resultados obtidos do teor de lipídios para observou-se efeito significativo isolado para época e temperatura de armazenamento para a cultivar Aguará-4 (Tabela 1) e interação significativa entre temperatura e embalagens para a cultivar Olisun-3 (Tabela 2).

Tabela 1 Resultados de lipídios (%) para a cultivar Aguará-4

Temperatura	Lipídeos
	----- % -----
10°C	36.51 a
25°C	36.05 b
30°C	35.66 b
CV (%)	3.04

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si, o nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott

Tabela 2 Resultados de lipídeos (%) para a cultivar Olisun-3

Temperatura (°C)	Embalagem	
	Papel	Vácuo
10	39.09 Ba	40.02 Aa
25	39.36 Aa	38.87 Ab
30	39.90 Aa	38.88 Bb
CV (%)	2.58	

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Durante o armazenamento ocorreram reduções nos teores de lipídios em ambas as cultivares estudadas. Para a cultivar Aguará-4, as diferentes condições de temperaturas no armazenamento influenciaram no conteúdo de lipídios (Figura 3). Observa-se que a condição de armazenamento na temperatura de 10°C proporcionou conteúdo mais elevado de lipídios nas sementes.

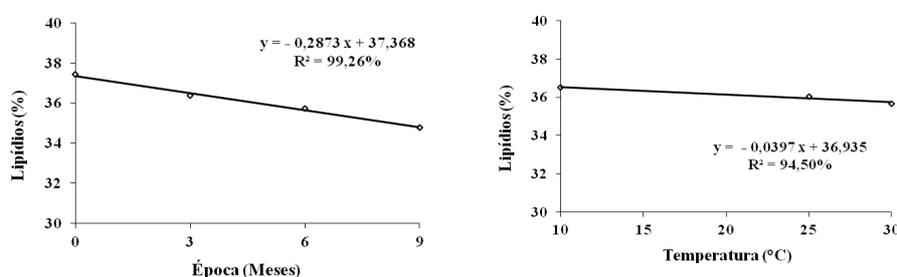


Figura 3 Lipídios (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas e das temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Para a cultivar Olisun-3 a alteração nesse componente foi verificada durante o armazenamento, em função das embalagens nas diferentes temperaturas (Figura 4). Observou-se que as sementes de girassol embaladas a

vácuo e mantidas na temperatura de 10°C apresentaram melhores resultados de teor de lipídios.

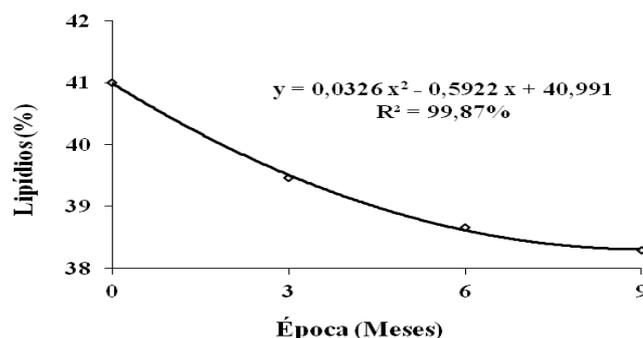


Figura 4 Lipídios (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses)

Os lipídios constituem os principais componentes de reserva das sementes de girassol, em média 50%, em ambas as cultivares estudadas.

A redução no teor de lipídios 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 composição centesimal das sementes de girassol da cultivar Aguará-4 ao longo do armazenamento apresentou pequena variação (Figura 1). Na temperatura de 10°C o teor de lipídios se manteve, havendo maior redução de carboidratos. Aos nove meses de armazenamento pode-se observar redução do teor de lipídios para as sementes mantidas em todas embalagens e condições de armazenamento, o que vem de encontro as afirmações de Balesević-Tubić et al. (2005) e Balesević-Tubić et al. (2007) de que 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. a mio

O mesmo comportamento, com tendências a maior redução de carboidratos na temperatura de 10°C e redução do teor de lipídios aos nove meses de armazenamento, também foi observado para a cultivar Olisun-3 (Figura 2).

Observa-se para a cultivar Olisun-3 redução de lipídios quando as sementes, acondicionadas em embalagem de papel, foram mantidas a temperatura de 10°C, no entanto em temperaturas mais elevada, como de 30°C a redução ocorreu quando as sementes se encontram acondicionadas a vácuo (Tabela 1). Abreu (2010) ao estudar o teor de óleo das sementes de girassol constatou uma tendência decrescente com o período de armazenamento, embora não tenha sido detectado, para o híbrido Helio 250, diferenças entre as embalagens testadas e a baixa temperatura. Neste contexto, cabe ressaltar que os resultados de germinação (Capítulo 1, Figura 12) foram maiores nas condições de armazenamento a temperatura de 10°C em embalagens de papel, e 30°C em embalagem a vácuo, onde foi verificada a redução no teor de lipídios. Portanto, a redução verificada não coincide com as reduções decorrentes na germinação de sementes destas cultivares como foi observado na discussão do Capítulo 1. Resultados discordantes foram obtidos por Balesevic-Tubic et al. (2007) que não observaram nenhuma diferença significativa no teor de óleo durante o armazenamento de sementes de girassol, tanto em câmara fria quanto em condições naturais por 12 meses.

Para o conteúdo de proteína bruta houve interação significativa para as diferentes épocas e temperatura de armazenamento para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 Resultados de proteína bruta (%) para a cultivar Aguará-4

Temperatura (°C)	Época (meses)			
	0	3	6	9
10	19.83 b	24.59 b	26.50 a	27.99 a
25	20.38 b	24.63 b	26.30 a	27.58 a
30	24.00 a	25.84 a	25.88 a	27.89 a
CV (%)	4.12			

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knot

Tabela 4 Resultados de proteína bruta (%) para a cultivar Olisun-3

Temperatura (°C)	Época (meses)			
	0	3	6	9
10	19.48 b	24.86 a	27.54 a	27.85 a
25	21.15 a	24.52 a	26.53 b	28.12 a
30	21.41 a	24.21 a	25.81 b	27.37 a
CV (%)	4.51			

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

O comportamento inicial distinto no percentual da proteína pode ser atribuído não só ao genótipo com a heterogeneidade das sementes de girassol em função de diversos fatores, como a localização das sementes no capítulo da planta, maturação das sementes no momento da colheita, estado nutricional e sanitário da planta (BITTENCOURT; SADER; MORAES, 1990; CALAROTA; CARVALHO, 1984).

No decorrer do tempo de armazenamento foi detectado um incremento no teor de proteína em relação aos outros componentes químicos, sendo que na condição de armazenamento a baixa temperatura (10°C), para a cultivar Aguará-4 foi superior (Figura 5), coincidindo com os melhores resultados da germinação das sementes quando da avaliação da qualidade fisiológica no sexto e nono mês de armazenamento (Capítulo 1, Figura 11).

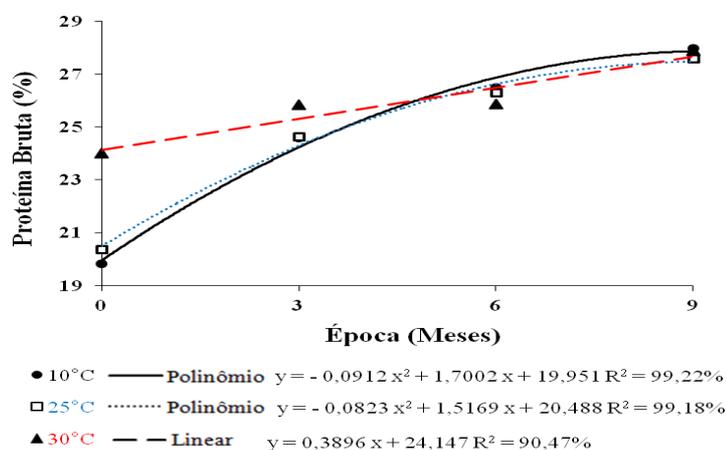


Figura 5 Proteína bruta (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Comportamento semelhante foi verificado para esta cultivar quando as sementes encontravam-se armazenadas na condição de 25°C de temperatura. O aumento no conteúdo de proteínas parece ter sido o fator mais importante na determinação da qualidade das sementes ao longo do armazenamento na condição de 10°C, apresentando correlação com os resultados de germinação e da emergência. Calarota; Carvalho (1984) sugere que o conteúdo de proteínas parece ser o fator mais importante na determinação da melhoria da qualidade das sementes de girassol, observando correlação positiva entre o índice de velocidade da emergência e o conteúdo proteico das sementes. Já a correlação entre o índice de velocidade da emergência e o conteúdo de óleo se mostra negativa, indicando que a melhoria na qualidade fisiológica das sementes não estaria relacionada com a redução no teor de óleo.

Para a cultivar Olisun-3 foi detectado resultado similar, no entanto, na condição de armazenamento de temperatura de 25°C no final de nove meses, observa-se maior incremento da porcentagem de proteína bruta (Figura 6).

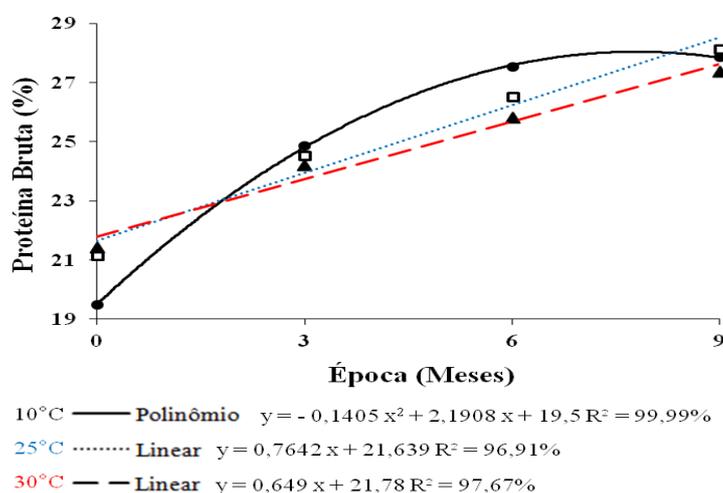


Figura 6 Proteína bruta (%) para a cultivar Olisun-3 em, função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°).

Para ambas cultivares foi possível observar uma correlação negativa entre os teores de lipídios e proteínas. Segundo Mandarino (1992), a exemplo de outras oleaginosas, o girassol apresenta uma relação inversa entre os conteúdos de óleo e proteínas, desde que a proporção de casca (pericarpo) permaneça constante.

Algumas pesquisas relatam a redução no teor de proteínas durante o armazenamento de sementes (BHATTACHARYA; RAHA, 2002; SHARMA et al., 2001). 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 um comportamento inverso, com o aumento relativo das proteínas totais ao longo do armazenamento.

Para o teor de fibra bruta houve efeito isolado das épocas e temperaturas de armazenamento para a cultivar Aguará-4 (Tabela 5) e efeito das épocas de armazenamento para a cultivar Olisun-3.

Tabela 5 Resultados de fibras (%) para a cultivar Aguará-4

Temperatura	Fibra
	---- % ----
10°C	15.03 a
25°C	14.21 b
30°C	14.18 b
CV (%)	5.09

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

A fibra bruta quantifica os constituintes estruturais como a celulose, hemicelulose e lignina (CECCHI, 2003). Para as sementes de girassol de ambas cultivares, o período de armazenamento promoveu redução no teor de fibra avaliada (Figuras 7 e 8).

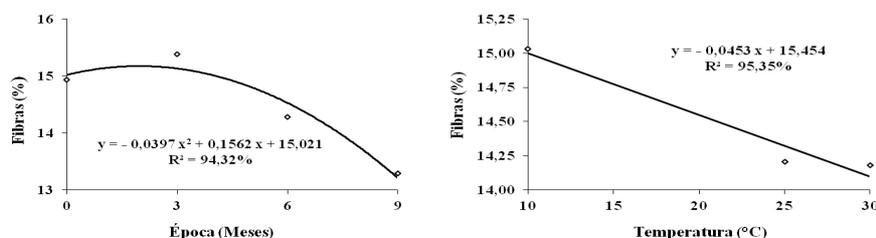


Figura 7 Fibras (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°)

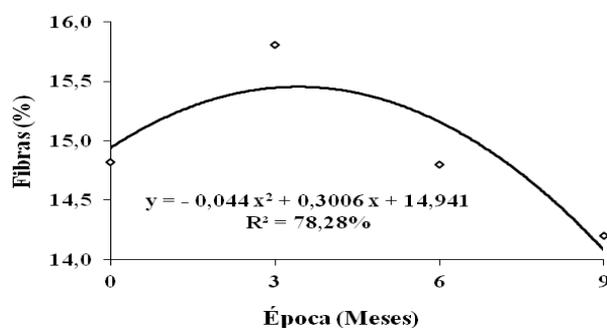


Figura 8 Fibras (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas

Para as sementes de girassol das duas cultivares estudadas, o período de armazenamento promoveu redução no teor desse componente. Para a cultivar Aguará-4 foi observado uma redução significativa em decorrência das temperaturas de armazenamento. À medida que ocorreu a elevação da temperatura de 10°C para 30°C, houve uma perda na porcentagem de fibra, condição em que, com seis e nove meses de armazenamento as sementes já não mais apresentavam viabilidade (Capítulo 1, Figura 11).

Para os teores de carboidratos para as cultivares Aguará-4 houve interação significativa para as épocas e temperaturas de armazenamento (Tabela 6; Figura 9) e para a cultivar Olisun-3 houve o efeito das épocas de armazenamento (Figura 10).

Tabela 6 Resultados de carboidratos (%) para a cultivar Aguará-4

Temperatura (°C)	Época (meses)			
	0	3	6	9
10	13.88 a	10.20 a	9.75 b	11.66 a
25	15.29 a	12.76 a	11.65 a	13.23 a
30	10.51 b	10.52 a	12.58 a	11.98 a
CV (%)	14.62			

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

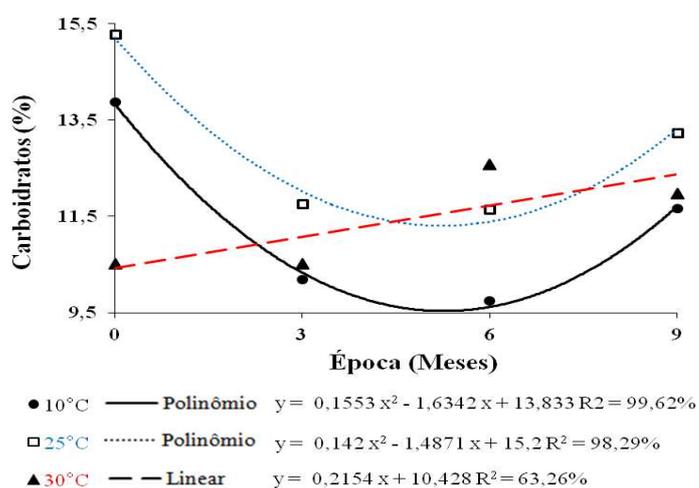


Figura 9 Carboidratos (%) para a cultivar Aguará-4 em função das épocas (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas para as temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°)

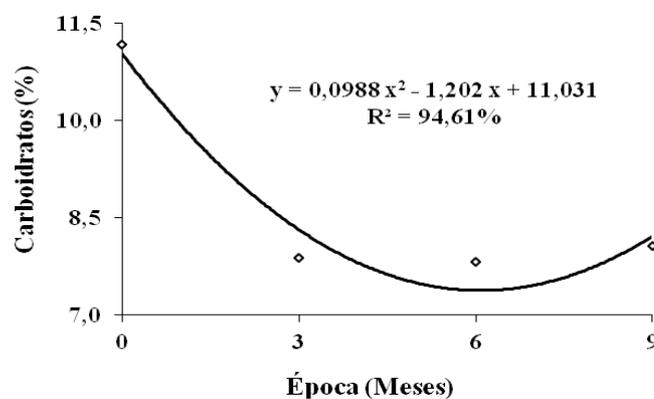


Figura 10 Carboidratos (%) para a cultivar Olisun-3 em função das épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses) analisadas

Podem ser observados na cultivar Aguará-4 que ocorreram variações no teor de carboidratos de forma diferenciada quanto às temperaturas de armazenamento. Quando armazenadas em temperatura de 30°C o teor de carboidratos aumentou, enquanto que nas sementes armazenadas a 25 e 10°C, ocorreram decréscimos da época zero até aos seis meses do armazenamento, com pequeno incremento desta época até o final do armazenamento (Tabela 6; Figura 9), efeito diferenciado daquela mantida em temperatura superior (30°C).

Na mobilização de reservas, os carboidratos servem como substratos da respiração durante o período pré-germinativo (BUCKERIDGE et al., 1995), sendo consumidos para a produção de energia necessária ao desenvolvimento do embrião. Segundo Bernal-Lugo; Leopold (1992), a redução no vigor das plântulas, devido ao envelhecimento das sementes, está associada 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 vigor de sementes (PANOBIANCO; VIEIRA, 2007). Geralmente os carboidratos solúveis têm seus teores reduzidos durante o armazenamento (PETRUZELLI; TARANTO, 1989). Aos nove meses de armazenamento foi observado um ligeiro acréscimo no teor de carboidratos para ambas cultivares, independente da condição de armazenamento, provavelmente pelo aumento da proteína. Em alguns casos, pode ocorrer a superestimação dos valores de carboidratos na determinação da composição centesimal, pelo fato do critério estabelecido para quantificação de carboidrato ser baseado no método subtrativo.

O resíduo mineral fixo agrupa o conteúdo de minerais (CECCHI, 2003) presente nas sementes e, conhecido normalmente como cinzas. A fração composta pelos minerais presentes nas sementes de girassol também foi alterada quando armazenadas em diferentes embalagens nas cultivares Aguará-4 e Olisun-3 (Tabelas 7 e 8). Para ambas as cultivares estudadas verificou-se em incremento de resíduo mineral nas sementes acondicionadas em embalagens a vácuo.

Tabela 7 Resultados de cinzas (%) para a cultivar Aguará-4 em função das embalagens (papel e vácuo)

Embalagem	Cinzas
	----- % -----
Papel	4.67 b
Vácuo	4.86 a
CV (%)	7.41

\*Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 8 Resultados de cinzas (%) para a cultivar Olisun-3 em função das embalagens (papel e vácuo)

Embalagem	Cinzas
	----- % -----
Papel	5.09 b
Vácuo	5.40 a
CV (%)	8.43

\*Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

De uma maneira geral, verifica-se que nas sementes de girassol, os teores de lipídios, proteínas, fibras, carboidratos e cinzas são afetados durante o período de armazenamento. Portanto, sugere-ser que os carboidratos são os principais componentes de reserva que são consumidos pelas sementes de girassol dessas cultivares durante o armazenamento e que esta alteração ocasionou 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 causados pelo armazenamento e/ou pela ação de microrganismos associados, como os fungos.

### 3.2 Quantificação dos ácidos graxos

Na composição e quantificação dos ácidos graxos das sementes de girassol foram detectados de 04(quatro) até 26 (vinte e seis) tipos, nas diferentes épocas de armazenamento, para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3. Os cromatogramas a seguir ilustram o comportamento dos ácidos graxos das sementes de girassol nas diferentes condições de armazenamento dos tratamentos: cultivar Aguará-4 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C por 3 meses (Figura 11); cultivar Olisun-3 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C por 6 meses (Figura 12); cultivar Aguará-4 embaladas a

vácuo e mantidas a temperatura de 30°C por 9 meses (Figura 13); cultivar Olisun-3, embalagem de papel e mantidas a temperatura de 30°C por 9 meses (Figura 14).

Devido à relevância e ocorrência dos ácidos graxos detectados nos diferentes tratamentos analisa-se neste estudo a quantificação dos ácidos graxos: palmítico (hexadecanóico) C16:0 [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>-COOH]; esteárico (octadecanóico) C18:0 [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>-COOH]; oleico [Ácido (9Z)-9-octadecenóico] C18:1 [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH]; linoleico (Ácido *cis*, *cis*-9,12-octadecadienóico) C18:2 [CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH] e erúico [(Z) docos-13-enoicoácido] (docesenóico) C22:1.[CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH=CH-CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- CH<sub>2</sub>- COOH], agrupados em saturados, monoinsaturados e polinsaturado.

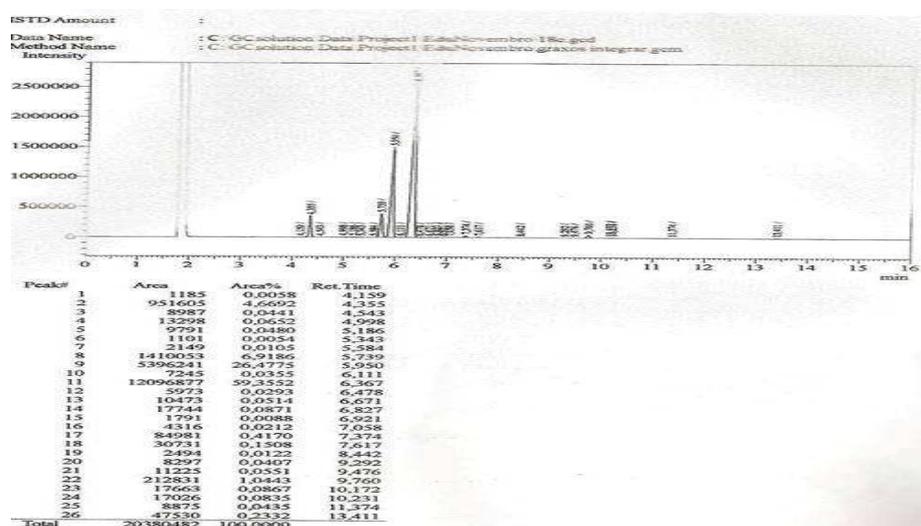


Figura 11 Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Aguará-4 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C por 3 meses de armazenamento

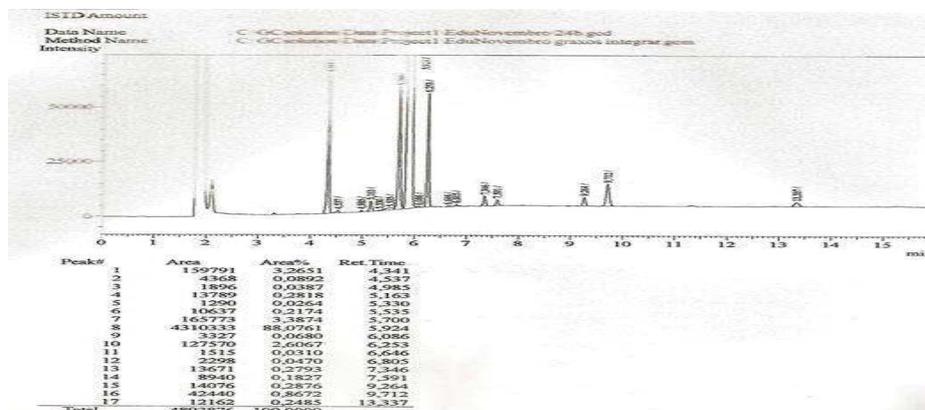


Figura 12 Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Olisun-3 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 10°C por 6 meses de armazenamento

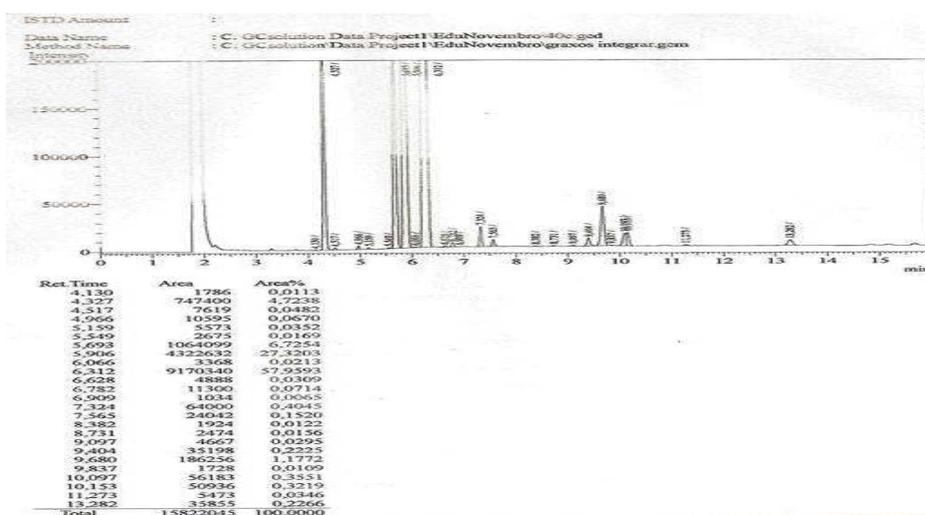


Figura 13 Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Aguará-4 embaladas a vácuo e mantidas a temperatura de 30°C por 9 meses de armazenamento

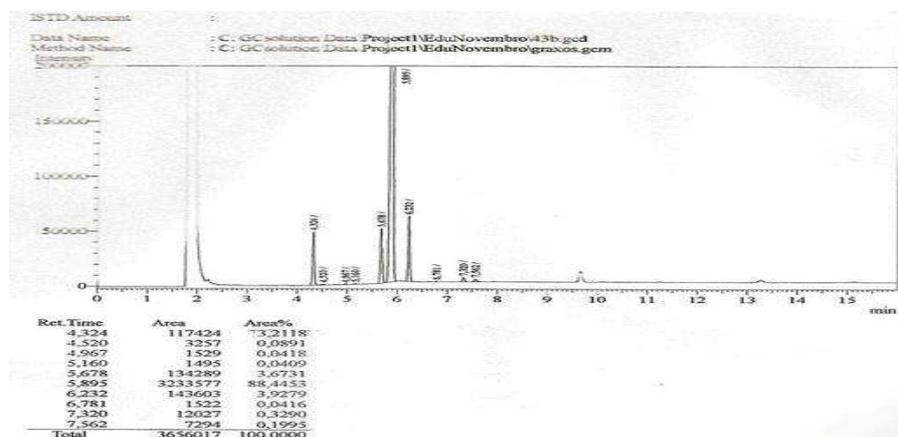


Figura 14 Cromatograma do óleo das sementes de girassol da cultivar Olisun-3, embalagem de papel e mantidas a temperatura de 30°C por 9 meses de armazenamento

A composição de ácidos graxos é um importante fator que determina a suscetibilidade do óleo contido nas sementes aos efeitos da oxidação e consequente deterioração da semente. Os tipos de ácidos graxos presentes nos lipídios das sementes, em particular àqueles que contêm dupla ligação determinam o tipo e as reações químicas que ocorrem durante o armazenamento (MORELLO et al., 2004). A fração composta por ácidos graxos insaturados e as condições em que as sementes são submetidas, como temperatura e embalagem, determinam o aumento da deterioração durante o armazenamento.

Na análise da proporção dos ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados para a cultivar Aguará-4 verifica-se ao longo do armazenamento os efeitos das temperaturas e embalagens a partir do terceiro mês (Tabelas 9 a 11).

Tabela 9 Resultados de ácidos graxos saturados (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	10.2Aa	10.2Ab	10.9Aa	9.5Bb	11.2Aa	10.5Aa	10.9Aa	10.6Aa
Temp.25°C	10.8Ba	11.6Aa	10.1Aab	10.6Aa	10.7Aa	10.1Aa	10.8Aa	9.7Bb
Temp.30°C	11.0Aa	10.9Aab	9.9Ab	10.3Aab	10.4Aa	10.5Aa	10.9Aa	9.8Bab
CV (%)	4.26							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 10 Resultados de ácidos graxos monoinsaturados (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	26.0Aa	27.1Aa	25.9Aa	24.3Aa	27.2Ab	25.7Aa	26.8Aa	27.0Aa
Temp.25°C	26.0Aa	25.8Aa	25.3Aa	26.0Aa	34.5Aa	25.7Ba	26.6Aa	24.5Aa
Temp.30°C	26.2Aa	25.6Aa	25.4Aa	28.6Aa	26.0Ab	27.9Aa	26.8Aa	25.4Aa
CV (%)	8.96							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 11 Resultados de ácidos graxos polinsaturados (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	61.0Aa	60.2Aa	60.8Aa	62.4Aa	59.1Aa	61.9Aa	59.8Aa	60.4Aa
Temp.25°C	61.0Aa	60.3Aa	62.8Aa	61.0Aa	53.4Bb	62.1Aa	59.9Aa	63.1Aa
Temp.30°C	60.4Aa	59.5Aa	60.7Aa	58.7Aa	61.3Aa	59.4Aa	59.2Aa	62.4Aa
CV (%)	4.00							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

As sementes quando embaladas a vácuo e armazenadas à condição de temperatura de 30°C e na embalagem de papel na temperatura de 10°C apresentaram os menores valores de ácidos graxos saturados. Ao longo do armazenamento verifica-se, nessas condições a superioridade da qualidade fisiológica das sementes obtidas pela germinação e emergência. (Capítulo 1, Figuras 11 e 17). Para os ácidos graxos mono e polinsaturados não foi verificado o efeito da temperatura e embalagem.

No sexto mês de armazenamento não foi constatada o efeito das embalagens para os ácidos graxos saturados, no entanto para os ácidos graxos monoinsaturados foi observado incrementos quando da condição de embalagem a vácuo a temperatura de 25°C. Sementes acondicionadas em embalagens de papel não apresentaram diferenças significativas nas diferentes temperaturas para os ácidos graxos monoinsaturados. Menores valores foram obtidos para os polinsaturados quando as sementes se encontravam acondicionadas a vácuo armazenadas a temperatura de 25°C, condição em que se verifica a melhor qualidade fisiológica das sementes ao longo de armazenamento. Os resultados não foram os mesmos das afirmações que sugerem decréscimos na qualidade fisiológica de sementes ricas em óleo, associadas com a redução na quantidade de ácidos graxos insaturados são observados durante o armazenamento (PRIESTLEY; LEOPOLD, 1983).

No final do período do armazenamento para os ácidos graxos saturados observa-se que sementes embaladas a vácuo não se alteram nas diferentes temperaturas de armazenamento, porém quando acondicionadas em embalagem de papel os menores valores foram obtidos na condição de armazenamento de 10°C.

Quanto a cultivar Olisun-3, alto oleico, observa-se com seis meses de armazenamento menores percentuais de ácidos graxos monoinsaturados quando as sementes encontravam-se acondicionadas em embalagens de papel e mantidas

a 30°C. Para os ácidos graxos polinsaturados as sementes embaladas a vácuo e mantidas a 30°C apresentaram reduções nos percentuais. Para os demais tratamentos, nas diferentes épocas de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas. Neste contexto comprova-se a teoria da estabilidade do ácido oleico. A degradação oxidativa de ácidos graxos polinsaturados ocorre em função de duplas ligações de carbonos, promovendo a maior susceptibilidade das moléculas ao ataque oxidativo. Assim, o alto teor de ácidos graxos polinsaturados é responsável pela redução da estabilidade oxidativa e da qualidade do óleo (ALONSO; MAROTO et al., 2000). O ácido oleico não é estável como os ácidos graxos saturados, entretanto é dez vezes mais estável do que o linoleico e vinte vezes mais estável do que o linolênico. Programas de melhoramento voltado para a seleção de linhagens alto oleico, com o objetivo de aumentar o teor de ácido oleico e reduzir os teores do linoleico e linolênico, têm como foco reduzir ou eliminar a necessidade de hidrogenação química, como ocorre em óleo de soja (MORAES, 1999), responsável pela produção de ácidos graxos trans (FEHR, 2007).

As porcentagens de ácidos graxos saturados (palmítico e esteárico), monoinsaturados (oleico) e polinsaturados (linoleico) encontram-se ilustrados nas Figuras 15 a 22, para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 nas diferentes embalagens e temperaturas, nas épocas inicial (0), 3, 6 e 9 meses de armazenamento, respectivamente. Os percentuais para a complementação do total referem-se aos “outros” ácidos graxos, os quais não apresentaram expressões relevantes o presente estudo.

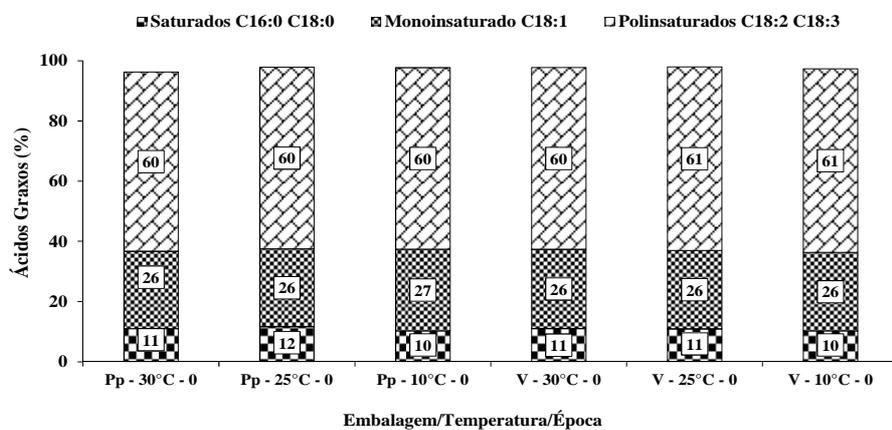


Figura 15 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; na época inicial (0). Lavras, MG, 2013

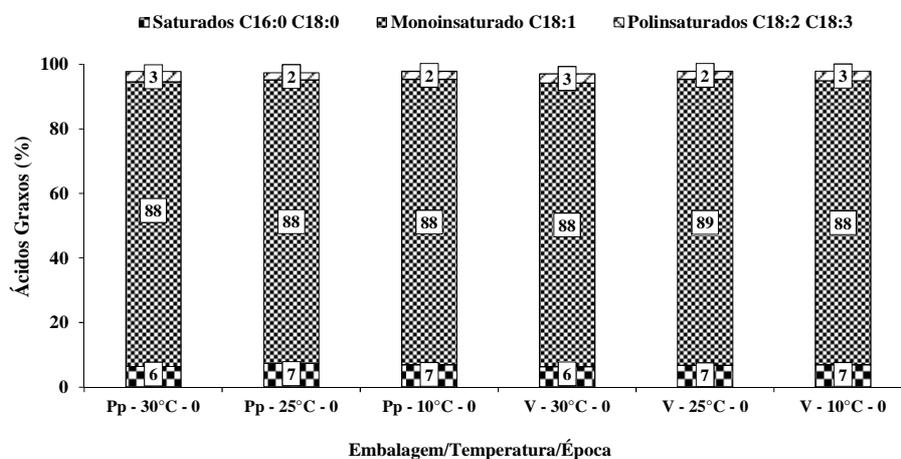


Figura 16 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; na época inicial (0). Lavras, MG, 2013

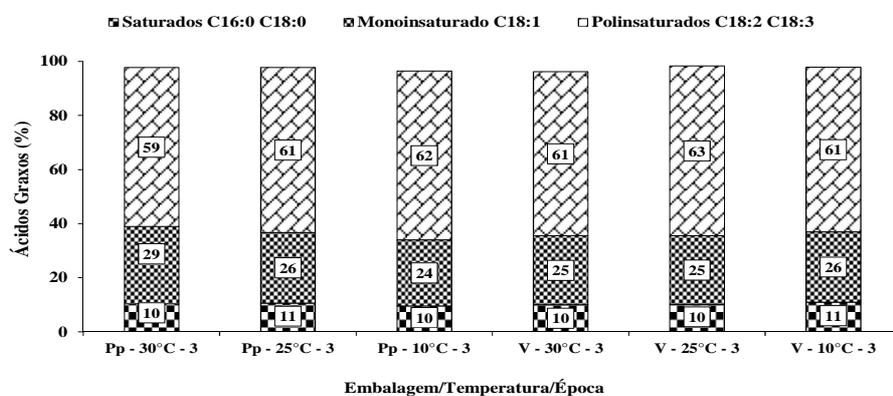


Figura 17 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses. Lavras, MG, 2013

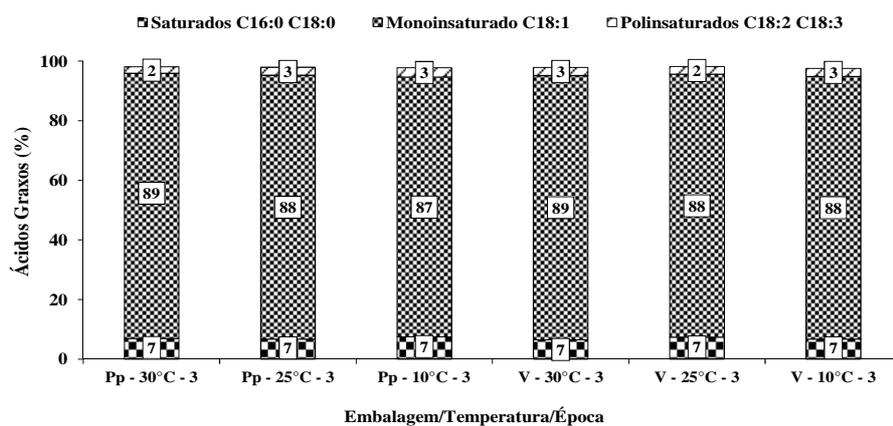


Figura 18 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses. Lavras, MG, 2013

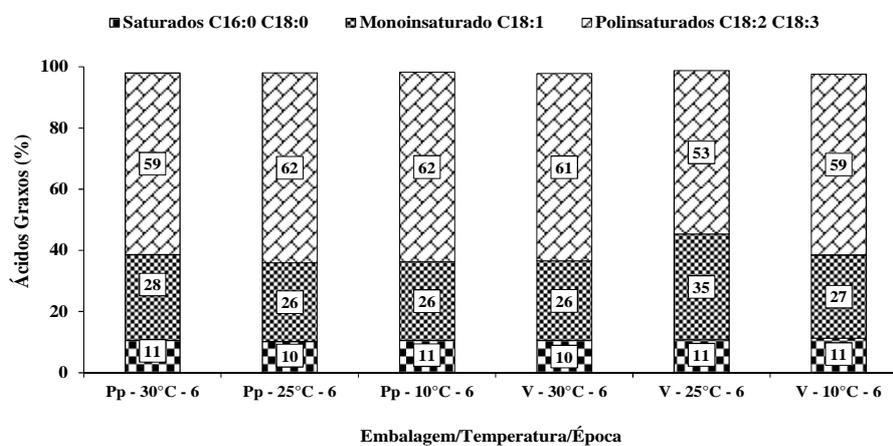


Figura 19 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses. Lavras, MG, 2013

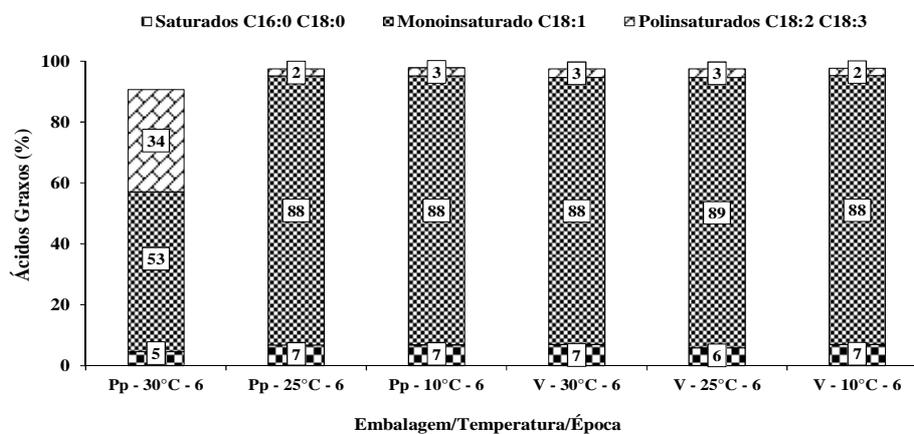


Figura 20 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses. Lavras, MG, 2013

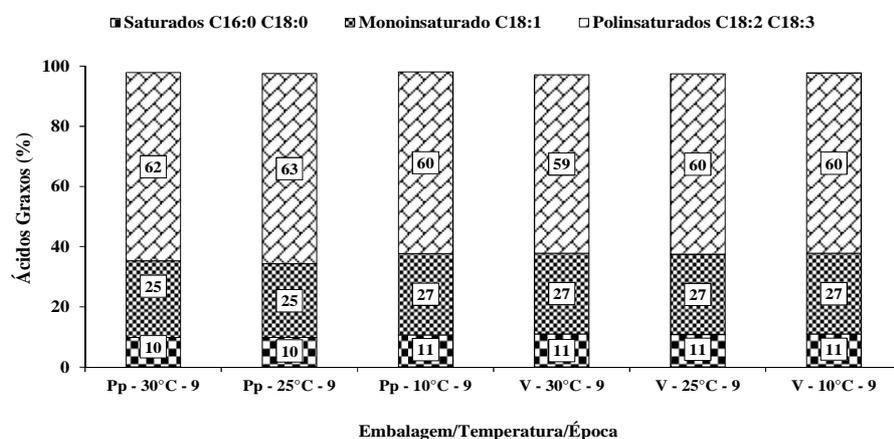


Figura 21 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses. Lavras, MG, 2013

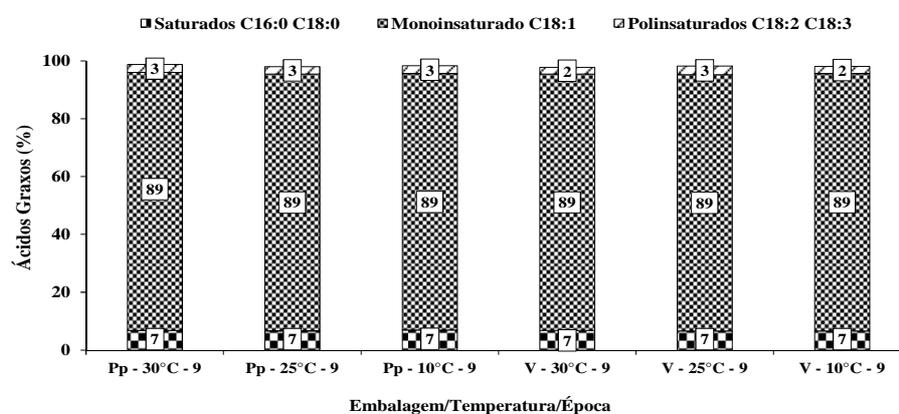


Figura 22 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses. Lavras, MG, 2013

Em cada grupo de saturação dos ácidos graxos, o óleo contido nas sementes de girassol contém um componente majoritário. De maneira geral, a

maior proporção encontrada foi de ácidos graxos monoinsaturado, composto pelo ácido oleico e polinsaturado composta pelo ácido linoleico, para ambas cultivares. Na ordem de mais de 50% da composição em ácidos graxos do óleo de girassol é constituída por ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12), seguidos por oleico(C18:1 *cis*-9), palmítico(C16:0) e esteárico (C18:0) (OLIVEIRA, 2008).

Para a cultivar Aguará-4 resultados semelhantes foram obtidos por Aguiar (2001) ao avaliar sementes de girassol durante o armazenamento quando verificou maiores teores de ácido linoleico em cultivar tradicional, com a composição de 65 a 70% , 16,7 a 22, 5% de ácido oleico; 5,8 a 6,5% de ácido palmítico e 4,1 a 4,4% de ácido esteárico. Telles (2006) em estudo da caracterização do óleo de girassol (*Helianthus annus* L.) e a estabilidade do óleo bruto obteve resultados semelhantes em relação aos altos índices de ácidos linoleico aos obtidos para a cultivar Aguará-4 no presente estudo.

Uma característica muito importante a ser observada em estudos sobre conservação de semente de girassol é a proporção dos ácidos graxos, especialmente os ácidos oleico, linoleico e linolênico, responsáveis pela estabilidade oxidativa. Quanto maior o teor de ácido oleico maior a estabilidade dos lipídios contidos nas sementes (COSTA; ZAGONEL, 2009; WARNER; FEHR, 2008).

Observa-se os efeitos das embalagens e temperaturas na proporção de ácidos graxos ao longo do armazenamento das sementes para a cultivar Aguará-4 (Tabelas 12 a 16). Na época inicial, para o ácido palmítico (Tabela 12), as sementes acondicionadas em embalagens a vácuo mantidas a 10°C e em papel a 10 e 30°C apresentaram menores percentuais quando comparadas aos demais tratamentos o que demonstra um efeito benéfico das embalagens nessas condições, pela redução do ácido palmítico que é saturado.

Tabela 12 Concentrações de Ácido Palmítico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	4.1Ab	4.2Ab	4.5Ba	4.8Aa	4.5Aa	4.4Aa	4.5Aa	4.3Aa
Temp.25°C	4.4aB	5.2Aa	4.5Aa	4.4Ab	4.5Aa	4.4Aa	4.5Aa	4.3Aa
Temp.30°C	4.5Aa	4.5Ab	4.3Aa	4.3Ab	4.3Aa	4.3Aa	4.6Aa	4.3Ba
CV (%)	2.96							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela13 Concentrações de Ácido Esteárico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	6.0Aa	5.9Aa	6.4Aa	4.7Bb	6.6Aa	6.1Aa	6.4Aa	6.3Aa
Temp.25°C	6.4Aa	6.4Aa	5.5Bb	6.2Aa	6.1Aa	5.7Aa	6.2Aa	5.3Bb
Temp.30°C	6.4Aa	6.4Aa	5.6Ab	5.9Aa	6.1Aa	6.2Aa	6.3Aa	5.5Bb
CV (%)	5.88							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 14 Concentrações de Ácido Oleico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	26.0Aa	27.1Aa	25.9Aa	24.3Aa	27.2Ab	25.7Aa	26.8Aa	27.0Aa
Temp.25°C	26.0Aa	25.8Aa	25.3Aa	26.0Aa	34.5Aa	25.7Ba	26.6Aa	24.5Aa
Temp.30°C	26.2Aa	25.6Aa	25.4Aa	28.6Aa	26.0Ab	27.9Aa	26.8Aa	25.4Aa
CV (%)	8.96							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 15 Concentrações de Ácido Linoleico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	60.8Aa	60.1Aa	60.7Aa	62.3Aa	59.0Aa	61.8Aa	59.8Aa	60.3Aa
Temp.25°C	60.5Aa	60.2Aa	62.6Aa	60.9Aa	53.4Bb	62.0Aa	59.8Aa	63.0Aa
Temp.30°C	60.3Aa	59.1Aa	60.6Aa	58.7Aa	61.3Aa	59.3Aa	59.1Aa	62.3Aa
CV (%)	4.00							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 16 Concentrações do Ácido Linolênico (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	0.12Ab	0.09Ab	0.08Aa	0.05Aa	0.05Aa	0.08Aa	0.08Aa	0.08Aa
Temp.25°C	0.50Aa	0.13Bb	0.14Aa	0.11Aa	0.00Aa	0.09Aa	0.08Aa	0.15Aa
Temp.30°C	0.07Bb	0.46Aa	0.06Aa	0.07Aa	0.00Aa	0.08Aa	0.07Aa	0.10Aa
CV (%)	119.85							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Observa-se para o ácido linoleico (Tabela 15) uma redução significativa aos 6 meses de armazenamento nas sementes mantidas na temperatura de 25°C a

vácuo. Nessas condições observa-se alta qualidade fisiológica das sementes. Esse comportamento esta de acordo com a afirmativa de que o ácido linoleico devido à sua insaturação é mais suscetível ao processo de deterioração, quando comparado com os demais ácidos graxos (GOEL; SHEORAM, 2003). Os resultados não foram os mesmos encontrados por Abreu et al. (2013) que não verificaram alteração no perfil de ácidos em sementes de girassol ao longo do armazenamento.

Com três meses de armazenamento já se observam alterações nos teores de ácido palmítico e esteárico (Tabela 13) em função da condição de armazenamento. Ao final do armazenamento, no nono mês, verifica-se para o ácido palmítico um acréscimo no teor quando as sementes encontravam-se embaladas a vácuo e armazenadas a 30°C. Em sementes que possuem elevado conteúdo de óleo como o girassol, 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 mantidas em temperaturas elevadas (FREITAS, 2004) esse efeito parece ter sido minimizado quando as sementes são armazenadas a vácuo devido a ausência do oxigênio.

No estudo do comportamento dos ácidos graxos para a cultivar Olisun-3, alto oleico, não constatou-se alterações nas diferentes épocas, como também não detectou-se o efeito das embalagens e temperaturas de armazenamento. Cabe salientar que os resultados obtidos sugerem a teoria da estabilidade química do ácido graxo oleico, já que a cultivar apresentava mais de 80% desse ácido em sua composição. Santos et al. (2012) estudando o perfil dos ácidos graxos de genótipos de amendoim para mercado oleoquímico em função da estabilidade oxidativa detectaram diferenças entre genótipos considerando os teores de ácidos de ácido oleico e a relação oleico/linoleico, bem como verificaram que a

relação está diretamente correlacionada com a deterioração, sendo que quanto maior a relação entre oleico/linoleico, menor a deterioração das sementes, o que não foi observado nesse estudo.

Embora ácido graxo erúcido, de ocorrência indesejável em óleos pelo seu efeito cardiotoxico, normalmente presente em no óleo de sementes de colza e mostarda e ausente em girassol, foi detectado no presente estudo em pequena proporção. Observa-se o efeito das condições de ambiente, embalagem e temperatura, na época inicial, com menores valores nas condições de permanência das sementes em embalagem de papel a 30°C para a cultivar Olisun-3 (Tabelas 17 e 18). Levanta-se a hipótese da ação benéfica do ácido erúcido na manutenção da qualidade das sementes no armazenamento.

O ácido erúcido é um ácido graxo monoinsaturado, conhecido como ácido brassídico, sendo tolerável em limites inferiores a 2%. A diminuição nos teores de ácido erúcido responde por um aumento correspondente nas quantidades de ácido oleico nas suas composições em ácidos graxos (VIANNI; BRAZ-FILHO, 1996). Teores maiores de ácido erúcido são verificados na cultivar convencional Aguará-4 do que na cultivar Olisun-3, alto oleico.

Tabela 17 Concentrações do Acido erúcido (%) para a cultivar Olisun-3 em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C)

Embalagem	Temperatura		
	10°C	25°C	30°C
Vácuo	1.05 Aa	1.01 Aa	1.31 Aa
Papel	1.01 Aa	1.04 Aa	0.47 Bb
CV (%)	37.13		

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 18 Concentrações do Ácido erúcido (%) para a cultivar Olisun-3 em função das temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Temperatura (°C)	Época (meses)			
	0	3	6	9
10	1.09 a	1.08 a	1.09 a	0.87 a
25	1.09 a	0.92 a	1.17 a	0.92 a
30	1.48 a	0.82 a	0.54 b	0.71 a
CV (%)	37.13			

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

As porcentagens de ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico, erúcido e “outros” encontram-se ilustrados nas Figuras de 23 a 30, para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 nas diferentes embalagens e temperaturas, nas épocas inicial (0), 3, 6 e 9 meses de armazenamento, respectivamente.

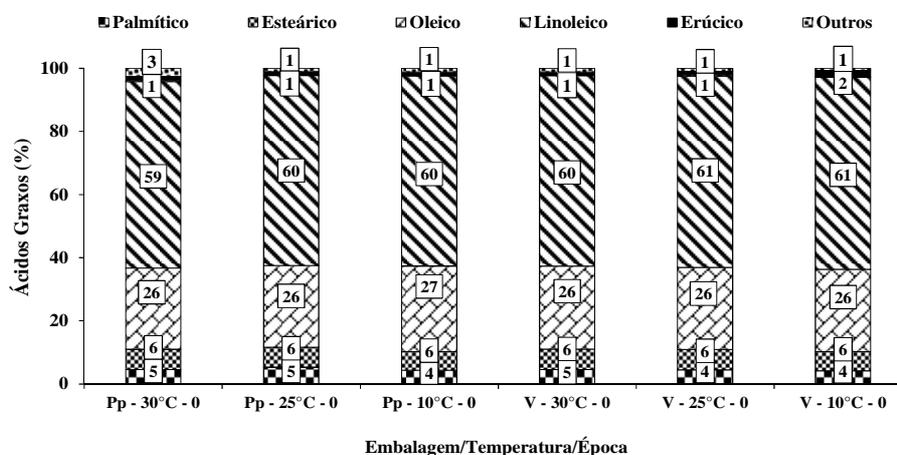


Figura23 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos na época inicial (0). Lavras, MG, 2013

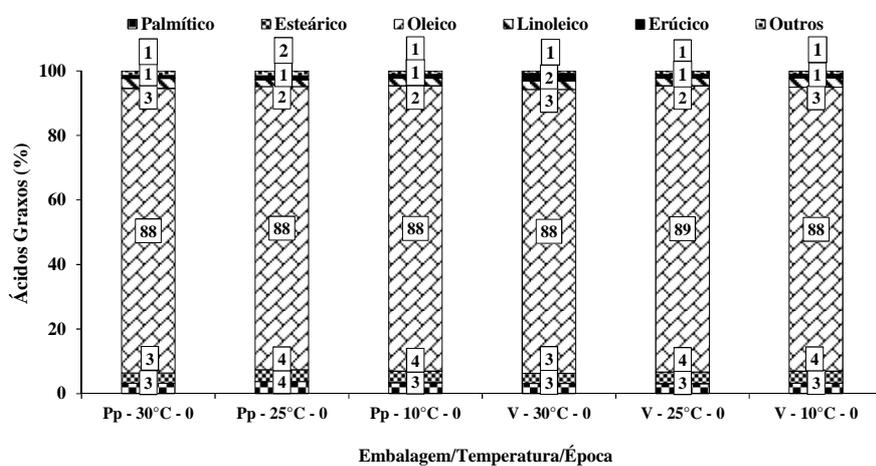


Figura 24 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; na época inicial (0). Lavras, MG, 2013

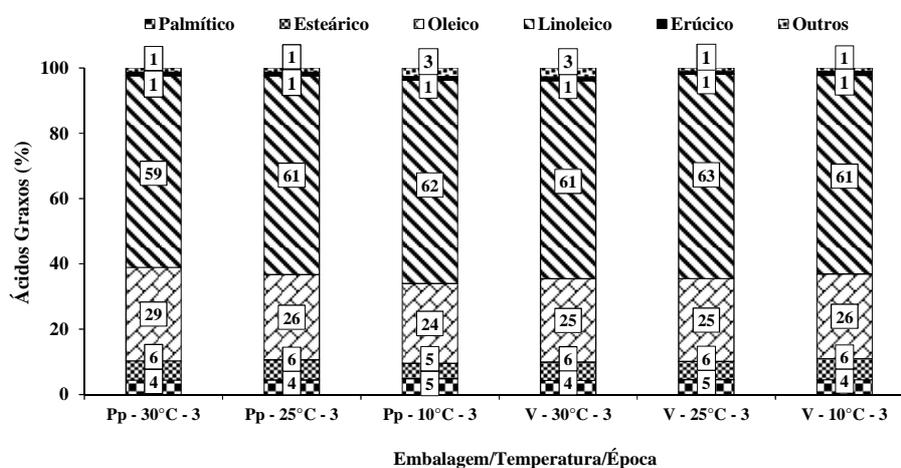


Figura 25 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses. Lavras, MG, 2013

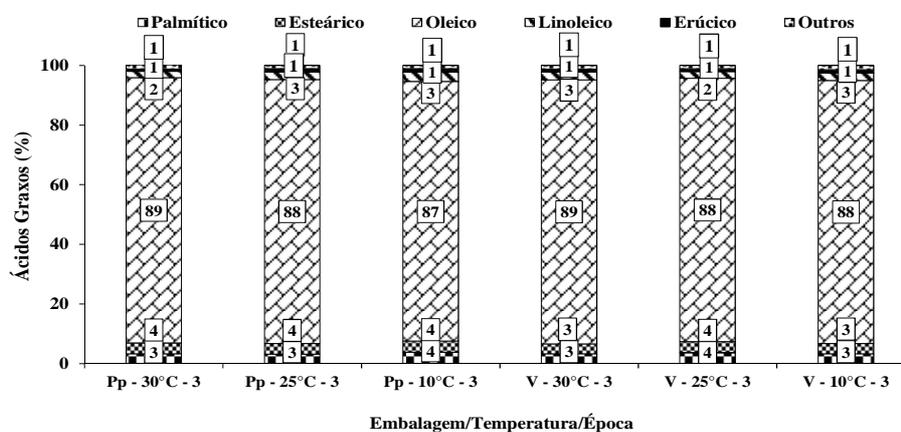


Figura 26 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 3 meses. Lavras, MG, 2013

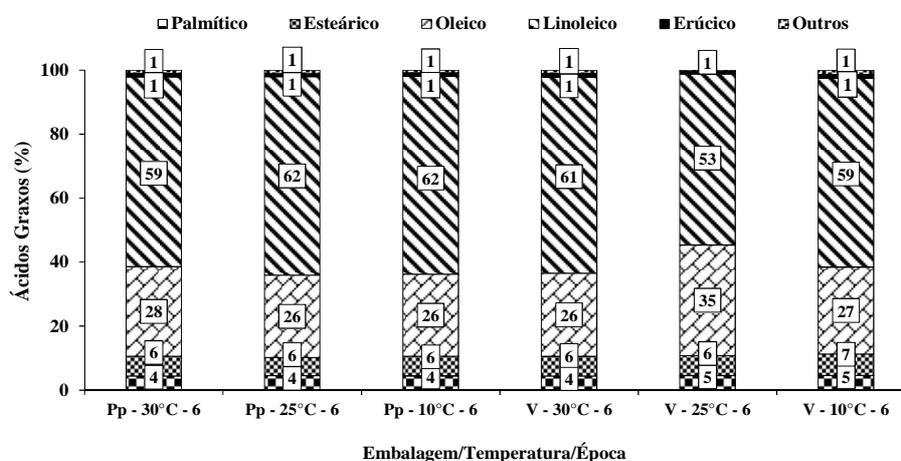


Figura 27 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses. Lavras, MG, 2013

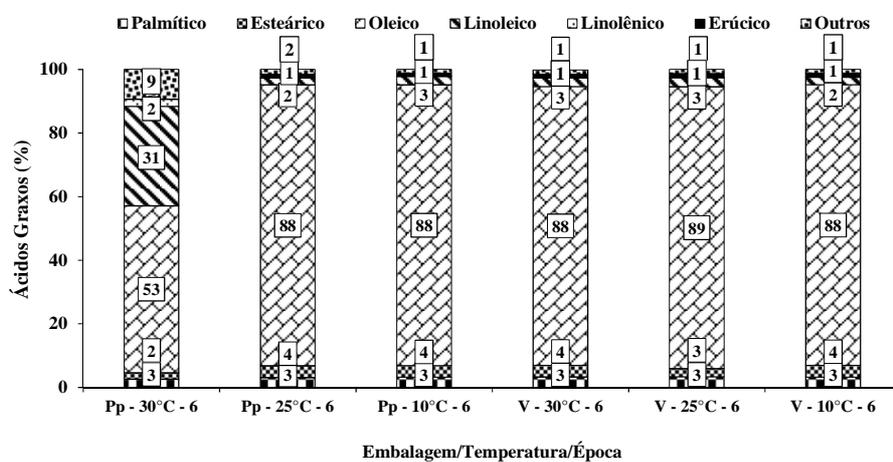


Figura 28 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 6 meses. Lavras, MG, 2013

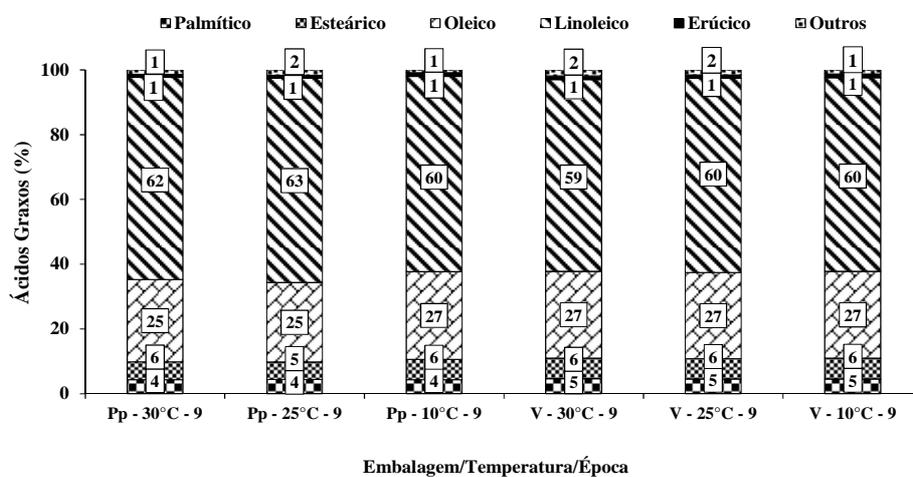


Figura 29 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses. Lavras, MG, 2013

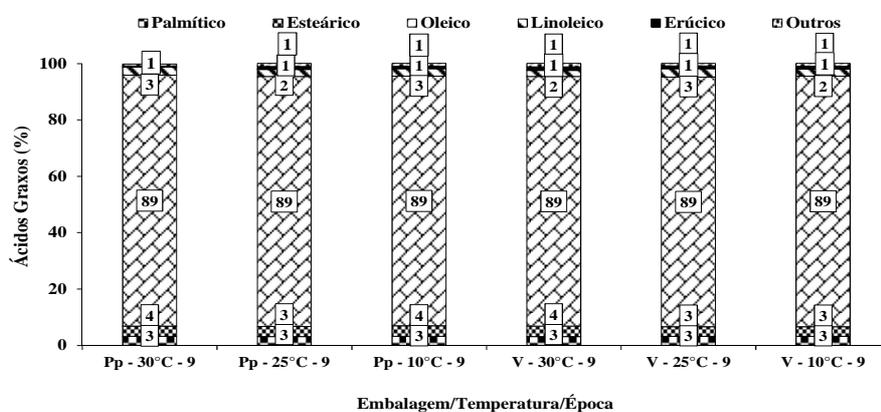


Figura 30 Ácidos graxos (%) associados às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 9 meses. Lavras, MG, 2013

### 3.3 Determinação tocoferol

Os resultados obtidos das análises de  $\gamma$ -tocoferol para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 encontram-se nas Tabelas 19 e 20 e nas Figuras 32 e 33.

Da análise da quantificação de  $\gamma$ -tocoferol observa-se o efeito das temperaturas e embalagens durante o armazenamento para ambas cultivares estudadas.

Os tocoferóis são substâncias com atividade antioxidante e fazem parte da vitamina E, presentes nos lipídios das sementes de girassol, em concentrações variáveis entre 300 a 900 mg/kg (TELLES, 2006), cuja estrutura química encontra-se na Figura 31.

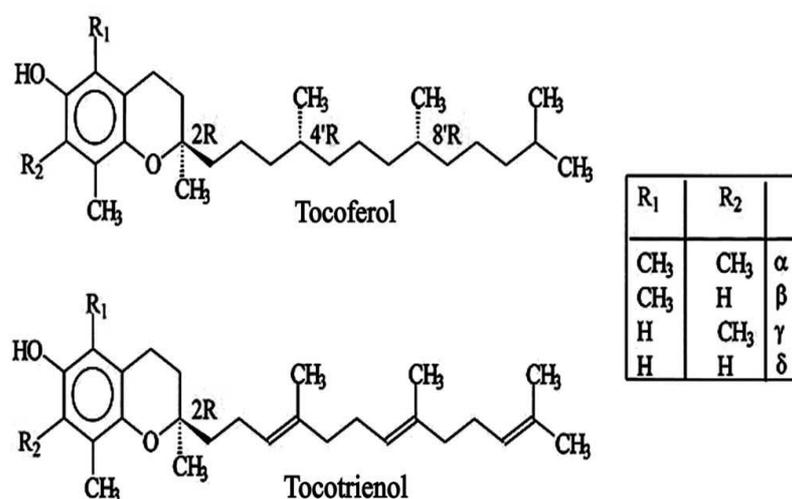


Figura 31 Estrutura química dos tocoferóis e tocotrienóis (GUINAZI et al., 2009)

Com atividade antioxidante, o  $\gamma$ -tocoferol apresenta maior atividade que o  $\alpha$ -tocoferol (GUINAZE et al., 2009), podendo estar correlacionado com a qualidade das sementes, para detectar a deterioração durante o armazenamento das sementes.

Para a cultivar Aguará-4 (Tabela 19; Figura 32), nas sementes acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas a temperatura de 30°C observa-se um incremento de 17mg/kg com três meses e de 15mg/kg no sexto e nono mês de armazenamento. Nas mesmas condições, sementes embaladas a vácuo apresentam diferente comportamento, com menores valores de atividade, com redução de 6mg/kg no terceiro mês incrementos de 16mg/kg no sexto mês e reduções de 28mg/kg no nono mês de armazenamento. Para as sementes acondicionadas em embalagem de papel mantidas a 25°C, no nono mês de armazenamento observa-se um incremento no final do armazenamento de 21 mg/kg. Nas mesmas condições de temperatura verifica-se um incremento do  $\gamma$ -tocoferol nas sementes embaladas a vácuo, de 36mg/kg no terceiro mês e de

25mg/kg no nono mês de armazenamento. As maiores quantidades de  $\gamma$ -tocoferol foram verificadas no armazenamento das sementes a 10°C para embalagens de papel e vácuo, com acréscimos crescentes ao longo do armazenamento até o sexto mês. No final do armazenamento para sementes embaladas em papel ocorreu redução de 103mg/kg, e para sementes embaladas á vácuo uma redução de 113mg/kg, resultados que se correlacionam com a qualidade fisiológica das sementes obtidas pelos testes de germinação (Capítulo 1, Figuras 4 e 5), sugerindo maiores atividades o  $\gamma$ -tocoferol nas sementes de qualidade fisiológica superior ao longo do armazenamento nas diferentes condições. Cabe salientar que para as cultivares estudadas os valores de  $\gamma$ -tocoferol obtidos foram superiores aos referenciados para a espécie na literatura que é de 25,40 de  $\beta$  + $\gamma$  tocoferóis (ZAMBIAZE, 1999).

Tabela 19 Concentrações de Gama-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	43 Aa	43 Aa	63 Ba	75 Aa	129 Ba	207 Aa	16 Ba	104 Aa
Temp.25°C	18 Bc	31 Ab	54 Ab	21 Bb	38 Ab	27 Bb	14 Bb	48 Ab
Temp.30°C	26 Bb	32 Ab	20 Ac	15 Bc	36 Ac	28 Bb	8 Bc	43 Ac
CV (%)	0.95							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

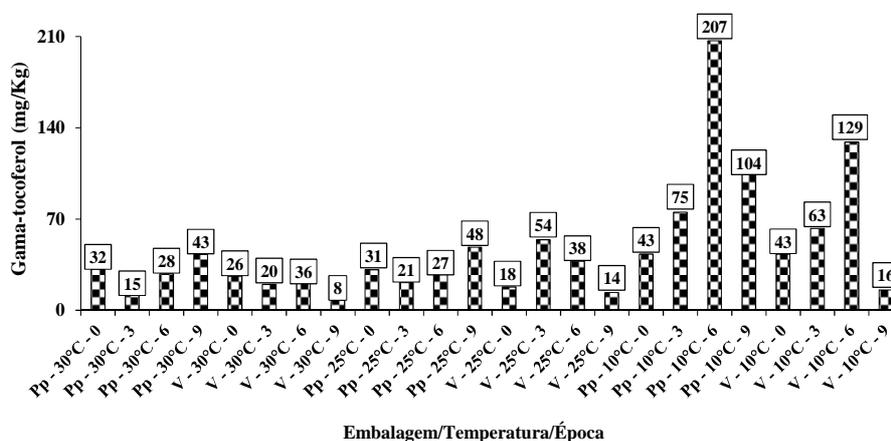


Figura 32 Gama-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

Para a cultivar Olisun-3 (Tabela 20; Figura 33) observa-se na época inicial (zero) quando da instalação do experimento, que o simples fato de acondicionar as sementes a vácuo, por ocasião da, no período de dez dias em que foram mantidas em condições ambientes de laboratório foi o suficiente para promover um incremento significativo na atividade do  $\gamma$ -tocoferol, condição onde observa-se os maiores valores. Quanto às sementes acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas a temperatura de 30°C observa-se um incremento de 18mg/kg 2mg/kg e com três e seis meses e redução de 1mg/kg no nono mês de armazenamento. Na mesma condição de temperatura, para as sementes embaladas a vácuo houve uma redução na atividade do  $\gamma$ -tocoferol de 93mg/kg no terceiro mês de armazenamento. Sementes acondicionadas em embalagem de papel e mantidas a temperatura de 25°C a maior atividade antioxidante foi verificada no sexto mês de armazenamento com incremento de 16mg/kg, porém quando embaladas a vácuo observa-se reduções de 25mg/kg

com acréscimo de 8mg no final do período de armazenamento. As quantidades de  $\gamma$ -tocoferol com nove meses de armazenamento são mantidas para as diferentes condições. Cabe salientar que, nos tratamentos de embalagens de papel mantidas a 30°C, com seis e nove meses de armazenamento, quando não foi verificada germinação e emergência, detectou-se ainda a presença do  $\gamma$ -tocoferol.

Tabela 20 Concentrações do Gama-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
Embalagem	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	89 Ac	19 Bb	31 Bc	57Aa	30 Bb	45 Ab	45 Aa	44 Ba
Temp.25°C	125 Ab	26 Ba	58 Aa	30 Bc	33 Ba	47 Aa	45 Aa	44 Aa
Temp.30°C	144 Aa	20 Bb	51 Ab	38 Bb	30 Bb	41 Ac	45 Aa	40 Bb
CV (%)	1.65							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

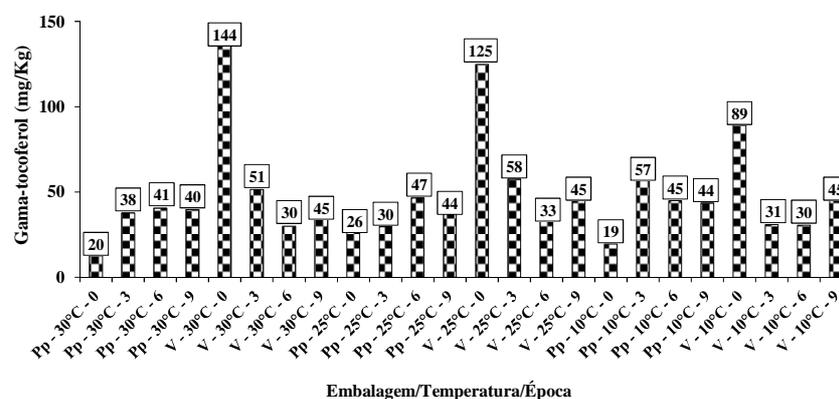


Figura 33 Gama-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

Os resultados obtidos das análises de alfa-tocoferol para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 encontram-se nas Tabelas 21 e 22, e nas Figuras 34 e 35, respectivamente. Da quantificação de  $\alpha$ -tocoferol observa-se o efeito das temperaturas e embalagens durante o armazenamento para ambas cultivares estudadas.

O  $\alpha$ -tocoferol representa a maior parte da vitamina E *in vivo* e tem ação de oxidante quando presente em lipídios autoxidáveis, sendo, portanto, um parâmetro que permite avaliar os processos deteriorativos das sementes ao longo do armazenamento.

Com valores mais expressivos que o  $\gamma$ -tocoferol, observam-se incrementos significativos do  $\alpha$ -tocoferol durante o armazenamento das sementes de girassol de ambas cultivares. Na condição de embalagem de papel as sementes quando mantidas a 30°C apresentam um acréscimo da atividade do  $\alpha$ -tocoferol de 260mg/kg no sexto mês de armazenamento, com redução de 207mg/kg no final do período, ocasião em que as sementes não apresentavam germinação e emergência (Capítulo 1, Figuras 11, 12 e 17, 18). Comportamento semelhante foi verificado quando das sementes embaladas a vácuo na condição de 30°C no sexto mês de armazenamento, com incremento de 266mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol. Acréscimos da quantidade de  $\alpha$ -tocoferol foram constatados com seis meses de armazenamento a temperatura de 25°C, de 327mg/kg para sementes acondicionadas em embalagens de papel e de 268mg/kg para sementes embalagem a vácuo. Observa-se redução de 133mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol o nono mês de armazenamento para sementes acondicionadas em embalagem de papel, no entanto acréscimo de 112mg de  $\alpha$ -tocoferol para sementes embaladas a vácuo no final do armazenamento.

Para a cultivar Aguará-4, os maiores valores de  $\alpha$ -tocoferol (Tabela 21) foram observados quando do armazenamento das sementes a 10°C, para as diferentes embalagens.

Tabela 21 Concentrações de Alfa-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	51 Aa	44 Aa	48 Ba	447 Aa	313 Ba	489 Aa	405 Aa	306 Ba
Temp.25°C	35 Ab	32 Ab	21 Bb	53 Ab	289 Bb	380 Ab	401 Aa	247 Bb
Temp.30°C	27 Ab	33 Ab	21 Ab	18 Ac	287 Ab	278 Bc	157 Ab	71 Bc
CV (%)	2.95							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Verifica-se no sexto mês de armazenamento aumentos de 403mg/kg para sementes em embalagem de papel e de 265mg/kg a vácuo, contudo observa-se na embalagem a vácuo um acréscimo de 92mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol nas sementes, no entanto para as sementes em embalagem de papel constata-se redução de 183mg/kg da  $\alpha$ -tocoferol. Os resultados obtidos correspondem à qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento sugerindo a ação do atividade do  $\alpha$ -tocoferol na preservação e retardamento do processo de deterioração das sementes de girassol (Capítulo 1, Figuras 11, e 17).

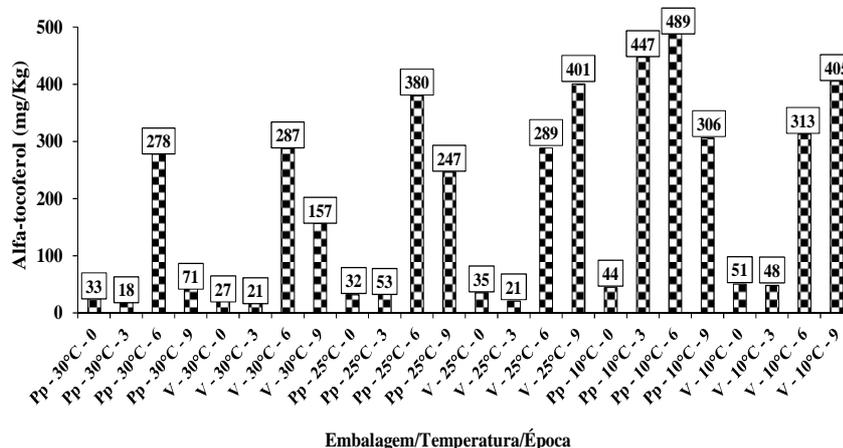


Figura 34 Alfa-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

Da análise da quantificação do  $\alpha$ -tocoferol da cultivar Olisun-3, alto oleico, constatou-se efeito de temperatura e embalagens durante o armazenamento das sementes (Tabela 22).

Tabela 22 Concentrações do Alfa-tocoferol (mg/Kg) para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	438 Ba	460 Aa	344 Aa	191 Ba	825 Aa	378 Ba	710 Aa	698 Ba
Temp.25°C	123 Ab	64 Bb	257 Ab	79 Bb	496 Ab	371 Bb	313 Bc	380 Ab
Temp.30°C	39 Bc	49 Ac	156 Ac	68 Bc	378 Ac	342 Bc	323 Bb	381 Ab
CV (%)	0.25							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Paras as sementes em embalagens de papel e mantidas a 30°C verifica-se um aumento do  $\alpha$ -tocoferol de 275mg/kg e 38mg/kg no sexto e nono mês de armazenamento. Na mesma condição de temperatura, para sementes embaladas a vácuo, detectou-se incrementos de  $\alpha$ -tocoferol de 117mg/kg e de 222mg/kg com três e seis meses e redução de 55mg/kg no nono mês de armazenamento. Resultados distintos foram observados na temperatura de 25°C de armazenamento quando as sementes encontravam-se acondicionadas em embalagem de papel, onde se constata incrementos durante todo o período com maiores acréscimos do  $\alpha$ -tocoferol, de 292mg/kg, no sexto mês de armazenamento. Contudo, em sementes embaladas a vácuo, verifica-se incremento de 134mg/kg e 239mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol no terceiro e sexto mês, respectivamente, e redução de 183mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol. Na condição de temperatura de 10°C, sementes embaladas a vácuo apresentaram reduções de 269mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol no terceiro mês e incrementos de 187mg/kg e 327mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol foram verificados no sexto e nono mês de armazenamento. Nas mesmas condições de temperatura de armazenamento, para as sementes embaladas a vácuo foi constatado acréscimos de  $\alpha$ -tocoferol no sexto mês de armazenamento, com reduções de 115mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol no final de nove meses. A exemplo da cultivar Aguará-4 os resultados obtidos correspondem à qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento sugerindo a ação do atividade do  $\alpha$ -tocoferol na preservação e retardamento do processo de deterioração das sementes de girassol (Capítulo 1, Figuras 12 e 18).

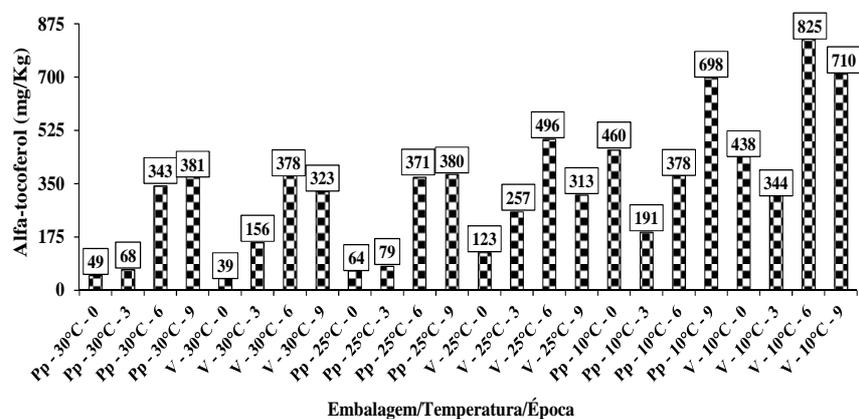


Figura 35 Alfa-tocoferol (mg/Kg) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

A vitamina E tem ação antioxidante e tem maior atividade na forma de  $\alpha$ -tocoferol, tocoferol lipossolúvel. Nas sementes convencionais, há predominância de  $\gamma$ -tocoferol e, nas transgênicas, 85 a 95% está na forma de  $\alpha$ -tocoferol, o que representa um aumento na atividade de vitamina E.

Os resultados obtidos das análises vitamina E de para as cultivares Aguará-4 e Olisun-3 encontram-se nas Tabelas 23 e 24.

Da quantificação de vitamina E observa-se o efeito das épocas, temperaturas e embalagens durante o armazenamento para ambas cultivares estudadas. Maiores oscilações, com redução e acréscimo, nos teores de vitamina E foram constatadas nas diferentes condições de armazenamento na cultivar Aguará-4.

As sementes da cultivar Aguará-4 (Tabela 23) acondicionadas em embalagens a vácuo, em todas as épocas de armazenamento, apresentaram teores mais elevados quando na condição de temperatura de 10°C. Comportamento

semelhante para as sementes acondicionadas em embalagem de papel, no sexto e nono mês de armazenamento. No final do armazenamento, no sexto e nono mês, maiores teores de vitamina E foram observados quando as sementes se encontravam acondicionadas em embalagens de papel a temperaturas de 25 e 30°C.

Tabela 23 Concentrações de Vitamina E para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	941.3Aa	875.7Ba	111.3Ba	522.6Ab	441.8Ba	695.7Aa	420.8Aa	410.2Aa
Temp.25°C	533.6Bb	632.6Ab	75.0Bb	745.8Aa	326.2Bb	407.1Ab	414.4Aa	294.9Bb
Temp.30°C	535.8Bb	644.2Ab	40.8 Bc	336.8Ac	322.9Ab	306.0Bc	165.1Ab	114.1Bc
CV (%)	1.77							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Para o comportamento do teor de vitamina E, da cultivar Olisun-3, alto oleico (Tabela 24), observam-se maiores teores nas sementes embaladas a vácuo e mantidas no ambiente de 10°C para todas as épocas de armazenamento. Independente da temperatura de armazenamento as sementes embaladas a vácuo apresentaram maiores teores de vitamina E até o sexto mês de armazenamento, contudo as sementes em embalagem de papel, mantidas a 25 e 30°C no nono mês de armazenamento apresentaram teores maiores teores de vitamina E quando comparadas a embalagem a vácuo.

Tabela 24 Concentração de Vitamina E para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	527.1Aa	479.9Ba	375.0Aa	247.6Ba	855.4Aa	422.6Ba	755.0Aa	741.2Ba
Temp.25°C	248.1Ab	89.9 Bb	315.0Ab	108.3Bb	528.6Ab	417.8Bb	357.8Bc	424.3Ab
Temp.30°C	182.2Ac	68.9 Bc	207.7Ac	105.6Bb	408.3Ac	383.0Bc	368.7Bb	420.9Ac
CV (%)	0.43							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Cabe ressaltar que, os valores obtidos de vitamina E para ambas as cultivares, foram superiores as médias de 378mg/kg, normalmente sugerido pela pesquisa (SKRBIC; FILIPCEU, 2008). Os resultados obtidos se correlacionam com a qualidade fisiológica verificada durante o armazenamento para os diferentes tratamentos, apresentada no Capítulo 1, reforçando a atividade antioxidante da vitamina E retardando o processo deteriorativo das sementes de girassol das cultivares estudada durante o armazenamento.

### 3.4 Determinação do grau de Acidez

O grau de acidez é definido como o número de (mg) de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres presentes em um grama de óleo ou gordura.

A acidez livre de um óleo decorre da hidrólise parcial dos glicerídeos, razão pela qual não é uma constante ou característica e sim, uma variável intimamente relacionada com a natureza e a qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza do óleo com as condições de conservação (MORETTO e FETT, 1998).

Nas sementes de oleaginosas, como girassol, uma quantidade expressiva de ácidos graxos livres é um indicativo que a semente encontra-se em acelerado grau de deterioração, e como principal consequência é a elevação da acidez. Um elevado índice de acidez é indicativo de que os lipídios estão sofrendo quebras em suas cadeias de trigliceróis, liberando seus principais constituintes, os ácidos graxos. RIBEIRO e SERAVALLI (2004) revelam que o estado de conservação do óleo está intimamente relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza do óleo e, com as condições de conservação no armazenamento, pois a decomposição dos glicerídeos é acelerada em temperaturas elevadas e exposição a luz., sendo a rancificação quase sempre acompanhada da formação de ácido graxo livre.

Portanto a acidez do óleo decorre de hidrólise enzimática, em função de diversos fatores, principalmente umidade das sementes, secagem e condições de armazenamento.

Para cultivar Aguará-4 (Tabela 25; Figura 36), os menores percentuais de acidez foram observados para as sementes embaladas a vácuo e papel quando mantidas nas condições de temperatura do ambiente de armazenamento de 10°C. Constatou os menores índices de acidez para as sementes embaladas a vácuo em todas as épocas e condições de armazenamento. No entanto, sementes armazenadas por seis e nove meses em embalagem de papel e mantidas na temperatura de 30°C apresentaram maiores percentuais de acidez, condição esta em que as sementes não se encontravam viáveis pelo teste de germinação (Capítulo 1, Figura 4). O alto teor de acidez do óleo aumenta a perda da neutralização, sendo também indicador de sementes de baixas qualidades, de manuseio e armazenamento inadequados (ANGELUCCI et al., 1987),

Tabela 25 Concentrações da Acidez (%) para a cultivar Aguará-4, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	3.0Aa	2.9Aa	2.9Bc	3.1Ab	2.7Bc	3.5Ac	3.2Bb	3.4Ac
Temp.25°C	2.8Bb	3.0Aa	3.2Ab	3.3Aa	3.1Bb	5.3Ab	3.8Ba	5.6Ab
Temp.30°C	3.0Aa	3.0Aa	3.4Aa	3.3Aab	3.4Ba	12.4Aa	3.9Ba	100.0Aa
CV (%)	1.28							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

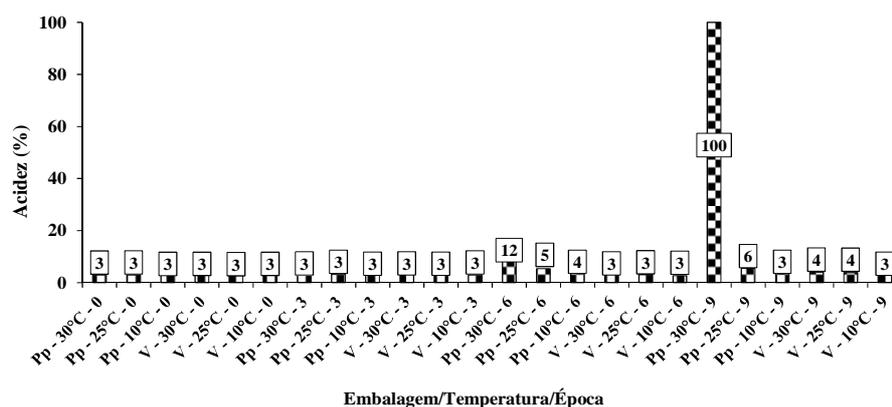


Figura 36 Acidez (%) associada às sementes de girassol, cultivar Aguará-4. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

Para as sementes da cultivar Olisun-3 (Tabela 26; Figura 37), alto oleico, observa-se comportamento diferente. Sementes embaladas a vácuo se comportaram igualmente independente da temperatura de armazenamento no terceiro mês, no entanto quando em embalagem de papel os menores valores ocorreram tanto na condição de 10 como de 30°C de armazenamento.

Aos seis meses de armazenamento as sementes acondicionadas em embalagens de papel mantidas a 10 e 25°C e, embalagem a vácuo a 25°C, apresentaram os menores índices de acidez. A acidez do óleo bruto de girassol em g de ácido oleico/100g para consumo, de acordo com a ANVISA (BRASIL, 2005), deve ser < 2,0.

No final do período de armazenamento os menores percentuais de acidez foram observados quando as sementes foram mantidas a 10°C independente do tipo de embalagem, no entanto acidez máxima foi verificada na condição de embalagem de papel mantida a 30°C, quando não mais se verificava a presença de sementes viáveis pelos testes de germinação e emergência. Os resultados do índice de acidez, para ambas cultivares, coincidem com os melhores resultados de qualidade fisiológica, apresentadas no 1 Capítulo (Figuras 11 a 20).

Tabela 26 Concentrações da Acidez (%), para a cultivar Olisun-3, em função das embalagens (Papel e Vácuo) e temperaturas de armazenamento (10°C, 25°C e 30°C) nas diferentes épocas de armazenamento

Embalagem	Épocas (Meses)							
	0		3		6		9	
	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel	Vácuo	Papel
Temp.10°C	2.9Ab	3.0Aab	2.4Ba	3.0Ab	3.2Aa	2.8Bb	3.1Bc	3.2Ac
Temp.25°C	2.9Ab	2.89b	2.3Ba	3.3Aa	2.8Bc	3.0Ab	5.3Aa	4.1Bb
Temp.30°C	3.1Aa	3.1Aa	2.3Ba	3.0Ab	3.0Bb	3.9Aa	3.6Bb	17.1Aa
CV (%)	2.12							

Médias seguidas por letras **minúsculas** distintas nas **colunas** e **maiúsculas** nas **linhas** diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

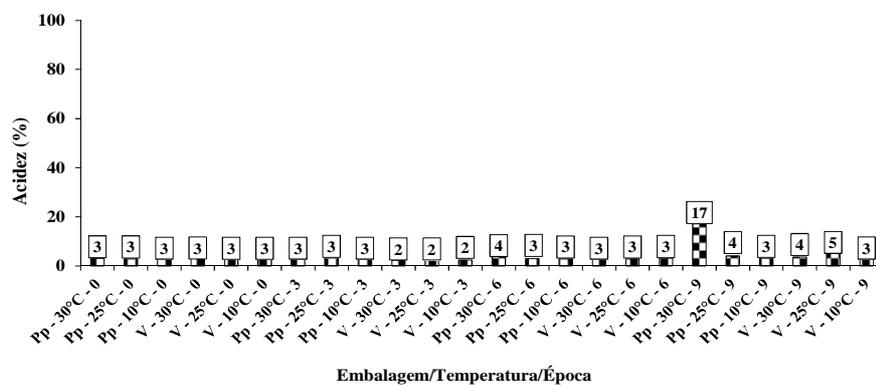


Figura 37 Acidez (%) associada às sementes de girassol, cultivar Olisun-3. Pp: embalagem de papel; V: embalagem a vácuo; temperaturas de armazenamento: 30, 25 e 10°C; aos 0, 3, 6 e 9 meses. Lavras, MG, 2013

#### 4 CONCLUSÕES

- A composição química é afetada nas diferentes condições de armazenamento das sementes de girassol.
- A presença de elevado teor de ácidos graxos oleico não influencia na qualidade das sementes de girassol no armazenamento.
- As quantidades de ácidos graxos monoinsaturados para a cultivar Aguará-4 e polinsaturados para a cultivar Olisun-3 são mantidas durante o armazenamento em todas as condições.
- A proporção de ácidos graxos é alterada pelos efeitos das embalagens e temperaturas ao longo do armazenamento das sementes para a cultivar Aguará.
- Os ácidos graxos para a cultivar Olisun-3, alto oleico, não sofreu alterações nas diferentes épocas sem efeito de embalagens e temperaturas de armazenamento.
- A atividade antioxidante dos  $\gamma$  e  $\alpha$  tocoferóis e vitamina E é acentuada para a manutenção da qualidade das sementes de girassol durante o armazenamento nas diferentes condições.
- O índice de acidez do óleo de girassol é um eficiente parâmetro para avaliar a deterioração das sementes durante o armazenamento.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. A. de S. **Sistemas de armazenamento e aplicabilidade do teste de condutividade elétrica em sementes de girassol**. Originalmente apresentada com tese de doutorado. Universidade federal de Lavras, Lavras, MG: UFLA, 2010.

ABREU, L. A. de S.; CARVALHO, M. L. M. de; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. de A. Deterioration of sunflowers seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.240-247, 2013.

AGUIAR, R. H. **Avaliação do girassol durante o armazenamento, para uso como semente ou para extração de óleo**. Originalmente apresentada com Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

AGUIRREZÁBAL, L.A.N. et al. Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. **Crop Science Society of América**, Madison, v.43, n.1, p.152-161, 2003.

ALONSO, D. L.; MAROTO, F. G. Plant as “chemical factories” for the production of polyunsaturated fatty acids. **Biotechnology Advances**, v.19, p.481-497, 2000.

ALVES, F. V.; SÁ JÚNIOR, a. de; SANTANA, D. G.; SANTOS, C. M. dos. Composição química e qualidade fisiológica de sementes de girassol de plantas submetidas à composição intraespecífica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.3, p.457-465, 2012.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO, N. R. P.; FIGUEIREDO, B. I.; MANTOVANI, B. M. D.; MORAES, M. R. Análise química de alimentos: Campinas, São Paulo, 1987. 123p. (Manual Técnico).

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

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Association Official Analytical Chemist, Arlington, VA. 1990.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC. **Official methods of analysis**, 16<sup>th</sup> ed. Association Official Analytical Chemist, Arlington, USA, v.1, 1995.

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

BALESEVIC-TUBIC, S.; MALENCIC, D.; TALIC, M.; MILADINOVIC, J. Influence of ageing process on biochemical changes in sunflower seeds. **Helia**, Novi Sad, v. 28, n. 42, p.107–114, 2005.

BALEŠEVIĆ-TUBIĆ; S., TATIĆ, M.; MILADINOVIĆ, J.; PUCAREVIĆ, M. Changes of fatty acids content and vigour of sunflower seed during natural aging. **Helia**, v. 30, n. 47, p. 61-67, 2007.

BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C.; Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, Bethesda, v.98, n.3, p.1207-1210, 1992.

BITTENCOURT, J. F. N.; SADER, R.; MORAES, R. M. de. Variação dos teores de proteína, óleo e ácidos oleico e linoleico durante a maturação de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, n.3, p.76-88, 1990.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais**. Brasília: DOU, anexo 5, 2005. (Resolução RDC, 270).

BUCKERIDGE, M.S., PANEGASSI, V.R. & DIETRICH, S.M.C. Storage carbohydrate mobilisation in seeds of *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae) following germination. **Revista Brasileira de Botanica**, v. 18, n.2, p.171-175, 1995.

CALAROTA, N. E.; CARVALHO, N. M. de. Efeitos da adubação nitrogenada em cobertura sobre os conteúdos de óleo e de proteína a qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, n.3, p.41-50, 1984.

CARMO, J. R. do. **Qualidade de silagem ácidas de resíduos de filetagem em tilápia (*Oreochromis niloticus*) elaboradas com ácidos orgânicos**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Ciências de Alimentos. Universidade Federal de Lavras –UFLA, 2009.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 24p. (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 58).

CARLUCCI, G., MAZZEO, P., DEL GOVERNATORE, S., DI GIACOMO, G., DEL RE, G. Liquid chromatographic method for the analysis of tocopherols in malt sprouts with supercritical fluid extraction. **Journal of Chromatography**. v. 935, p. 87-91, 2001.

CARRÃO-PANIZZI, M.C; MANDARINO, J.M.G. **Girassol Derivados Proteicos**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 27p. (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 74).

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

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

CHEUNG, L. M., CHEUNG, P. C. K., OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry**. v. 81, p. 249-255, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB.

**Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, oitavo levantamento, maio de 2013. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_05\\_09\\_11\\_56\\_07\\_boletim\\_2\\_maio\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_09_11_56_07_boletim_2_maio_2013.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2013.

COSTA, B. J.; ZAGONEL, G. F. Potencial do óleo do amendoim como fonte de biodiesel. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. M. F.

**Amendoim:** o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília: EMBRAPA, Cap.13, p. 211-220, 2009.

DIAZ, T. G.; MERÁS, T. D.; CABANILLAS, A. G.; FRANCO, M. F. A.

Voltammetric behavior and determination of tocopherols with least squares calibration: analysis in vegetable oil samples. **Analytica Chimica Acta**, 2004, v. 511, p. 231-238.

DIOS, C. A. D. **Recomendaciones sobre el manejo y postcosecha del girasol.**

Pergamino: Estación Experimental Agropecuária de Pergamino, INTA, 1984. p.251 261.

EICHELBERGER, L.; MAIA, M. S.; PESKE, S. T.; MORAES, D. M.

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

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa da Soja. **Girassol**. Londrina, 20110. Disponível em<

[http://www.cnpsa.embrapa.br/index.php?op\\_page=55&cod\\_pai=39](http://www.cnpsa.embrapa.br/index.php?op_page=55&cod_pai=39)>. Acesso em: 03 fev. 2013.

FEHR, W. R. Breeding for modified fatty acid composition in soybean. **Crop Science**, v. 47, n.3, p. 72-87, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, MG: UFLA, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIRESTONE, D. **Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes**. Washington: AOCS, 1999. 152 p.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biological Chemistry**, v. 226, n.1, p.497-509. 1957.

FRANKEL, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**. vol. 57, n. 1, p. 51-55, 1996.

FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; OLIVEIRA, M. G. A. 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.

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.

GUINAZI, M.; MILAGRES, R. C. R. M.; SANT'ANA, H. M. P.; CHAVES, J. B. P. Tocoferóis e tocotrienóis em óleos vegetais e ovos. **Química Nova**, 32, n.8, p.2098-2103, 2009.

GUPTA, R.; SHARMA, S.; MUNSHI, S. K. Physical characteristics and biochemical composition of seed influence by their position different whorls effects of sunflower head effect of storage. **Helia**, v. 32, n.50, p.135-144, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, p. 117-121. 2005.

KARLESKIND, A. **Oils and fat manual**: a comprehensive treatise-properties, production and applications, Londres, v.1, p.118-124 e 134-139, 1996.

LIMA, J. R.; GONÇALVES, L. A. G; Quantificação de tocoferóis em óleos de milho, soja, castanha-do-pará e castanha de caju por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa. **Alim. Nutr.**, São Paulo, v.98, p.65-73, 1997.

MACHADO, A. C. do C. C. R. **Implementação de um método para a determinação de hidrocarbonetos alifáticos saturados em óleo de girassol por cromatografia gasosa**. Originalmente apresentada como Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2011.

MANDARINO, J. M. G. Óleo de girassol com alimento funcional. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGUENTI, A. M.; CASTRO, C. de (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2005. p.43-49.

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

MORAES, R. M. A. **Eficiência de seleção para teores de ácido oleico e linolênico em soja cultivada em duas temperaturas**. Originalmente apresentada com Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: UFV, 1999.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**, São Paulo: Varela, 150 p. 1998.

MORETTO, E., FETT, R., GONZAGA, L., KUSKOSKY, E. M. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 255 p. 2002.

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

MUNSHI, S. K.; KAUSHAL, B.; BAJAJ, R. K. Compositional changes in seeds influenced by their positions in different whorls of mature sunflowers head. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, p.1622-1626, 2003.

OLIVEIRA, M.A.; REIS, R.B.; LADEIRA, M.M. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.759-766, 2008.

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

PEREZ, E. E.; CARELLI, A. A.; CRAPISTE, H. G. Chemical characterization of oilz and meals from wild sunflower (*Helianthus petiolaris* Nutt). **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaing, v.81, n.3, p.245-249, 2004.

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. **Plant Physiology**, v.63, p.726-729, 1983.

PRZYBYLSKI, R.; DAUN, J.K. Additional Data on the Storage Stability of Milled Flaxseed. **Journal of American Oil Chemists Society**, 78:105-106, 2001.

RADIC, V. et al. Interdependence of sunflower seed quality parameters. **Helia**, v.32, n.50, p.157-164, 2009.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**. n. 27, p.60-67, 2007.

REZK, B. M.; HAENEN, G. R. M.; VIJGH, W. J. F. VAN DER; BAST, A. The extraordinary antioxidant activity of vitamin E phosphate. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1683, p. 16-21, 2004.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**, p.194. 2004.

SANTOS, R. C. dos; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. ZAGONEL, L. M.; JORGE, B. Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.72-77, 2012.

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

SKRBIC, B., FILIPCEV, B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. **Food Chemistry**, v. 108, p. 119-129, 2008.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of storage desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: KIMOJEL, Y.; GOLILI, G. (Eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., p.701-746, 1995.

SILVEIRA, J. M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C. M.; PORTUGAL, F. A. F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENT, A. M.; CASTRO, C. (Ed.) **Girassol do Brasil**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 2005. cap. 14, p.376-409.

SOARES, S. E. Ácidos Fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p.71 - 81, 2002.

TAVOLJANSKIY, N. P. et al. Development of original material for sunflower breeding for seed characteristics, oil and protein quality in the conditions of central-chemozen. **Helia**, v.27, n.40, p.117-122, 2004.

TELLES, M. M. C. **Caracterização dos grãos, torta e óleo de três variedades de girassol (*Helianthus annuus* L.) e estabilidade química do óleo.** Originalmente apresentada como Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

THOMAZ, G. L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L. O.; NOGUEIRA, R. R. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro Sul do Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2; 2012.

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, 1952.

VIANNI, R; BRAZ-FILHO, R. Ácidos graxos naturais: importância e ocorrência em alimentos. **Química Nova**. Campos, v.19, n.4, p.400-407, 1996.

VIEIRA, O. V. **Ponto de maturação ideal para a colheita do girassol visando alta qualidade da semente.** Originalmente apresentada como tese de Doutorado em Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

WARNER, K.; FEHR, A. E. W. Mid-oleic/ultra low linoleic acid soybean oil: a healthful new alternative to hydrogenated oil for frying. **Journal of American Chemists Society**, v.83, n.11, p.945-951, 2008.

WROLSTAD, R. E. **Analysis of tocopherols and tocotrienols**. In: Current protocols in food. Analytical Chemistry (CPFA), (Eds.) R. E. Wrolstad. John & Sons, 2003.

ZAMBIAZI, C. **Oxidation reactions of vegetable oils and fats**. Boletim SBCTA, v.33, n.1, p.1-7, 1999.

ZIMMERMAN, D. C.; FICK, G. N. fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) oil as influenced by seed position. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v. 50, p.273-275, 1973.

### **CAPÍTULO 3**

#### **DISCUSSÃO GERAL**

As pressões de mercado tendem a favorecer as empresas produtoras de sementes de girassol que priorizam os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários dos diversos materiais genéticos disponibilizados no comércio.

A qualidade da semente é o principal fator para o incremento da produção e produtividade do girassol. Semente colhida com alto potencial fisiológico e sendo armazenada em condições adequadas proporcionará o sucesso do empreendimento.

Com a expansão da cultura de girassol e crescente procura por sementes de qualidade, e por ser uma espécie oleaginosa com elevado teor de lipídios, verifica-se a necessidade de diagnosticar através de pesquisas as melhores condições de conservação das mesmas, uma vez que não existem na literatura suficientes informações sobre as condições ideais para a manutenção da qualidade de sementes de girassol e de pesquisa que evidenciem diferenças entre o conteúdo e a qualidade do óleo em sementes de girassol ao longo do armazenamento, bem como a participação de substâncias antioxidantes no processo de deterioração.

Em decorrência deste fato procurou-se com este estudo avaliar o comportamento de dois materiais genéticos oleosos de girassol com características distintas quanto à qualidade de lipídios contidos em suas sementes, armazenados em diferentes embalagens e condições de temperatura e as alterações na qualidade fisiológica, sanitária, bioquímica, composição, quantificação e qualidade dos ácidos graxos, bem como a atividade antioxidante do tocoferol.

Foram avaliados os comportamentos, ao longo do armazenamento, de duas cultivares com teores médios de 50% de lipídios. A cultivar Aguará-4, conhecida com convencional por ter na sua composição 60% de ácidos graxos na forma polinsaturada com maior ocorrência do ácido linoleico e a cultivar

Olisun-3 que difere pela característica de possuir 83% de ácido graxo monoinsaturado na forma de ácido oleico.

Referente à qualidade fisiológica, com três meses de armazenamento nas diferentes condições ocorreu redução na viabilidade das sementes de girassol á 30°C com o uso de embalagem de papel. A viabilidade das sementes de girassol das cultivares convencional (Aguará-4) e alto oleico (Olisun-3) apresentaram redução a partir do sexto mês de armazenamento à 25°C para ambas as embalagens estudadas, sendo que a redução foi mais acentuada com o uso de embalagem de papel. Cabe salientar que sementes de girassol são armazenadas e comercializadas em embalagem de papel com prazo de validade do teste de germinação de 6 meses, e da reanálise de 4 meses, excluído o mês em que o teste de germinação foi concluído e, armazenadas na maioria das vezes, em condições de ambiente.

Referente à qualidade fisiológica, sanitária, bioquímica, de composição centesimal e de atividade de substâncias antioxidantes não foi detectado diferenças entre os híbridos estudados nas diferentes condições de armazenamento, sugerindo que para a conservação e manutenção da qualidade a mesma tecnologia poderá ser empregada para ambos.

No entanto, ao analisar o comportamento dos ácidos graxos no processo de deterioração das sementes de girassol nas diferentes condições de armazenamento, foi possível constatar a estabilidade oxidativa da cultivar Olisun-3, alto oleico. Nas condições de armazenamento não ocorreram transformações nos ácidos graxos para este material genético que se manteve no período de nove meses com média 87% de ácido oleico apresentada na fase inicial.

Uma característica relevante foi observada com relação ao índice de acidez dos diferentes materiais trabalhados. Foi possível observar para a cultivar Aguará-4, convencional, com maior percentual de ácido linoleico na sua

composição química, o índice de acidez nas condições de perda total da viabilidade das sementes no final de nove meses de armazenamento, papel a 30°C, foi de 100%, no entanto para a cultivar Olisun-3, nas mesmas condições de armazenamento o óleo se apresentou menos ácido, com 17% de acidez, mostrando a estabilidade oxidativa do alto oleico que possui na sua constituição química 83% de ácido graxo insaturado na forma de ácido oleico.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo do armazenamento de sementes de espécies oleaginosas tem sido objeto de novas investigações, incluindo pesquisas relativas ao processo de deterioração de sementes, sendo que a redução no potencial de armazenamento está diretamente relacionada a esse processo inevitável, passível de ser minimizado com técnicas adequadas de conservação.

Novas ferramentas, como análises das propriedades físico- químicas, como o grau de acidez e da atividade antioxidante do tocoferol, presente naturalmente na semente que visam à avaliação da qualidade das sementes durante o armazenamento, bem como o processo de deterioração, deverão ser cada vez mais pesquisados, inclusive para sementes de outras espécies oleaginosas.