

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE SOJA COM ELEVADA
DANIFICAÇÃO POR PERCEVEJO NA LAVOURA

Autora: Jaqueline Ferreira Vieira Bessa
Orientador: Osvaldo Resende

Rio Verde – GO
Setembro – 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE SOJA COM ELEVADA
DANIFICAÇÃO POR PERCEVEJO NA LAVOURA

Autora: Jaqueline Ferreira Vieira Bessa
Orientador: Osvaldo Resende

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO
Setembro – 2017

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal Goiano

B557a Bessa, Jaqueline Ferreira Vieira
Armazenamento de grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura / Jaqueline Ferreira Vieira Bessa; orientador Osvaldo Resende; co-orientador Francisco Carlos Krzyzanowski. -- Rio Verde, 2017.
127 p.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2017.

1. Soja. 2. Grãos. 3. Armazenamento. 4. Percevejo. 5. Danificação. I. Resende, Osvaldo, orient. II. Krzyzyanowski, Francisco Carlos, co-orient. III. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE SOJA COM ELEVADA DANIFICAÇÃO
POR PERCEVEJO NA LAVOURA**

Autora: Jaqueline Ferreira Vieira Bessa
Orientador: Dr. Osvaldo Resende

TITULAÇÃO: Doutor(a) em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em
Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 21 de setembro de 2017.

Dra. Apolyana Lorryne Souza
Avaliadora externa
Agroverde – Rio Verde

Dra. Kelly Aparecida de
Sousa
Avaliadora externa
IF Goiano – Campus Rio
Verde

Prof. Dr. Celso Martins
Belisário
Avaliador externo
IF Goiano – Campus Rio
Verde

Prof.^a Dra. Ednalva Patrícia de Andrade
Silva
Avaliadora externa
IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Osvaldo Resende
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

A Deus, que me capacitou e me ensinou a adquirir sabedoria, ao meu esposo Eduardo,
pela paciência, amor e carinho,

OFEREÇO

A toda a minha família, que sempre enxergou a possibilidade de mais esta conquista,
em especial aos meus pais, Elton e Ione, que sempre mostraram a importância dos
estudos em minha vida; aos meus irmãos, Fernando, Katryne e Thais, para que
enxerguem esperança na educação do nosso país; e aos meus avós Eduardo, Florestina,
Belmiro e Cleuza, que não tiveram grandes oportunidades nos estudos, porém sempre
ensinaram a grande importância do caráter,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao grande e maravilhoso Deus, pela força, competência, coragem e dom da vida.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano e a todos os professores envolvidos na minha formação e no crescimento desta instituição de ensino e pesquisa.

Ao professor Dr. Osvaldo Resende, pela orientação e ensinamentos, bem como ao meu coorientador Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski, pela ajuda à formação deste projeto.

À Capes e ao CNPq, pelas bolsas de estudos concedidas durante este período árduo de pesquisas e conhecimentos.

Aos estudantes de Iniciação Científica e agora amigos, Rayr e Maria, que tanto contribuíram para as pesquisas. Aos colegas Carolina, Natália, Sebastião Neto, Gabrielly, Weder e Wallan Ruither, que nunca negaram auxílio aos experimentos.

A todos da equipe de José Ronaldo, em nome de Elivânio, e à empresa Caramuru Alimentos S/A, pelos auxílios e pelo trabalho competente que eles executam em seu dia a dia. Com a empresa privada aliada aos órgãos de ensino e pesquisa, somos mais fortes na aquisição e divulgação do conhecimento.

Aos colegas do Laboratório de Pós – Colheita de Produtos Vegetais, aos companheiros a aos que criticaram um muito obrigado, pois as críticas foram estímulos para a construção do meu experimento e crescimento intelectual.

A todos os professores do Instituto Federal Goiano, que têm colaborado para o forte crescimento e desenvolvimento deste órgão de educação e pesquisa, que tem sido referência em nosso país.

A todos os professores e colegas dos demais laboratórios do IF Goiano que auxiliaram para o desenvolvimento desta pesquisa.

BIOGRAFIA DA AUTORA

JAQUELINE FERREIRA VIEIRA BESSA, filha de Ione Ferreira Bessa e Elton Vieira Gomes, nascida em Rio Verde, Estado de Goiás em 06 de junho de 1989.

Foi alfabetizada no Colégio Estadual “Eugênio Jardim”, onde iniciou seus estudos em 1995, permanecendo até 2003. Coursou o 2º Grau no Colégio Estadual “Martins Borges” de 2004 a 2006.

Coursou entre 2004 e 2005 o curso de Técnico em Agropecuária, quando o Instituto Federal Goiano ainda se chamava CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde).

Em 2007, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrícola na UEG – Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás, obtendo o título de Engenheira Agrícola em 2011.

Em 2012, ingressou no então Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, na área de Pós-Colheita de Produtos Vegetais em busca da titulação de Mestre.

Em fevereiro de 2014, defendeu sua dissertação, parte indispensável para a obtenção de seu diploma.

Em abril de 2014, foi professora substituta em seis diferentes disciplinas da área de Engenharia II na mesma instituição. Em agosto do mesmo ano, ingressou no doutorado no mesmo programa e área de pesquisa, obtendo o título de Mestra.

Em setembro de 2017, defendeu sua tese para obtenção de seu tão esperado diploma de Doutora.

ÍNDICE GERAL

	Páginas
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xv
RESUMO GERAL.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Cultura da soja.....	3
2. Propriedades físicas dos grãos.....	4
3. Alterações do produto ao longo do armazenamento.....	6
4. Referências Bibliográficas.....	8
OBJETIVOS.....	13
1. Geral.....	13
2. Específicos.....	13
CAPÍTULO I - ARMAZENAMENTO DE SOJA COM ELEVADA PORCENTAGEM DE GRÃOS AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA.....	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1.1 INTRODUÇÃO.....	16
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
1.4 CONCLUSÕES.....	31

1.5 AGRADECIMENTOS.....	31
1.6 REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO II - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRÃOS DE SOJA ARMAZENADOS COM ELEVADA DANIFICAÇÃO POR PERCEVEJO NA LAVOURA.....	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
1.1 INTRODUÇÃO.....	35
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
1.4 CONCLUSÕES.....	57
1.5 AGRADECIMENTOS.....	57
1.6 REFERÊNCIAS	57
CAPÍTULO III - ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: AVALIAÇÕES QUÍMICAS.....	60
RESUMO.....	60
ABSTRACT.....	61
1.1 INTRODUÇÃO.....	61
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	62
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
1.4 CONCLUSÕES.....	75
1.5 AGRADECIMENTOS.....	75
1.6 REFERÊNCIAS.....	76
CAPÍTULO IV - ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: QUALIDADE SANITÁRIA.....	79
RESUMO.....	79
ABSTRACT.....	80
1.1 INTRODUÇÃO.....	80
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	82
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
1.4 CONCLUSÕES.....	101

1.5 AGRADECIMENTOS.....	102
1.6 REFERÊNCIAS.....	102
CONCLUSÃO GERAL.....	105

ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
CAPÍTULO I - ARMAZENAMENTO DE SOJA COM ELEVADA PORCENTAGEM DE GRÃOS AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA	
Tabela 1. Médias de temperatura e umidade relativa com os respectivos desvios padrão das BODs reguladas a 20, 25, 30 e 35 °C no período de armazenamento.....	19
Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros teor de água (TA), condutividade elétrica (CE), porcentagem de grãos avariados totais (GAT), porcentagem de grãos danificados (Dan), danificados-fermentados (Dan-Fer) e fermentados (Fer) dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento.....	20
Tabela 3. Médias do teor de água final (% bu) dos grãos de soja armazenados em diferentes teores de água iniciais em função do tempo de armazenamento.....	21
Tabela 4. Porcentagem de grãos de soja avariados totais (%) nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	22
Tabela 5. Porcentagem de grãos de soja danificados por percevejo (%) nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	24
Tabela 6. Porcentagem de grãos danificados-fermentados (%) nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	26
Tabela 7. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) dos grãos de soja avariados por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	28

CAPÍTULO II - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRÃOS DE SOJA ARMAZENADOS COM ELEVADA DANIFICAÇÃO POR PERCEVEJO NA LAVOURA

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros massa de mil grãos (MMG), massa específica aparente (ρ_{ap}), luminosidade (L), coordenada a^* (a^*), coordenada b^* (b^*), diferença de cor (ΔE), croma (C_r) e ângulo hue (h^*) dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento.....	41
Tabela 2. Massa de mil grãos (g) dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	42
Tabela 3. Massa específica aparente (kg m^{-3}) dos grãos de soja armazenados em diferentes teores de água em função do tempo de armazenamento.....	43
Tabela 4. Luminosidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	45
Tabela 5. Coordenada a^* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água iniciais e temperaturas de armazenamento.....	47
Tabela 6. Médias da coordenada a^* dos grãos de soja armazenados em dois teores de água em função do tempo de armazenamento.....	48
Tabela 7. Coordenada b^* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	50
Tabela 8. Diferença de cor dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	52
Tabela 9. Croma dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	54
Tabela 10. Médias do ângulo hue (h^*) da cor dos grãos de soja armazenados em diferentes teores de água em função do tempo de armazenamento.....	56

CAPÍTULO III - ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: AVALIAÇÕES QUÍMICAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para teor de óleo, índices de acidez, iodo e peróxidos e proteína bruta.....	67
--	----

Tabela 2. Teor de óleo dos grãos de soja nos diferentes teores de água.....	67
Tabela 3. Índice de acidez (mg KOH g óleo ⁻¹) do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	69
Tabela 4. Índice de iodo (mg I ₂ g óleo ⁻¹) do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	71
Tabela 5. Índice de peróxidos (meq O ₂ kg óleo ⁻¹) do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	73
Tabela 6. Proteína bruta (%) dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento.....	74
CAPÍTULO IV - ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: QUALIDADE SANITÁRIA	
Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do parâmetro índice de ocorrência dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento.....	85
Tabela 2. Atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo nos diferentes teores de água iniciais e temperaturas de armazenamento.....	86
Tabela 3. Médias da atividade de água dos grãos de soja armazenados em dois teores de água em função do tempo de armazenamento.....	86
Tabela 4. Índice de ocorrência total de fungos nos diferentes teores de água, temperatura em função do tempo de armazenamento.....	89
Tabela 5. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros <i>Fusarium</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Penicillium</i> e <i>Cercospora</i> dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento.....	91
Tabela 6. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros <i>Rhizopus</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Alternaria</i> e <i>Cladosporium</i> dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento.....	92

Tabela 7. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Fusarium</i> (%) nos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura e levados ao armazenamento nos dois teores de água e temperaturas de armazenamento.....	93
Tabela 8. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Fusarium</i> (%) nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento.....	94
Tabela 9. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Penicillium</i> (%) nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento.....	96
Tabela 10. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Colletotrichum</i> (%) nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento.....	98
Tabela 11. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Aspergillus</i> nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água.....	99
Tabela 12. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Alternaria</i> nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
CAPÍTULO I - ARMAZENAMENTO DE SOJA COM ELEVADA PORCENTAGEM DE GRÃOS AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA	
Figura 1. Grão de soja com punctura característica causada por percevejo na lavoura.....	17
Figura 2. Grão de soja danificado pelo percevejo e grão apresentando danificação pelo inseto e fermentação ao redor da punctura.....	18
Figura 3. Porcentagens totais de grãos avariados armazenados com os teores de água iniciais de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B), nas diferentes temperaturas no período de oito meses.....	23
Figura 4. Valores observados e experimentais da porcentagem de grãos de soja, danificados por percevejo na lavoura, em função da temperatura e do tempo para o teor de água inicial de 13,84% (bu).....	25
Figura 5. Valores observados e experimentais da porcentagem de grãos de soja danificados-fermentados por percevejo na lavoura, em função da temperatura e do tempo para os teores de água iniciais de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B).....	27
Figura 6. Valores observados e experimentais da condutividade elétrica da solução de imersão de grãos de soja, danificados na lavoura, em função da temperatura e do tempo para os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B).....	29
CAPÍTULO II - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRÃOS DE SOJA ARMAZENADOS COM ELEVADA DANIFICAÇÃO POR PERCEVEJO NA LAVOURA	
Figura 1. Representação do sólido de Hunter (RESENDE, 2006).....	40

Figura 2. Massa específica aparente dos grãos de soja avariados por percevejo nas diferentes temperaturas durante oito meses de armazenamento.....	44
Figura 3. Luminosidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	46
Figura 4. Coordenada a* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	49
Figura 5. Coordenada b* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	51
Figura 6. Diferença de cor dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	53
Figura 7. Croma dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com o teor de água de 13,84% (bu) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	55
Figura 8. Ângulo hue dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes tempos de armazenamento em função das temperaturas (A) e nas diferentes temperaturas em função do tempo de armazenamento (B).....	56

CAPÍTULO III - ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: AVALIAÇÕES QUÍMICAS

Figura 1. Teor de óleo dos grãos de soja danificados por percevejo na lavoura em função do tempo de armazenamento.....	68
Figura 2. Índice de acidez do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75% (bu) (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	70
Figura 3. Índice de iodo do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75% (bu) (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	72

CAPÍTULO IV - ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: QUALIDADE SANITÁRIA

Figura 1. Atividade de água dos grãos de soja nos diferentes teores de água em função das temperaturas.....	87
Figura 2. Atividade de água nos diferentes tempos de armazenamento em função das temperaturas.....	88
Figura 3. Índice de ocorrência de fungos (%) de grãos de soja armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B), no período de oito meses em função da temperatura.....	90
Figura 4. Índice de ocorrência de fungos (%) de grãos de soja armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B), nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento.....	90
Figura 5. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Fusarium</i> nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos diferentes teores de água em função das temperaturas.....	94
Figura 6. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Fusarium</i> nos grãos de soja danificados por percevejo (A) em função da temperatura e (B) em função do tempo....	95
Figura 7. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Phomopsis</i> nos grãos de soja danificados por percevejo (A) em função da temperatura e (B) em função do tempo....	95
Figura 8. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Penicillium</i> nos grãos de soja danificados e armazenados, nos diferentes teores de água em função do tempo.....	97
Figura 9. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Cercospora</i> nos grãos de soja com elevada danificação na lavoura em função das (A) temperaturas e (B) tempo de armazenamento.....	98
Figura 10. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Colletotrichum</i> nos grãos de soja danificados e armazenados, nos diferentes teores de água em função do tempo.....	99
Figura 11. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Alternaria</i> nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos diferentes teores de água em função da temperatura (A) e em função do tempo (B).....	100
Figura 12. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero <i>Cladosporium</i> em grãos de soja em função da temperatura de armazenamento.....	101

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem	
% (bu)	Porcentagem em base úmida	
±	Mais ou menos	
°C	Grau Celsius	
a*	Coordenada a*	
A _w	Atividade de água	decimal
b*	Coordenada b*	
BOD	Biochemical oxygen demand	
C	Concentração	
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	
CD	Condutivímetro digital	
CE	Condutividade elétrica	μS cm ⁻¹ g ⁻¹
Cefet	Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde	
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento	
Cr	Croma	
CV	Coeficiente de variação	%
Dan	Danificados	
Dan/Fer	Danificados-fermentados	
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	

et al.	e colaboradores	
Fapeg	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás	
Fer	Fermentados	
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos	
FV	Fontes de variação	
g	Gramas	
g água embalagem ⁻¹ d ⁻¹	Gramas de água por embalagem por dia	
GAT	Grãos avariados totais	
GL	Graus de liberdade	
h*	Ângulo hue	
h	Hora	
HDPE	High density polyethylene	
IA	Índice de acidez	mg KOH g óleo ⁻¹
IF Goiano	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano	
II	Índice de iodo	mg I ₂ g óleo ⁻¹
IN	Instrução normativa	
IO	Índice de ocorrência	%
IP	Índice de peróxidos	meq O ₂ kg óleo ⁻¹
kg	Quilograma	
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare	
kg m ³	Quilograma por metro cúbico	
KOH	Hidróxido de potássio	
L	Luminosidade (cor) e Litros (unidade de medida)	
LPCPV	Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais	
m	massa	
M	Molaridade	(mol L ⁻¹)
Mapa	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	
min	Minuto	
meq O ₂ kg óleo ⁻¹	Miligrama equivalente de oxigênio por quilo de óleo	
mg I ₂ g óleo ⁻¹	Miligramas de iodo por grama de óleo	
mg KOH g óleo ⁻¹	Miligramas de hidróxido de potássio por grama de óleo	
mL	Militros	

mm	Milímetro	
MMG	Massa de mil grãos	
mol L ⁻¹	Molaridade por litro	
n°	Número	
N	Nota	
Nmáx	Nota máxima	
Na ₂ S ₂ O ₃	Tiosulfato de sódio	
NS	Não significativo	
PB	Proteína bruta	%
PEAD	Poliétileno de alta densidade	
PO	Porcentagem de ocorrência	%
POT	Porcentagem de ocorrência total	%
R ²	Coefficiente de variação	
RNM	Ressonância Nuclear Magnética	
s	segundo	
S/A	Sociedade Anônima	
spp.	Espécies	
t	tempo	
T	temperatura	
TA	Teor de água	% bu
TAi	Teor de água inicial	% bu
UEG	Universidade Estadual de Goiás	
V	Volume	
wb	Wet base	
ΔE	Diferença de cor	
ρ _{ap}	Massa específica aparente	kg m ⁻³
μS cm ⁻¹ g ⁻¹	Micro siemens por centímetro por grama	

RESUMO GERAL

BESSA, JAQUELINE FERREIRA VIEIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2017. **Armazenamento de grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura.** Osvaldo Resende “Orientador”; Francisco Carlos Krzyzanowski “Coorientador”.

Grãos danificados por percevejo na lavoura são o principal problema no recebimento dos armazéns no final da safra. Limites são estabelecidos para recebimento destes grãos, e quando são recepcionados com alta danificação, podem ser recusados ou descontados do produtor. Assim, objetivou-se avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água na qualidade de grãos de soja com alta danificação por percevejo na lavoura. Os grãos foram coletados de lavouras comerciais com avariações causadas por percevejo. O experimento foi levado a efeito utilizando um delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando um esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo armazenados por oito meses, acondicionados em embalagens PEAD nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e teores de água de 11,75 e 13,84% (bu). As amostras foram avaliadas a cada dois meses analisando teor de água, porcentagem de grãos danificados-fermentados, danificados, fermentados, avariados, condutividade elétrica, massa de mil grãos, a massa específica

aparente, luminosidade, coordenada a^* , coordenada b^* , diferença de cor, croma, ângulo hue, teor de óleo, índices de acidez, peróxidos e iodo, proteína bruta, atividade de água, sanidade dos grãos e índice de ocorrência. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Grãos danificados por percevejo na lavoura, quando armazenados, se deterioram com o aumento da temperatura e tempo. Altas temperaturas e períodos de armazenamento propiciam aumento da porcentagem de grãos danificados-fermentados e da sua condutividade elétrica, o que resulta na perda da qualidade do produto, reduz a massa dos grãos de soja e propicia a perda da cor original dos grãos. Grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) a 35 °C, que não apresentaram danificação causada por percevejo, fermentam após seis meses de armazenamento. Grãos danificados evoluem para grãos fermentados ao longo do tempo. O aumento da temperatura propicia redução dos parâmetros da cor. O teor e a qualidade do óleo extraídos dos grãos de soja se reduzem com o tempo. O teor de água e as temperaturas ao longo do armazenamento influenciam na qualidade sanitária dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, propiciando ocorrência de fungos. Quanto maiores o teor de água e a temperatura de armazenamento, maior é a atividade de água dos grãos de soja danificados por percevejo.

PALAVRAS-CHAVE: Avariados. Características físicas. Características químicas. Classificação. Sanidade.

GENERAL ABSTRACT

BESSA, JAQUELINE FERREIRA VIEIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (Goiano Federal Institute of Education, Science, and Technology) – Rio Verde Campus – Goiás State (GO), Brazil, September, 2017. **Storage of soybean grains with high damage by bug on the tillage.** Advisor: Resende, Osvaldo; Co-advisor: Krzyzanowski, Francisco Carlos.

Grains damaged by bug in the tillage are the main problem to be received by the warehouses at the harvest end. Limits are established for receiving these grains, and they can be refused or discounted from the producer, when they contain high damage. This study aimed to evaluate over the storage the temperature and moisture content effect on the quality of soybean grains with high damage per bug in the tillage. The grains with damage caused by bug were collected from commercial tillage. The experiment was carried out using a completely randomized design and the results were analyzed using 2x4x5 factorial scheme, with storage for eight months, packed in high density polyethylene (HDPE) packages at 20, 25, 30, and 35 °C temperatures, and 11.75 and 13.84% wet basis moisture content (wb). The samples were evaluated every two months by analyzing the grains moisture content, percentage of damaged-fermented, damaged, fermented grains, broken grains, their electrical conductivity, mass of a thousand grains, apparent specific mass, luminosity, a* coordinate, b* coordinate, color difference, chroma, hue angle, oil content, acidity indexes, peroxides, iodine, crude protein, water activity, grain sanity, and occurrence rate. Data were analyzed

through analysis of variance and regression. Grains damaged by bug in the tillage can deteriorate when stored, with increased temperature and time. High temperatures and storage periods increase the percentage of damaged-fermented grains, and electric conduction of grains, which results in loss of product quality, reducing the soybean grain mass, and leads to loss of the grains original color. Stored grains at 35 °C with 13.84% moisture content (wb) ferment after storage for six months, when did not present damage caused by bug. Damaged grains evolve to fermented grains over time. Increasing temperature leads to color parameters reduction. The content and quality of the oil extracted from the soybean grains are reduced over time. The moisture content and the temperatures along the storage influence the sanitary quality of the soybean grains damaged by bug in the tillage, causing fungi occurrence. The higher the water content and the storage temperature, the higher the water activity of the soybean grains damaged by bug.

KEYWORDS: Chemical characteristics. Classification. Damaged. Physical characteristics. Sanity.

INTRODUÇÃO GERAL

O padrão comercial de soja no Brasil é regulamentado pela Instrução Normativa nº 11, de 15 de maio de 2007, e pela Instrução Normativa nº 37, de 27 de julho de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007 a; 2007 b). Estas normativas determinam os defeitos, regras e limites de enquadramento da soja que será comercializada. Entre os principais defeitos podem-se citar os grãos ardidos, mofados, fermentados, danificados, imaturos e chochos.

Sabe-se que, após a maturação fisiológica, o grão pode ser considerado como armazenado em campo enquanto a colheita não se processa. Quando ocorrem elevadas precipitações pluviométricas, flutuações da umidade relativa do ar, variações da temperatura ambiente no período de maturação resultam em perdas na qualidade física e sanitária dos grãos (ANDRADE et al., 2010).

A obtenção de matéria-prima abaixo dos padrões de qualidade pode comprometer a competição da soja brasileira no mercado. Assim, cultivares de soja estão sendo desenvolvidas para uma série de características, tais como: resistência a doenças e pragas, maiores teores de óleo e proteína e tegumento com maior teor de lignina, visando a melhorar principalmente as qualidades física e fisiológica da soja produzida em diferentes regiões (COSTA et al., 2001).

Quanto mais elevado é o teor de água nos grãos, menor é a estabilidade do produto e mais propenso fica a deterioração por ação de microrganismos (bactérias, leveduras e fungos), e reações químicas enzimáticas e não enzimáticas, principalmente para grãos oleaginosos, devido à oxidação dos lipídios (ORDÓÑEZ, 2005). A execução de operações de secagem e de aeração prolonga o período de armazenamento e evita a

deterioração do produto, resultante de sua atividade biológica (FIGUEIREDO NETO et al., 2012).

A qualidade dos grãos está associada ao processamento e beneficiamento do produto até seu destino final, pois, durante e após a colheita, os grãos podem sofrer danos latentes e ataques de microrganismos, reduzindo seu valor comercial. Sendo assim, a qualidade dos grãos e de seus subprodutos deve ser prioridade para os produtores, processadores e distribuidores (ALENCAR et al., 2008) de grãos de soja. Além disso, a qualidade dos grãos diminui com a associação entre chuva e retardamento de colheita devido à deterioração (ANDRADE et al., 2010), provocada pelo ataque de insetos na lavoura, como, por exemplo, o percevejo, ocorrendo o aumento da quantidade de grãos danificados por fungos.

A maior parte dos fungos tem os grãos como principal veículo de disseminação e de introdução em novas áreas de cultivo, onde, sob condições favoráveis de ambiente, poderão causar sérios danos à cultura (BIZZETTO; HOMECHIN, 1997) no campo e no momento do armazenamento.

Os fungos de campo *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. e *Phomopsis* spp. se desenvolvem melhor e se mantêm viáveis em sementes e grãos com teores mais elevados de água, enquanto os fungos de armazenamento *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. têm a habilidade de se desenvolver em menores valores de atividade de água (Aw), portanto, em sementes e grãos mais secos (NASCIMENTO; MORAES, 2011).

A qualidade da soja é influenciada pelas condições do armazenamento (ALENCAR et al., 2008). Entre os fatores que afetam a qualidade durante o armazenamento, estão a temperatura e o teor de água dos grãos (SMANIOTTO et al., 2014). Combinações de temperatura e teores de água elevados intensificam a deterioração do produto (ALENCAR et al., 2009).

Segundo Smaniotto et al. (2014), teores de água acima de 12% (bu) reduzem a qualidade de sementes e grãos de soja no decorrer do armazenamento. Por outro lado, o armazenamento, uma vez conduzido de modo adequado, diminui a velocidade de deterioração dos grãos, que se caracteriza por ser um processo irreversível (SILVA et al., 2008).

1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é originária da China, sendo a cultura de maior expressão econômica no mundo (BLACK, 2000). No Brasil, a cultura da soja apresenta relevante importância socioeconômica, sendo considerada um dos principais produtos de exportação do país (ROCHA et al., 2014).

Seus grãos se constituem de matéria-prima básica, cujo processamento origina o óleo bruto e o farelo. O processamento destes produtos primários possibilita a obtenção de uma série de produtos secundários, que são utilizados como insumos industriais em diversas outras linhas de processamento, possibilitando, assim, outras opções de uso com a soja, o que resulta em significativa rede de agronegócios geradora de trabalho, oportunidades de crescimento social e riqueza nacional (BLACK, 2000).

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017) estimou 33,92 milhões de hectares de área plantada de soja para a safra 2016/17, apresentando aumento de 2,0% de área plantada em relação à safra anterior, com produtividade prevista em 3.362 kg ha⁻¹ e produção de 114,14 milhões de toneladas. A região Centro-Oeste se destaca como a maior produtora de soja do país, com uma produção de 50,150 milhões de toneladas, superando a safra anterior. Nesta região, Goiás obteve uma produção de 10,819 milhões de toneladas, o que representa 9,49% da produção nacional, atrás somente de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul.

A composição química de grãos de soja é variável entre lotes e cultivares, sendo que o aumento no teor de proteína corresponde à redução no teor de óleo. Os teores de proteína, óleo e ácidos graxos livres evidenciam a relação entre composição química e qualidade fisiológica de sementes de soja (DELARMELINO-FERRARESI et al., 2014).

E se tratando de qualidade, os principais insetos associados à cultura da soja que se alimentam de vagens e grãos incluem os percevejos sugadores de grãos, as lagartas e os coleópteros que atacam as vagens que também danificam os grãos. Pelo fato de estas pragas atacarem diretamente o produto que será colhido, elas são de extrema importância econômica, sendo os percevejos considerados o principal problema entomológico da cultura (PANIZZI et al., 2012).

Silva et al. (2013), avaliando o efeito de extratos vegetais no controle de *Euschistus heros* (F.) em lavouras de soja, observaram que os extratos vegetais à base

de neem indiano podem se tornar uma alternativa promissora para o controle desta praga no campo, sendo necessárias pesquisas complementares que avaliam o efeito dos extratos vegetais por longo período, com o intuito de obter maior eficiência. Além de ocasionar a mortalidade dos insetos, o extrato do neem também apresenta efeito antialimentar sobre os percevejos, observado por Seymour et al. (1995) em nozes tratadas com o extrato de sementes de neem (*Azadirachta indica* A. Juss).

A eliminação de “soja tiguera” das lavouras de soja é necessária e pode ser feita por processo químico (dessecação) ou por meio da incorporação com a grade para redução dos insetos-praga que atacam a soja. No sistema de plantio direto, em áreas com plantas daninhas, altamente infestadas por mosca-branca, recomendam-se a dessecação e o “pousio” da área por duas semanas antes da semeadura (BALDIN et al., 2009).

Segundo Freitas (2011), o desenvolvimento de variedades de soja resistentes a doenças e defensivos agrícolas, ocorridas pelo avanço científico, aliada à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo, possibilitou o sucesso na expansão da leguminosa no território brasileiro.

2. Propriedades físicas dos grãos

As propriedades físicas dos grãos são características relevantes na otimização dos processos industriais, no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita (CORRÊA et al., 2006) e na adaptação de equipamentos já existentes.

As unidades de beneficiamento de grãos (UBG) necessitam, cada vez mais, de produtos mais homogêneos e com menor percentual de impurezas, e para tanto, a engenharia vem melhorando os processos de beneficiamento por meio das informações das propriedades físicas que surgem para os novos projetos de máquinas e equipamentos, evitando, assim, desperdícios dos produtos (FIGUEIREDO NETO et al., 2012).

Cada espécie apresenta grãos com formas e composições químicas distintas que devem ser avaliadas individualmente para dimensionamento dos equipamentos que serão utilizados para colheita, beneficiamento e armazenamento dos produtos. Impactos

causados pelos mecanismos de trilha das colhedoras geralmente são a maior fonte de danificações mecânicas às sementes e aos grãos de soja (COSTA et al., 2001).

A determinação das propriedades físicas dos grãos é relevante, pois auxilia na otimização dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita. A redução do teor de água provoca diminuição linear da porosidade intergranular e aumento das massas específica aparente e real em grãos de soja durante a secagem (RIBEIRO et al., 2005).

A massa específica aparente é a razão entre a massa do sólido e o volume do sólido contendo poros (OLIVEIRA et al., 2014), enquanto a massa específica real ou unitária é a relação existente entre a massa total de um sólido e o volume ocupado somente pelo produto, desprezando-se os demais espaços vazios (BRITO et al., 2012). Em se tratando das propriedades físicas, em grande parte dos produtos agrícolas espera-se um aumento do ângulo de repouso com o incremento do teor de água do produto devido à sua aglomeração em materiais moídos e aumento da área de contato produto/produto em grãos inteiros (OLIVEIRA et al., 2014).

O ângulo de repouso pode ser determinado pela aglomeração de produto granular ou pulverulento formado pelo seu basculamento sobre uma superfície plana. Este somente estará em equilíbrio se os grãos menos estáveis situados na superfície estiverem em equilíbrio estático. Desta forma, o ângulo formado pela superfície livre com o plano horizontal é o ângulo de repouso do produto, definido pelos grãos menos instáveis e não confinados, situados próximos ou na superfície (SILVA et al., 2006).

Outro critério importante a se avaliar nos grãos é a cor, que difere entre cultivares e variedades e também em uma massa de grãos, podendo diferir por conta das condições de armazenamento a que o produto foi submetido.

Fisicamente a cor é a percepção que resulta da detecção da luz depois que ela interagiu com um objeto. A cor percebida de um objeto é afetada por três fatores: a composição química e física do objeto e a sensibilidade dos olhos do observador. Uma mudança em qualquer desses fatores pode afetar a cor percebida (LAWLESS; HEYMANN, 1999).

3. Alterações físicas e químicas do produto ao longo do armazenamento

Para atender a logística de produção e comercialização de alimentos, o armazenamento dos produtos agrícolas é uma excelente alternativa. Desta forma, informações a respeito do comportamento das sementes e dos grãos diante das diversas condições climáticas que ocorrem durante o armazenamento podem auxiliar na tomada de decisão sobre a conservação do produto com base na relação custo-benefício, decorrente de possíveis perdas de qualidade na estocagem (SMANIOTTO et al., 2014).

Grandes áreas cultivadas com a cultura da soja geram consequências, como, por exemplo, aumento expressivo das pragas que atacam esta oleaginosa, causando danos à produção (BELORTE et al., 2003), podendo evoluir no decorrer do armazenamento. A qualidade dos grãos tem sido comprometida em função dos elevados índices de deterioração por umidade, lesões por percevejos, por quebras e rupturas do tegumento (COSTA et al., 2003), o que proporciona entrada de microrganismos e redução da qualidade dos grãos de soja.

Segundo Gallo et al. (2002), quando ocorre ataque de percevejos nas vagens, os prejuízos podem chegar a 30%, pois, com a sucção de seiva, as vagens ficam de coloração marrom com aspecto de “chochas” e sem grãos. Os percevejos causam danos aos grãos, deixando-os com menor tamanho e massa específica, ficando com a coloração escurecida, com aspecto de “chochos” e enrugados, conseqüentemente reduzindo a qualidade, perdem seu valor comercial e têm os teores de óleo e proteína reduzidos.

Os percevejos fitófagos são as pragas mais importantes da soja no Brasil. Por se alimentarem dos grãos, afetam seriamente seu rendimento e sua qualidade. Com o ataque dos percevejos, ocorre má formação dos grãos e de vagens e a planta de soja não amadurece normalmente, permanecendo verde na época da colheita (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

Os fungos também depreciam a qualidade dos grãos armazenados e atuam sobre alguns constituintes, principalmente o teor de óleo. A degradação do óleo e de outros componentes dos grãos provoca diminuição da massa específica (FERRARI FILHO, 2011). Rocha et al. (2014) observaram que o *Aspergillus ochraceus* reduz drasticamente o vigor das sementes de soja, causando destruição total dos tecidos em níveis acima de 50% de inóculo sobre a superfície das sementes, o que também pode

reduzir a qualidade do grão quando a soja é utilizada com a finalidade de fabricação de produtos alimentícios.

Segundo Krabbe et al. (1997), alguns fungos são produtores de micotoxinas e, sob condições de estresse, podem liberá-las acarretando perda do valor nutricional do produto de intensidade variável. Estes metabólitos secundários formam um grande grupo de substâncias químicas que podem afetar muitos órgãos e sistemas, principalmente fígado, rins e sistema nervoso, endócrino e imunitário (SERRA, 2005), podendo acarretar doenças em seres humanos e em animais.

Micotoxinas associadas a grãos são uma das principais causas de não conformidade em relação a alimentos seguros, enquanto impurezas e/ou matérias estranhas podem estar associadas à sua maior incidência. As principais espécies de fungos toxigênicos com capacidade de produzir micotoxinas são aquelas dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* (OLIVEIRA et al., 2010). As principais micotoxinas encontradas em alimentos são as aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 e M1), ácido fusárico, fumonisinas (B1 e B2), fumonisinas, ocratoxinas (A, B e C), patulina, citrinina, zearalenona e tricotecenos (MAZIERO; BERSOT, 2010).

Grãos de soja com elevados índices de danos mecânicos, secos inadequadamente e armazenados em ambientes inapropriados, resultarão na produção de óleos de baixa qualidade e com alto custo de produção, além de estarem mais susceptíveis à rancificação e apresentar maiores índices de acidez (LACERDA FILHO et al., 2008). Segundo Greggio e Bonini (2014), são necessárias pesquisas que quantifiquem e qualifiquem os problemas encontrados no processo de industrialização do óleo de soja.

A degradação durante o armazenamento pode ser indicada por mudanças dos parâmetros de qualidade, incluindo aumento nos índices de acidez e peróxidos e no escurecimento da cor do grão (NARAYAN et al., 1988). Sendo assim, a acidez do óleo e a formação de peróxidos são atributos que podem ser utilizados para avaliar a qualidade dos grãos de soja armazenados (LACERDA FILHO et al., 2008).

Valores médios da composição centesimal dos grãos de soja descritos por Gonçalves et al. (2014) são de 7,79% de umidade, 4,70% de cinzas, 22,13% de lipídios, 33,99% de proteínas, 25,64% de fibras insolúveis, 1,55% de fibras solúveis, 26,88% de fibras totais e 31,40% de carboidratos. Os valores da composição química dos grãos

sofrem alterações no armazenamento, o que está totalmente associado às características físicas que se alteram na estocagem.

Thomas et al. (1989) observaram decréscimo do teor de proteína de grãos de soja com o armazenamento e que a umidade relativa do ar e a temperatura influenciaram no teor de proteína. Donadon et al. (2015) verificaram redução do teor de proteína bruta e também do teor de óleo em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) armazenadas por nove meses.

Com as alterações químicas, os grãos podem sofrer alterações da cor, que são avaliadas por equipamentos que determinam a luminosidade (varia do preto ao branco), coordenada a* (varia do verde ao vermelho) e a coordenada b* (varia do amarelo ao azul). Com estes parâmetros da cor, é possível calcular outros parâmetros como a diferença de cor, ângulo hue e o croma.

A diferença de cor aponta a diferença entre dois produtos, ou, por exemplo, a diferença da cor da massa de grãos antes e depois do armazenamento, o quanto diferiu será dado em números, considerando a amostra inicial com valor zero.

Segundo Lawless e Heymann (1999), o ângulo hue é o que tipicamente se refere à cor do objeto (amarelo, por exemplo). O croma é a quantidade pela qual um dado matiz (ângulo hue) se desvia do cinza neutro (amarelo puro ou amarelo acinzentado).

Diversos parâmetros podem avaliar a condição de um determinado alimento, seja ele grãos ou produtos processados, durante o período de armazenamento, avaliando onde há perdas expressivas para reduzir estas variações durante o período armazenado.

4. Referências

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; LACERDA FILHO, A. F.; FERREIRA, L. G.; MANEGHITTI, M. R. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.16, n.2, p.155-166, 2008.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

ANDRADE, P. J.; FERRONATO, A.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; CANEPPELE, M. A. B. Qualidade física dos grãos de soja, cultivar TMG115RR, submetidos à simulação

de chuva durante o retardamento de colheita. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.11, n.4, p.281-292, 2010.

BALDIN, E. L. L.; BENEDUZZI, R. A.; SOUZA, D. R.; SOUZA, E. S. Resistência de genótipos de abobrinha a *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v.38, n.4, p.526-530, 2009.

BELORTE, L. C.; RAMIRO, Z. A.; FARIA, A. M.; MARINO, C. A. B. Danos causados por percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) em cinco cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917) no município de Araçatuba, SP. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.70, n.2, p.169-175, 2003.

BIZZETTO, A.; HOMECHIN, M. Efeito do período e da temperatura de armazenamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja com altos índices de *Phomopsis sojae* (Leh.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.19; n.2, p.295-302, 1997.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G.M.S. *Soja: Tecnologia da produção II*. Piracicaba: ESALQ/LPV, cap.1, p.1-18. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, Instrução normativa n.11, de 15 de maio de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.93, p.13-15, 2007a. Seção 1. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>> Acesso em: 30/03/2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n.37, de 27 de julho de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.45, p.9, 2007b. Seção 1. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/core/consulta.action>> Acesso em: 30/03/2015.

BRITO, J. G.; SILVA, E. F. M.; COSTA, T. L.; ROCHA, A. P. T.; SILVA, O. S. Propriedades físicas do cominho em pó comercializado nas feiras livres da Paraíba. *Revista Verde*, Mossoró, v.7, n.1, p. 206-211, 2012.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*, v.4, Safra 2016/17, n.11, Levantamento 11, p.1-160, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>. Acesso em: 13/08/2017.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. *Percevejos da soja e seu manejo*. Londrina: EMBRAPA SOJA-CNPSo, Circular Técnica, 24, 1999. 45p.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.3, p.665-670, 2006.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; BORDINGNON, J. R.; KRZYANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.23, n.1, p.140-145, 2001.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.25, n.1, p.128-132, 2003.

DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.9, n.1, p.14-18, 2014.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p.231-237, 2015.

FERRARI FILHO, E. *Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento*. 2011. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

FIGUEIREDO NETO, A. F.; DANTAS, B. F.; SILVA, J. C.; OLIVER, N. C.; SILVA, M. F. Resistência ao fluxo de ar das vagens de amendoim com diferentes percentuais de impurezas. *Nucleus*, Ituverava, v.9, n.1, p.85-91, 2012.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.7, n.12, p.1-12, 2011.

GALLO, D.; NAKANO, O. SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, v.10, 2002. 920p. il.

GONÇALVES, L. C.; RIBEIRO, A. P. C.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. *Biochemistry and biotechnology reports*, v.3, n.1, p.33-40, 2014.

GREGGIO, E. A.; BONINI, E. A. Qualidade do grão de soja relacionada com o teor de acidez do óleo. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, Maringá, v.7, n.3, p.645-658, 2014.

KRABBE, E. L.; FREITAS, T. S.; PENZ JÚNIOR, A. M.; Quanto pode ser perdido em função da atividade fúngica em milho mal armazenado? *In: XXXIV REUNIÃO DA*

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA – SBZ, 34., 1997, Juiz de Fora, MG. *Anais...* Juiz de Fora, MG, 1997. 8p.

LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. S.; DEVILLA, I. A.; LOPES, A. C. Aeração de grãos armazenados. *In: SILVA, J. S. (Ed). Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*, Viçosa: Aprenda Fácil, p.269-295, 2008.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. *Sensory evaluation of food*. Maryland: Aspen Publishers, 1999.

MAZIERO, M. T.; BERSOT, L. S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.12, n.1, p.89-99, 2010.

NARAYAN, R.; CHAUHAN, G. S.; VERMA, N. S. Changes in the quality of soybean during storage. Part 1-Effect of storage on some physical-chemical properties of soybean. *Food Chemistry*, v.27, n.1, p.13-23, 1988.

NASCIMENTO, W. M. O.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.33, n.3, p.415-425, 2011.

OLIVEIRA, M. A.; LORINI, I.; MALLMANN, C. A. As micotoxinas e a segurança alimentar na soja armazenada. *In: Simpósio de Segurança Alimentar*, 3., 2010, Florianópolis, SC, *Anais...*, Florianópolis, SC, 2010. 4p.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; SANTOS, F. L.; VASCONCELOS, W. L.; CALIL JÚNIOR, C.; BAPTESTINI, F. M.; VARGAS-ELÍAS, G. A. Caracterização física de café após torrefação e moagem. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.35, n.4, p.1813-1828, 2014.

ORDÓÑEZ, J. A. *Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos*. Porto Alegre: Artmed, 2005, 294p.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. *In: Hoffmann-Campo, C. B; Corrêa-Ferreira, B; Moscardi, F. (Org.). Soja manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga*. 1ed. Londrina: EMBRAPA Soja, p. 335-420, 2012.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, D. H.; GONELI, A. L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.25, n.3, p.611-617, 2005.

ROCHA, F. S.; CATÃO. C. R. M.; BRANDÃO, A. A.; GOMES, L. A. A. Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.35, n.6, p.2895-2904, 2014.

SERRA, R. *Micoflora das uvas portuguesas e seu potencial para a contaminação das uvas com micotoxinas, com destaque para a ocratoxina A*. 2005. Dissertação (Mestrado), Universidad del Minho, Braga.

SEYMOUR, J.; BOWMAN, G.; CROUCH, M. Effects of a neem seed extract on feeding frequency of *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) on pecan nuts. *Journal Australian Entomology Society*, v.34, n.3, p. 221-223, 1995.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; CALIL-JÚNIOR, C.; GOMES, F. C. Ângulo de repouso, atrito interno e efetivo dos grãos de café com pergaminho. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.8, n.1, p.17-23, 2006.

SILVA, B. M. S.; CESARINO, F.; SADER, R.; LIMA, J. D. Germinação e armazenamento de sementes de COCA (*Erythroxylum ligustrinum* DC. - Erythroxylaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.30, n.3, p.25-29, 2008.

SILVA, V. P.; PEREIRA, M. J. B.; TURCHEN, L. M. Efeitos de extratos vegetais no controle de *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em lavoura de soja na região sudoeste do Estado do Mato Grosso. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.88, n.3, p.185-190, 2013.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.4, p.446-453, 2014.

THOMAS, R.; MAN, J. M.; MAN, L. Soymilk and tofu properties as influenced by soybean storage conditions. *Journal of the American Oil Chemists Society*, v.66, n.6, p.777-782, 1989.

OBJETIVOS

Considerando a importância de avaliar o efeito da danificação por percevejo na lavoura em grãos de soja no período do armazenamento, a presente pesquisa foi desenvolvida com os seguintes objetivos:

1. Geral

Avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água na qualidade de grãos de soja com alta danificação por percevejo na lavoura.

2. Específicos

- verificar a influência da temperatura e do teor de água nas características físicas e na classificação dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo durante o armazenamento;

- quantificar o óleo e a proteína dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados em diferentes condições de teor de água e temperatura;

- avaliar a qualidade sanitária dos grãos de soja com alta danificação por percevejo na lavoura durante o armazenamento.

CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a Revista Semina: Ciências Agrárias)

ARMAZENAMENTO DE SOJA COM ELEVADA PORCENTAGEM DE GRÃOS AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA

STORAGE OF SOYBEANS WITH HIGH PERCENTAGE OF GRAINS DAMAGED BY BUG IN THE TILLAGE

RESUMO - Objetivou-se avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água na qualidade de grãos de soja com alta danificação por percevejo na lavoura. Os grãos foram coletados de lavouras comerciais com 30% de grãos danificados por percevejo. O experimento foi levado a efeito utilizando um delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando um esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo armazenados por oito meses, acondicionados em embalagens PEAD nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e teores de água de 11,75 e 13,84% (bu). As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando o teor de água, a porcentagem de grãos danificados-fermentados, danificados, fermentados, avariados e a condutividade elétrica. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Grãos com elevada danificação por percevejo na lavoura, quando armazenados, deterioram com o aumento da temperatura e do tempo. Não se recomenda armazenar grãos de soja atacados por

percevejo, com teor de água de 13,84% (bu), em temperaturas acima de 30 °C, por tempo maior que quatro meses. Altas temperaturas e períodos de armazenamento propiciam aumento da porcentagem de grãos danificados-fermentados, grãos avariados e da condutividade elétrica dos grãos, o que resulta na perda da qualidade do produto. Grãos de soja armazenados com teor de água de 13,84% (bu) a 35 °C que não apresentaram danificação causada por percevejo fermentaram após seis meses de armazenamento. Os grãos danificados por percevejo evoluem para grãos fermentados ao longo do tempo.

Palavras-chave: *Glycine max.* Inseto-praga. Teor de água.

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the temperature and moisture content effect on the soybean grains quality highly damaged by bug. Grains were collected from commercial tillage with 30% of grains damaged by bug. The experiment was carried out using a completely randomized design, and results were analyzed using 2x4x5 factorial scheme, with storage for eight months, packed in high density polyethylene (HDPE) packages at 20, 25, 30, and 35 °C temperatures, and 11.75 and 13.84% moisture contents (wb). The samples were evaluated every two months, analyzing the moisture content, the percentage of damaged-fermented, damaged, fermented, broken grains, and their electrical conductivity. Data were analyzed through analysis of variance and regression. Grains with high damage by bug when in the tillage deteriorate with increasing temperature and time, when stored. It is not recommended to store soybean grains attacked by bug, with 13.84% moisture content (wb), at temperatures above 30 °C for a time greater than four months. High temperatures and storage periods lead to increase the percentage of damaged-fermented grains, broken grains, and their electrical conductivity, resulting in loss of product quality. Stored soybean grains with 13.84% moisture content (wb) at 35 °C temperature ferment after storage for six months, when did not present damage due to bug. Grains damaged by bug develop toward fermented grains over time.

Keywords: *Glycine max.* Insect pest. Moisture content.

1.1 Introdução

O Brasil tem apresentado desempenho crescente em termos de produtividade e produção da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] nos últimos anos (GAZOLLA NETO et al., 2015), destacando-se como a principal *commodity* agrícola do país na atualidade (CONAB, 2016).

Até a colheita, a cultura da soja em campo está propícia ao ataque de pragas que podem danificar a estrutura dos grãos. O complexo de espécies, incluindo as lagartas desfolhadoras e os percevejos, são as principais pragas das lavouras de soja. Quando não controlados adequadamente, estes insetos podem causar perdas econômicas expressivas (DE BORTOLI et al., 2012). Os percevejos se alimentam diretamente dos grãos, provocando danos por meio da abscisão das vagens no início do desenvolvimento destes órgãos, o que provoca enrugamento e deformação (MAZIERO et al., 2009). Estes pentatomídeos injetam secreções salivares nos grãos e ingerem a pasta de alimentos que as enzimas salivares formam (DEPIERI; PANIZZI, 2011).

As normativas para comercialização e o cuidado de acordo com o destino do produto são distintos para sementes que são comercializadas para produção em campo e as que são destinadas à alimentação humana *in natura* e como matéria-prima para as indústrias, que, neste caso, são denominadas comumente de grãos.

Para o recebimento da soja no armazém, os grãos passam por uma classificação que segue o padrão comercial de soja do país, regulamentado pelas Instruções Normativas nº 11, de 15 de maio de 2007 (IN 11/2007), e nº 37, de 27 de julho de 2007 (IN 37/2007), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007a; 2007b). Estas instruções determinam defeitos, regras e limites para a comercialização dos grãos de soja. Entre os principais defeitos, podem-se citar grãos ardidos, mofados, fermentados, danificados, imaturos e chochos.

Os danos causados aos grãos podem deixá-los susceptíveis à redução da qualidade e sua recusa na unidade armazenadora. A maior parte dos grãos, produzidos na safra, são armazenados antes do esmagamento, quando, naturalmente, pode ocorrer redução das qualidades físicas, químicas, fisiológicas e/ou sanitárias e propiciar baixo valor comercial ao produto.

Em algumas regiões do Brasil, as condições ambientais são adversas para o armazenamento de grãos e sementes em razão das altas temperaturas que podem estar

associadas com elevada umidade relativa do ar (CARVALHO et al., 2014). Portanto, é importante estudar as condições de armazenamento para conhecer a melhor forma de conservar o produto por longo período de tempo, sem perder suas características essenciais ao destino final dos grãos.

Sendo assim, nesta pesquisa, objetivou-se avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água na qualidade de grãos de soja, com alta avariação causada pelo percevejo na lavoura.

1.2 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) - Campus Rio Verde.

Foram coletados em março de 2015, no armazém da empresa privada Caramuru Alimentos S/A, grãos de soja da safra de 2014/15, provenientes de lavouras comerciais, com 30% da massa com danos causados por percevejos (Figura 1). Os grãos foram beneficiados em peneiras de classificação de 3,00 mm de crivos circulares e peneiras de crivos oblongos de 3,00 x 22,00 mm para limpeza e separação das impurezas. Estes grãos foram classificados como do grupo II que, segundo a IN 11/2007 (BRASIL, 2007a), se destinam a outros usos, que não o consumo *in natura*.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 1. Grão de soja com punctura característica causada por percevejo na lavoura

A classificação dos grãos de soja foi feita em cada período de armazenamento por técnico habilitado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), segundo padrão oficial regido pela Instrução Normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007a).

As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando o teor de água, a condutividade elétrica e a classificação oficial de grãos, tendo sido detectados grãos danificados (Figura 2): grãos danificados apresentando uma borda escura considerada fermentação pelos classificadores oficiais (danificados-fermentados) e grãos fermentados que não apresentavam danificação por percevejo. Também foi calculada a porcentagem de grãos avariados totais.



Figura 2. Grão de soja danificado pelo percevejo e grão apresentando danificação pelo inseto e fermentação ao redor da punctura

No método utilizado para analisar as condições dos grãos de soja para recebimento, a porcentagem total de grãos danificados é dividida por “4”. Os grãos danificados que estão fermentados são somados com os grãos fermentados, sem a divisão. Neste trabalho, descreveu-se e considerou-se o parâmetro independente porcentagem de grãos danificados-fermentados para analisar o fenômeno que ocorre com os grãos que apresentam punctura causada pelo percevejo em campo.

Os grãos de soja apresentavam teor de água inicial de 13,84% (bu). Em seguida, a massa total foi dividida em duas amostras: uma amostra foi submetida à secagem com ar natural em terreiro, sobre lona plástica ao sol, para reduzir o teor de água até 11,75% (bu) para ser armazenada.

O experimento foi levado a efeito utilizando o delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando um esquema fatorial 2 x

4 x 5, sendo dois teores de água, quatro temperaturas, cinco tempos de avaliação em três repetições. Para o fator teor de água, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância. Para o fator tempo, foi feita análise de regressão. Para as variáveis que obtiveram interação dos três fatores, foram ajustados modelos matemáticos baseados na superfície de resposta, sendo os modelos selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, adotando o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação (R^2) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

Analisou-se a normalidade dos parâmetros, tendo todas se apresentado normais pelo teste de Shapiro-Wilk, com auxílio do programa Action Stat.

Os grãos de soja foram acondicionados em embalagens de Polietileno de alta densidade (PEAD) e, posteriormente, armazenados por oito meses em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C) e dois teores de água (11,75 e 13,84% bu). Estas embalagens foram utilizadas para obter reduzidas trocas de vapor de água, visto que a taxa de permeabilidade do PEAD utilizado é de 0,02 g água embalagem⁻¹ d⁻¹ (BESSA et al., 2015). As amostras foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), reguladas nas diferentes temperaturas.

A temperatura e a umidade relativa no interior das BODs foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro digital e registradas a cada 00h10 durante o armazenamento dos grãos (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de temperatura e umidade relativa com os respectivos desvios padrão das BODs reguladas a 20, 25, 30 e 35 °C no período de armazenamento

Médias	Temperaturas de armazenamento (°C)			
	20	25	30	35
Temperatura °C	21,02 ± 2,15	25,21 ± 1,66	29,09 ± 0,47	34,35 ± 0,82
Umidade relativa (%)	75,69 ± 12,28	47,46 ± 16,62	45,46 ± 12,66	30,60 ± 17,47

O teor de água dos grãos de soja foi determinado por gravimetria (BRASIL, 2009), em estufa de circulação de ar forçado, por 24h00, a 105 ± 3 °C.

A condutividade elétrica foi feita segundo o método descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999), e a leitura, com o condutímetro digital CD 850.

1.3 Resultados e discussão

Na Tabela 2 está apresentado o resumo da análise de variância para os parâmetros de avaliação analisados. Observa-se que o teor de água teve interação do teor de água inicial x tempo. Para os parâmetros condutividade elétrica, porcentagem de grãos avariados totais, porcentagem de grãos danificados, grãos danificados-fermentados e grãos fermentados, ocorreu interação dos três fatores teor de água inicial x temperatura x tempo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros teor de água (TA), condutividade elétrica (CE), porcentagem de grãos avariados totais (GAT), porcentagem de grãos danificados (Dan), danificados-fermentados (Dan-Fer) e fermentados (Fer) dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	TA (% bu)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	GAT (%)	Dan (%)	Dan-Fer (%)	Fer (%)
TA	1	159,38 ^{**}	2,11x10 ^{4**}	1.879,34 ^{**}	0,99 ^{NS}	1126,45 ^{**}	75,3 ^{**}
T	3	0,048 ^{NS}	8,93x10 ^{4**}	1.487,76 ^{**}	33,71 ^{**}	1299,15 ^{**}	75,3 ^{**}
t	4	0,63 ^{**}	9,87x10 ^{4**}	967,59 ^{**}	46,86 ^{**}	732,38 ^{**}	49,4 ^{**}
TAxT	3	0,05 ^{NS}	3,60x10 ^{3**}	522,10 ^{**}	6,90 ^{**}	290,67 ^{**}	75,3 ^{**}
TAxT	4	0,38 ^{**}	5,31x10 ^{3**}	330,76 ^{**}	9,74 ^{**}	224,21 ^{**}	49,4 ^{**}
Txt	12	0,03 ^{NS}	9,90x10 ^{3**}	428,17 ^{**}	6,23 ^{**}	288,68 ^{**}	49,4 ^{**}
TAxTtxt	12	0,07 ^{NS}	974,82 ^{**}	172,65 ^{**}	2,24 ^{**}	77,59 ^{**}	49,4 ^{**}
Resíduo	80	0,033	45,42	3,53	0,42	3,00	0,07
CV %		1,44	4,06	10,62	10,54	16,16	32,59
Média geral		12,60	165,82	17,70	6,17	10,73	0,79

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; TA: teor de água; T: temperatura; t: tempo; CV: coeficiente de variação. ^{**}Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo. GAT: soma de grãos danificados-fermentados, grãos danificados e grãos fermentados.

Os grãos de soja foram armazenados com teor de água inicial de 11,75% (bu), próximo a 12,0% (bu), recomendado para armazenamento seguro (SMANIOTTO et al., 2014), e a 13,84% (bu), próximo ao teor de água máximo de 14,0% (bu), estabelecido para classificação do produto (BRASIL, 2007a). Os teores de água diferiram em todos os períodos de armazenamento, tendo sido possível avaliar a diferença da condição dos grãos ao longo do armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Médias do teor de água final (% bu) dos grãos de soja armazenados em diferentes teores de água iniciais em função do tempo de armazenamento

TAi (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)					Equação
	0	2	4	6	8	
12	11,75 a	11,48a	11,66 a	11,31 a	11,04 a	TA= -0,079t+11,765; R ² =0,7834 (1)
14	13,84 b	13,70b	13,74 b	13,76 b	13,70 b	NS

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. TAI: Teor de água inicial. NS: não significativo; t: tempo de armazenamento, meses.

Observa-se que o teor de água dos grãos armazenados com 11,75% (bu) se reduziu linearmente ao longo do armazenamento, Equação 1, porém apresentando coeficiente angular de 0,079, o que representa baixa inclinação da reta e pequena variação do teor de água no período de armazenamento. Virgolino et al. (2016) e Smaniotto et al. (2014), armazenando sementes de soja resfriadas previamente ao acondicionamento em big bags por três meses e armazenando soja com 12, 13 e 14% (bu) de teor de água por 180 dias em embalagens de polipropileno, respectivamente, também observaram redução do teor de água em função do período de armazenamento.

Os grãos armazenados a 13,84% (bu) não apresentaram variação do teor de água no período de armazenamento, não se ajustando ao modelo matemático. Bessa et al. (2015) não observaram ajuste de modelo para o teor de água das sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) armazenadas em embalagens PEAD. Estas embalagens, que também foram utilizadas no presente trabalho, permitem menor troca de vapor d'água dos grãos acondicionados em seu interior e do ambiente de armazenamento, reduzindo a variação do teor de água.

Segundo Smaniotto et al. (2014), a variação do teor de água pode ser relacionada com a permeabilidade da embalagem utilizada no armazenamento de grãos e sementes, que são materiais higroscópicos e estão sujeitos aos processos de sorção, tendendo o teor de água sempre a se equilibrar com a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento.

Os grãos armazenados, Tabela 4, com teor de água de 13,84% (bu) apresentavam maior porcentagem de grãos avariados totais no período inicial. No segundo e quarto meses, não houve diferença quando comparados aos grãos armazenados com menor valor de teor de água, exceto para o quarto mês na temperatura de 35 °C, em que os grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) apresentaram grãos avariados totais 8,66 pontos percentuais maiores que os grãos armazenados com teor de água de 11,75% (bu).

Tabela 4. Porcentagem de grãos de soja avariados totais (%) nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	12,29 a	12,29 a	12,29 a	12,29 a
13,84	17,46 b	17,46 b	17,46 b	17,46 b
	2			
11,75	9,30 a	9,10 a	13,40 a	12,62 a
13,84	11,47 a	9,77 a	12,48 a	12,72 a
	4			
11,75	12,56 a	12,86 a	12,79 a	15,48 a
13,84	14,19 a	13,79 a	15,20 a	24,14 b
	6			
11,75	13,57 a	10,11 a	11,12 a	19,40 a
13,84	12,23 a	14,61 b	20,64 b	52,12 b
	8			
11,75	11,31 a	14,00 a	18,51 a	29,51 a
13,84	13,47 a	19,13 b	33,79 b	83,50 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nota-se que os grãos foram armazenados fora dos padrões (12,29 e 17,46% de grãos avariados, para os grãos de soja armazenados com teor de água inicial de 11,75 e 13,84%, respectivamente), pois, para a comercialização e o recebimento dos grãos de soja, são permitidos no máximo 8% de grãos avariados como padrão básico para grãos de soja que se enquadram como do grupo II (BRASIL, 2007a).

No sexto e oitavo meses, não houve diferença na porcentagem de grãos avariados totais, apenas nos grãos armazenados a 20 °C. Nas demais temperaturas de armazenamento, os grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) apresentaram maior danificação, destacando-se o oitavo período de armazenamento na temperatura de 35 °C, em que os grãos com maiores teores de água apontaram 83,50% de grãos avariados, o que resulta em valores dez vezes acima do recomendado pelas normas de recebimento do país.

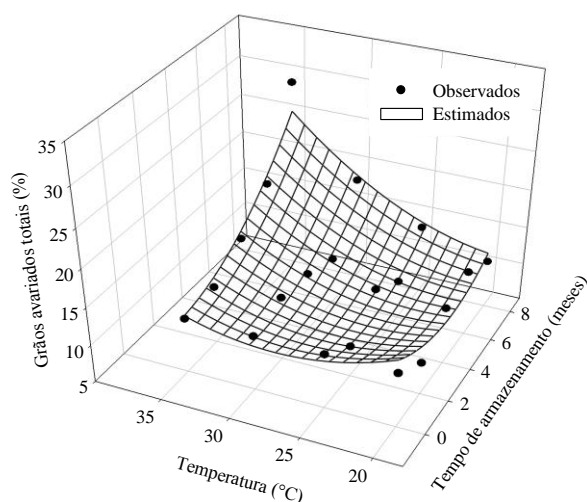
Para os grãos avariados, Figura 3, ajustou-se o modelo de superfície de resposta em função da temperatura e do tempo de armazenamento. Nota-se que, com o aumento da temperatura e do tempo, maior foi a porcentagem de grãos avariados totais (%GAT). Estes resultados confirmam aqueles obtidos por Alencar et al. (2009), que armazenaram grãos de soja com teores de água de 11,2; 12,8 e 14,8% (bu), nas

temperaturas de 20, 30 e 40 °C, e observaram que os grãos armazenados a 12,8 e 14,8% (bu) apresentaram 8,11 e 8,61% de grãos avariados na temperatura de 40 °C, a partir de 135 e 90 dias, respectivamente, tendo sido considerados fora do padrão básico de comercialização; aos 180 dias, os grãos armazenados com o maior teor de água apresentavam 14,31% de grãos avariados.

Os grãos armazenados a 13,84% (bu) apresentaram maiores magnitudes, Figura 3B, na %GAT em relação aos armazenados a 11,75% (bu), Figura 3A, firmando que teor de água de 13,84% (bu) é inadequado para armazenar grãos de soja por longos períodos nestas condições, confirmando Smaniotto et al. (2014), que recomendam armazenar grãos de soja para condições tropicais a 12% (bu).

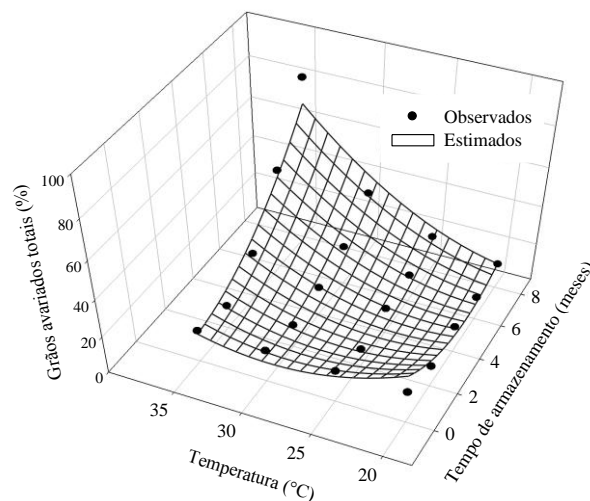
Independentemente do teor de água inicial de armazenamento, observa-se que, com aumento da temperatura, houve aumento da %GAT no oitavo mês, destacando que maiores temperaturas e tempo de armazenamento têm influência negativa na qualidade dos grãos de soja atacados por percevejo na lavoura e, posteriormente, armazenados.

A



$$\text{GAT} = 46,3108 - 4,0311t - 2,4908T + 0,1739t^2 + 0,0437T^2 + 0,1224tT; R^2 = 0,8059$$

B



$$\text{GAT} = 158,5735 - 18,6417t - 9,9819T + 0,7088t^2 + 0,1686T^2 + 0,5686tT; R^2 = 0,8801$$

Figura 3. Porcentagens totais de grãos avariados armazenados com os teores de água iniciais de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B), nas diferentes temperaturas no período de oito meses

T: temperatura de armazenamento, °C; t: tempo de armazenamento, meses.

Os grãos danificados por percevejo na lavoura apresentam tecidos lesionados com coloração esbranquiçada, que variam de acordo com a profundidade do dano causado. Segundo Depieri e Panizzi (2011), cada espécie de percevejo tem um tempo de

alimentação distinto e uma profundidade do estilete de seu aparelho bucal, que é introduzido na planta no momento da alimentação, não tendo relação direta das dimensões das mandíbulas entre o tempo de alimentação e a área de dano na superfície dos grãos.

Na Tabela 5 observam-se as médias da porcentagem de grãos danificados por percevejo na lavoura. Até o quarto mês, os grãos armazenados com 13,84% (bu) de teor de água apresentaram maior danificação causada pelo percevejo na lavoura; exceto no quarto mês na temperatura de 35 °C, em que apresentaram 1,50 ponto percentual menor que os grãos armazenados a 11,75% (bu), pois neste ponto a porcentagem de grãos danificados-fermentados aumentou (Tabela 6).

Tabela 5. Porcentagem de grãos de soja danificados por percevejo (%) nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	7,63 a	7,63 a	7,63 a	7,63 a
13,84	8,78 b	8,78 b	8,78 b	8,78 b
	2			
11,75	4,83 a	4,37 a	4,00 a	3,62 a
13,84	6,20 b	4,97 a	5,75 b	5,05 b
	4			
11,75	6,56 a	6,66 a	6,59 a	6,68 b
13,84	8,26 b	7,92 b	7,94 b	5,08 a
	6			
11,75	7,99 b	6,49 a	5,39 a	3,83 b
13,84	6,88 a	8,07 b	5,83 a	0,99 a
	8			
11,75	6,54 a	6,40 a	6,47 b	4,61 b
13,84	6,61 a	6,25 a	3,94 a	0,31 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quando os grãos danificados apresentam uma borda escura envolvendo a danificação causada pelo percevejo, eles são considerados grãos fermentados. Na IN 11/2007, regida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007a; 2007b), grãos fermentados apresentam maior depreciação comparativamente aos grãos danificados na escala de defeitos leves, e são contabilizados como grãos fermentados (fermentados na normativa). Porém, nesta pesquisa, foram separados

individualmente para detectar o ponto em este dano varia, no qual os grãos danificados apresentam fermentação.

Com aumento do parâmetro danificados-fermentados, observou-se redução da quantidade de grãos danificados. Com aumento da temperatura e do tempo de armazenamento, ocorreu redução dos grãos danificados, sendo mais claro este fato nos grãos armazenados com o maior teor de água (Figura 4). Para menor teor de água, não houve ajuste de modelo significativo.

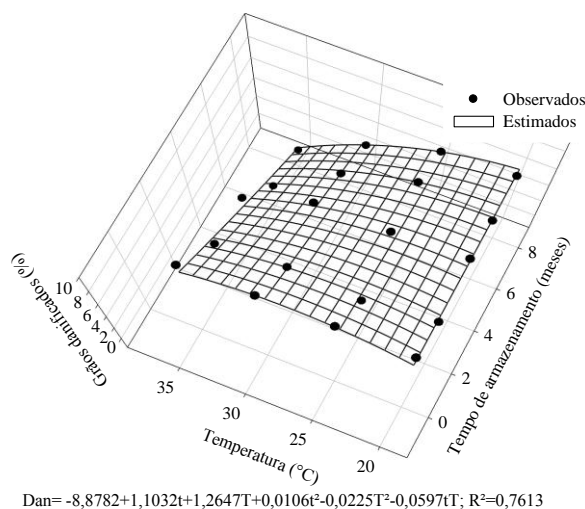


Figura 4. Valores observados e experimentais da porcentagem de grãos de soja, danificados por percevejo na lavoura, em função da temperatura e do tempo para o teor de água inicial de 13,84% (bu)

T: temperatura de armazenamento, °C; t: tempo de armazenamento, meses; DAN: grãos danificados.

Os grãos foram armazenados com 3,91 pontos percentuais de diferença na porcentagem de grãos danificados-fermentados, Tabela 6, entre os teores de água, diferindo no período inicial. No segundo e quarto meses de armazenamento, não houve diferença entre os teores de água, apenas na temperatura de 35 °C (quarto mês), quando os grãos armazenados a 13,84% (bu) apresentaram 56,72% de grãos danificados-fermentados.

No sexto e oitavo meses de armazenamento nas temperaturas de 30 e 35 °C, as diferenças de grãos danificados-fermentados foram maiores que 10,0 pontos percentuais entre os grãos armazenados nos dois teores de água, firmando que, maiores temperaturas, aliadas a longos períodos de armazenamento, propiciam aumento da fermentação dos grãos danificados por percevejo na lavoura.

Nota-se (Tabela 6) que, na temperatura de 35 °C, no quarto mês de armazenamento, a porcentagem de grãos danificados-fermentados aumentou, enquanto (Tabela 5) a porcentagem de grãos danificados se reduziu, observando o ponto em que o aumento da fermentação dos grãos danificados por percevejo foi mais evidente.

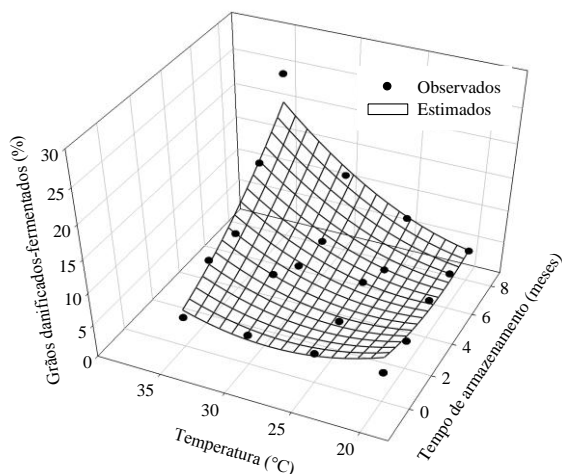
Tabela 6. Porcentagem de grãos danificados-fermentados (%) nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	4,66 a	4,66 a	4,66 a	4,66 a
13,84	8,57 b	8,57 b	8,57 b	8,57 b
	2			
11,75	4,47 a	4,73 a	6,73 a	7,67 a
13,84	5,27 a	4,80 a	9,40 a	9,00 a
	4			
11,75	5,93 a	5,87 a	6,20 a	8,80 a
13,84	6,00 a	6,20 a	7,27 a	19,07 b
	6			
11,75	5,35 a	3,62 a	5,73 a	15,57 a
13,84	5,58 a	6,54 b	14,81 b	45,91 b
	8			
11,75	4,78 a	7,59 a	12,05 a	24,90 a
13,84	6,86 a	12,87 b	29,85 b	56,72 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

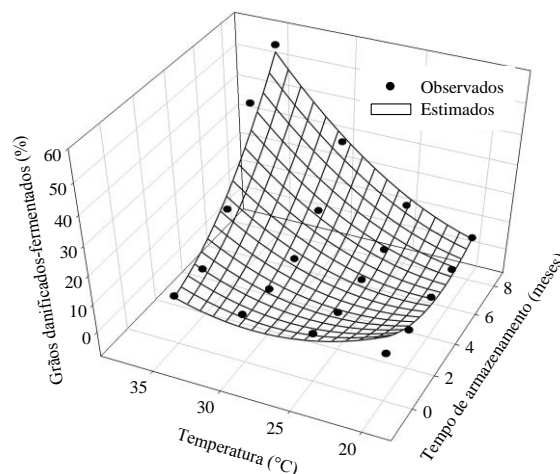
Com o aumento do tempo e da temperatura de armazenamento, observam-se maiores valores de grãos danificados-fermentados, Figura 5, pois os grãos que foram armazenados com danificação causada por percevejo na lavoura apresentaram gradualmente fermentação ao longo do armazenamento. O dano que este inseto-praga causa à cadeia produtiva da cultura da soja vem desde o campo até o armazenamento, e segundo Ferreira (2013), o aumento do número de percevejos (*Euschistus heros*) por metro reduz a produtividade e inviabiliza as sementes de soja.

A



$$\text{Dan-Fer} = 41,6646 - 3,9778t - 2,6733T + 0,1046t^2 + 0,0472T^2 + 0,1434tT; R^2 = 0,8264$$

B



$$\text{Dan-Fer} = 112,7761 - 13,9340t - 7,4788T + 0,4815t^2 + 0,1282T^2 + 0,4540tT; R^2 = 0,9262$$

Figura 5. Valores observados e experimentais da porcentagem de grãos de soja danificados-fermentados por percevejo na lavoura, em função da temperatura e do tempo para os teores de água iniciais de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B)

T: temperatura de armazenamento, °C; t: tempo de armazenamento, meses; Dan/Fer: grãos danificados-fermentados.

Os grãos fermentados que não apresentaram danificação por percevejo na classificação tiveram ocorrência apenas no armazenamento com 13,84% (bu) de teor de água no sexto e oitavo meses, tendo 5,22 e 26,47% de ocorrência, respectivamente, na temperatura de 35 °C. A associação do maior teor de água com alta temperatura e tempo de armazenamento mostra efeito negativo no armazenamento de grãos de soja, independentemente do dano causado pelos insetos.

A condutividade elétrica dos grãos de soja, Tabela 7, foi maior nos grãos com teor de água inicial de 11,75% (bu). No segundo mês de avaliação, houve diferença somente na temperatura de 35 °C, tendo a condutividade elétrica sido maior nos grãos armazenados a 13,84% (bu). Os grãos armazenados a 11,75% (bu) podem ter apresentado maior valor de condutividade elétrica no período inicial devido à secagem feita para redução do teor de água. Faroni et al. (2009) também observaram maior valor de condutividade elétrica no período inicial nos grãos de soja com menor teor de água, a retirada de água dos grãos pode desorganizar as membranas, ocasionando aumento da condutividade elétrica da solução de embebição.

Tabela 7. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) dos grãos de soja avariados por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas, ao longo do armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			
	20	25	30	35
11,75	87,14 b	87,14 b	87,14 b	87,14 b
13,84	74,71 a	74,71 a	74,71 a	74,71 a
	2			
11,75	103,84 a	105,54 a	123,76 a	147,72 a
13,84	95,80 a	111,19 a	125,13 a	175,97 b
	4			
11,75	115,79 a	124,27 a	154,50 a	226,06 a
13,84	113,38 a	136,18 b	192,39 b	331,94 b
	6			
11,75	130,93 a	139,62 a	194,20 a	296,67 a
13,84	126,97 a	172,76 b	270,38 b	362,26 b
	8			
11,75	130,49 a	167,81 a	225,75 a	310,08 a
13,84	144,96 b	257,31 b	305,37 b	366,21 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

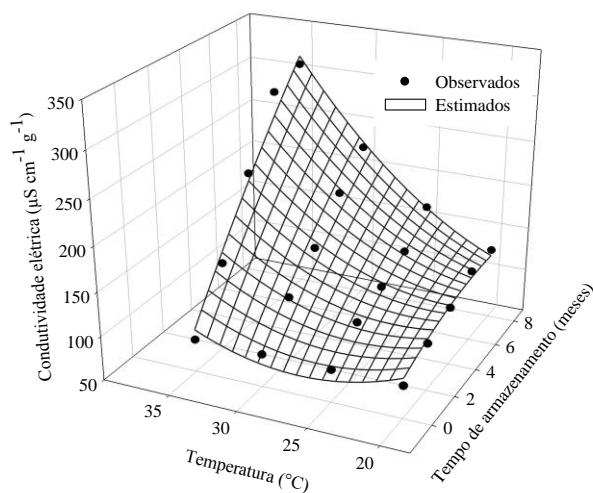
No quarto e sexto meses, os grãos armazenados com teor de água inicial de 13,84% (bu) apresentaram maiores médias de condutividade elétrica, exceto na temperatura de 20 $^{\circ}\text{C}$, quando não houve diferença. No oitavo mês, a condutividade elétrica se apresentou maior nos grãos armazenados a 13,84% (bu) em todas as temperaturas de armazenamento.

Tavares et al. (2015), armazenando sementes de feijão azuki (*Vigna angularis* Wild.) por seis meses, observaram que quanto maior as doses de saflufenacil, maiores foram os valores de condutividade elétrica, porém, após seis meses de armazenamento, as sementes armazenadas lixiviaram maiores quantidades de solutos, independentemente da dose utilizada do dessecante, portanto, grãos e sementes, quando apresentam algum fator de estresse, tendem a um aumento constante deste parâmetro.

O percevejo causa uma lesão no tegumento do grão da soja, portanto, devido a esta danificação no grão e à conseqüente fermentação, ocorre maior lixiviação dos solutos e, conseqüentemente, maiores valores de condutividade elétrica da solução de embebição.

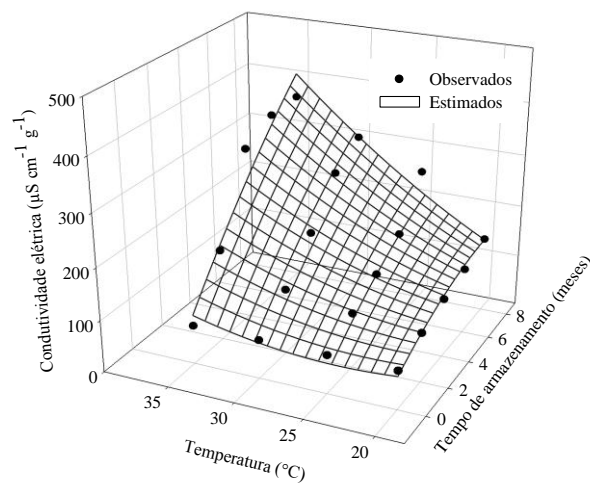
A condutividade elétrica aumentou em função do tempo e da temperatura de armazenamento, Figura 6, na solução dos grãos armazenados nos dois teores de água, confirmando os resultados obtidos por Costa et al. (2010) no armazenamento de grãos de milho, em minibolsas seladas e armazenadas a 25, 30 e 35 °C, quando também observaram maior valor de condutividade elétrica para grãos de milho com maior teor de água de armazenamento. A condutividade elétrica dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo foi maior considerando o aumento do teor de água, da temperatura e do tempo de armazenamento.

A



$$CE=399,7140-24,0302t-24,0406T-0,5527t^2+0,4409T^2+1,6010tT; R^2=0,9766$$

B



$$CE=235,1829-20,8683t-14,6707T-1,0591t^2+0,3046T^2+1,9669tT; R^2=0,9475$$

Figura 6. Valores observados e experimentais da condutividade elétrica da solução de imersão de grãos de soja, danificados na lavoura, em função da temperatura e do tempo para os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (B)

T: temperatura de armazenamento, °C; t: tempo de armazenamento, meses; CE: condutividade elétrica.

A condutividade elétrica das soluções de imersão quantifica a intensidade da corrente elétrica entre dois pontos, determinada pela quantidade de lixiviados, e indica o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra, e quanto maiores os valores, menor o vigor das sementes (SILVA et al., 2014). Assim, conforme aumentou a porcentagem de grãos avariados totais, ocorreu aumento da condutividade elétrica dos grãos de soja, com elevada danificação por percevejo, o que proporcionou redução da qualidade ao longo do armazenamento. Além disso, a punctura ocasionada pelo inseto nos grãos serve como válvula de saída para o aumento da lixiviação.

Costa et al. (2010), armazenando grãos de milho em dois teores de água (14,5 e 18,0% bu), descreveram que no maior teor de água ocorreu um processo de deterioração da membrana e da parede celular mais acelerado, assim como observado no presente trabalho.

Faroni et al. (2009), avaliando grãos de soja armazenados em silos-bolsa por 180 dias, com dois diferentes teores de água, 13,3 e 17,4% (bu), observaram que maior teor de água promove aumento expressivo na condutividade elétrica em decorrência da interação entre os pontos avaliados do silo-bolsa e o período de armazenamento. Já os grãos com menor teor de água não apresentaram variação deste parâmetro no armazenamento, indicando menor deterioração.

As médias da condutividade elétrica observadas por Faroni et al. (2009) variaram de 100 a 350 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ para grãos de soja armazenados a 17,4% (bu) e de 150 a 200 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ em grãos armazenados a 13,3% (bu). Silva et al. (2011) avaliaram quatro cultivares de sementes de soja em cinco fases de beneficiamento, em que as médias variaram entre 34 e 52 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, com diferenças genótípicas entre as cultivares avaliadas. Comparando as duas pesquisas, pode-se perceber que algumas sementes têm maior integridade no tegumento por conta do cuidado na colheita e beneficiamento do produto.

No presente trabalho, os grãos armazenados com teor de água inicial de 11,75% (bu) tiveram médias de condutividade elétrica de 87,14 a 296,67 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ e os grãos armazenados com 13,84% (bu) variaram de 74,71 a 366,21 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Bessa et al. (2015) também observaram maiores médias de condutividade elétrica em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com maior teor de água de armazenamento e descreveram que o vapor d'água acarreta a desorganização da estrutura das sementes e a lixiviação de solutos. Este fato também pode ser comprovado no presente trabalho, em que grãos armazenados com maior teor de água apresentaram aumento mais intenso da condutividade elétrica em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Barbosa et al. (2010), armazenando sementes de soja, descreveram que durante o armazenamento verificou-se crescente liberação de eletrólitos das sementes para a água de embebição, indicando redução do vigor e da qualidade fisiológica no armazenamento.

1.4 Conclusões

Grãos com elevada danificação por percevejo na lavoura, quando armazenados, se deterioram com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento. Não se recomenda armazenar grãos de soja atacados por percevejo com teores de água de 13,84% (bu), em temperaturas acima de 30 °C, por tempo maior que quatro meses. Altas temperaturas e períodos de armazenamento propiciam aumento da porcentagem de grãos danificados-fermentados, grãos avariados totais e da condutividade elétrica, resultando na perda de qualidade do produto. Grãos de soja armazenados com teor de água de 13,84% (bu) e temperatura de 35 °C, que não apresentaram danificação causada por percevejo, fermentam após seis meses de armazenamento. Grãos danificados por percevejo evoluem para grãos fermentados durante o armazenamento.

1.5 Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano – Campus Rio Verde), à Embrapa Soja por meio do Projeto QualiGrãos, à equipe da empresa Caramuru Alimentos S/A, em nome de José Ronaldo Quirino e Elivânio dos Santos Rosa, pela colaboração, bem como à Capes, à Fapeg, ao CNPq e à Finep, pelo apoio financeiro.

1.6 Referências

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

BARBOSA, C. Z. R.; SMIDERLE, O. J.; ALVES, J. M. A.; VILARINHO, A. A.; SEDIYAMA, T. Qualidade de sementes de soja BRS Tracajá, colhidas em Roraima em função do tamanho no armazenamento. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.41, n.1, p.73-80, 2010.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA; L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p.224-230, 2015.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 2009. 399p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, Instrução normativa n.11, de 15 de maio de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.93, p.13-15, 2007a. Seção 1. Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968>> Acesso em: 02/12/2016.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n.37, de 27 de julho de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.45, p.9, 2007b. Seção 1. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=703515752>> Acesso em: 02/12/2016.

CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D. P. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.49, n.12, p.967-976, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2015/16*, v.3, n.12, 2016.

COSTA, A. R.; FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.41, n.2, p.200-207, 2010.

DE BORTOLI, S. A.; MURATA, A. T.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, C. P.; RAMALHO, D. G. Herbivoria em soja: efeito na composição química das folhas e na biologia da lagarta da soja e do percevejo verde pequeno. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v.3, n.3, p.192-198, 2012.

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, Mostardas, v.40, n.2, p.197-203, 2011.

FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R.; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.1, p.91-100, 2009.

FERREIRA, S. B. *Interações socioeconômicas no sistema soja e prejuízos causados por Euschistus heros (Hemiptera: Pentatomidae)*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO. 72 f.

GAZOLLA NETO, A.; FERNANDES, M. C.; GOMES, A. D.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.28, n.3, p.119-127, 2015.

MAZIERO, H.; GUEDES, J. V. C.; FARIAS, J. R.; RODRIGUES, R. B.; DALAZEN, G.; PRÁ, E. D. Volume de calda e inseticidas no controle de *Piezodorus guildonii* (Westwood) na cultura da soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.5, p.307-1312, 2009.

SILVA, R. P.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; REZENDE, R. C.; SILVA, G. C. Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max.* L.) durante o beneficiamento. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.32, n.4, p.1219-1230, 2011.

SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. *Revista de Ciências Agrárias*, Recife, v.37, n.2, p.206-213, 2014.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.4, p.446-453, 2014.

TAVARES, C. J.; ARAÚJO, A. C. F.; JAKELAITIS, A.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; FREITAS, M. A. M. Qualidade de sementes de feijão-azuki dessecadas com saflufenacil e submetidas ao armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.12, p.1197-1202, 2015.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. **In:** KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. Londrina, ABRATES, p.1-26, 1999.

VIRGOLINO, Z. Z.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; MARÇAL, K. A. F.; SALES, J. F. Physiological quality of soybean seeds artificially cooled and stored in different packages. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.20, n.5, p.473-480, 2016.

CAPÍTULO II

(Artigo submetido à Revista Comunicata Scientiae)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRÃOS DE SOJA ARMAZENADOS COM ELEVADA DANIFICAÇÃO POR PERCEVEJO NA LAVOURA

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF STORED SOYBEAN GRAINS CONTAINING HIGH DAMAGE BY BUG

RESUMO: O objetivo neste trabalho foi avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água nas características físicas de grãos de soja com alta danificação por percevejo na lavoura. Os grãos foram coletados de lavouras comerciais e apresentaram 30% da massa danificada por percevejo. O experimento foi levado a efeito utilizando um delineamento inteiramente casualizado, e os resultados foram analisados em esquema fatorial 2 x 4 x 5. Os grãos foram armazenados por oito meses, acondicionados em embalagens PEAD nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e teores de água de 11,75 e 13,84% (bu). As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando-se a massa de mil grãos, massa específica aparente, luminosidade, coordenada a*, coordenada b*, diferença de cor, croma e ângulo hue. Ao longo do armazenamento, ocorre redução da qualidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura. O aumento da temperatura propicia redução dos parâmetros da cor: luminosidade, coordenada b*, ângulo hue e croma da massa de grãos de soja

danificados. O aumento de temperatura e do tempo de armazenamento reduz a massa dos grãos de soja e propicia perda da cor original dos grãos com alta danificação por percevejo na lavoura. Grãos com maior teor de água apresentam menos brilho.

Palavras-chave: Cor. Massa de mil grãos. Massa específica aparente.

ABSTRACT: This paper aimed to evaluate the temperature and moisture content effect on the physical characteristics of soybean grains containing high damage by bug. The grains were collected from commercial tillage and presented 30% mass damaged by bug. The experiment was carried out using a completely randomized design and the results were analyzed in 2x4x5 factorial scheme. Grains were stored for eight months, packed in high density polyethylene (HDPE) packages at 20, 25, 30, and 35 °C temperatures, and 11.75 and 13.84% moisture contents (wb). Samples were evaluated every two months, analyzing the mass of a thousand grains, apparent specific mass, luminosity, a* coordinate, b* coordinate, color difference, chroma, and hue angle. During storage, the soybean grains quality was reduced with high damage by bug in the tillage. Increasing temperature leads to reduce color parameters, that is, luminosity, b* coordinate, hue angle, and chroma of the mass of damaged soybean grains. Increasing temperature and storage time reduce the mass of soybean grains and cause loss of the grains' original color because of high damage by bug. Grains with higher moisture content show less brightness.

Keywords: Color. Mass of a thousand grains. Specific apparent mass.

1.1 Introdução

Os grãos de soja são altamente utilizados no Brasil, desde *in natura* ou como na extração do óleo, proteína e farelo. Para a manutenção da qualidade destes grãos após a colheita, necessita-se de local, umidade relativa, temperatura e tempo de armazenamento adequados.

Muitas perdas ocorrem, principalmente, pelo ataque de insetos que provocam alterações nas características físico-químicas do grão e por transformações estruturais

de seus componentes, resultando em modificações nas suas propriedades organolépticas e nutricionais (SARTORI et al., 2014). Porém, não é apenas no armazenamento que os grãos estão propícios ao ataque de insetos, na lavoura também ocorrem infestações que podem influenciar na redução da qualidade do produto no período de estocagem.

Entre os insetos-praga que atacam a cultura da soja em campo, os percevejos são considerados os de maior potencialidade para provocar danos à cultura (DE BORTOLI et al., 2012). Estes danos estão relacionados ao estágio de desenvolvimento da planta e da população de percevejos por área (FERREIRA, 2013), atacando os grãos na lavoura, que podem refletir na perda de qualidade ao longo do armazenamento.

Ferreira (2013) avaliando a cultura da soja em campo inseriu percevejos em gaiolas e realizou as avaliações da massa de cem grãos e avaliação de tetrazólio, a qual observa o dano causado pelo percevejo na semente, porém nesta pesquisa não se avaliou o efeito da punctura, causada pelo percevejo, no armazenamento, por meio das características físicas dos grãos.

Projetos de máquinas para o processamento, classificação e dimensionamento de outros equipamentos destinados à pós-colheita de produtos agrícolas requerem dados relativos às propriedades físicas (OLIVEIRA et al., 2014). Diversas são as características físicas que se avaliam na massa de grãos, em que vários fatores podem influenciar, como o teor de água, o tipo de embalagem e o ambiente onde os grãos foram armazenados. A variação do teor de água normalmente influencia de forma direta o volume e as propriedades físicas dos grãos (BOTELHO, 2009), sendo relatado como o parâmetro que mais influencia as propriedades físicas dos produtos agrícolas (BOTELHO et al., 2015).

A massa específica aparente é uma característica física dos produtos agrícolas de grande relevância, podendo ser afetada pelo teor de água, forma e superfície dos produtos. As informações fornecidas por esta propriedade física auxiliam no dimensionamento de silos, cálculo de transportadores, separadores e classificadores de grãos e sementes (ARAÚJO et al., 2014), sendo também uma característica física frequentemente utilizada para avaliar a qualidade da massa de grãos. Quanto maior a magnitude da massa específica, melhor é a qualidade do produto, sendo utilizada na comercialização de produtos como trigo e cevada (BOTELHO et al., 2015).

A massa de mil grãos também indica a qualidade do produto, assim, esse resultado ratifica aqueles observados pela massa específica. Quando se avalia a secagem

do produto, o aumento da temperatura apresenta consequências diretas sobre a qualidade da massa de grãos (BOTELHO et al., 2015), e na avaliação do armazenamento de grãos, por conta da respiração, as condições de armazenagem podem reduzir a massa do produto avaliado.

A avaliação da cor também é outro parâmetro relevante para avaliar as condições do produto durante o armazenamento devido à alteração na cor que o produto pode apresentar.

Portanto, objetivou-se avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água nas características físicas de grãos de soja com elevada danificação na massa de grãos causada pelo percevejo na lavoura.

1.2 Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) - Campus Rio Verde.

Foram coletados em março de 2015, na empresa Caramuru Alimentos S/A, grãos de soja da safra de 2014/15, provenientes de lavouras comerciais atacadas por percevejo.

A classificação dos grãos de soja foi feita por técnico habilitado do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), segundo padrão oficial regido pela Instrução Normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007).

Os grãos foram armazenados com 14,90% de grãos avariados totais, o que corresponde à soma de todos os defeitos encontrados, como grãos danificados (indicados pela punctura causada pelo percevejo na lavoura, sendo dividido por quatro, segundo a normativa de classificação), grãos danificados-fermentados (grãos que apresentam fermentação onde ocorreu danificação pelo percevejo) e grãos fermentados (que apresentam fermentação causada pelas condições de armazenamento).

Os grãos apresentaram em torno de 30% da massa com danos causados pelos percevejos. Em seguida, promoveu-se o beneficiamento em peneiras de classificação de 3,00 mm de crivos circulares e peneiras de crivos oblongos de 3,00 x 22,00 mm para limpeza e separação das impurezas. Os grãos foram classificados como do grupo II que,

segundo a Instrução normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007), se destinam a outros usos, que não o consumo *in natura*.

As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando a massa de mil grãos, massa específica aparente, luminosidade, coordenada a^* , coordenada b^* , croma, diferença de cor e ângulo hue.

O teor de água dos grãos de soja foi determinado por gravimetria (BRASIL, 2009), em estufa de circulação de ar forçado por 24h00 a 105 ± 3 °C. Os grãos de soja apresentaram teor de água inicial de 13,84% base úmida - bu. Em seguida, a massa total foi dividida em dois lotes, sendo uma das partes submetida à secagem com ar natural em terreiro, sobre lona plástica ao sol, para reduzir o teor de água até 11,75% (bu), para serem armazenadas em dois diferentes teores de água.

O experimento foi levado a efeito utilizando o delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando o esquema fatorial $2 \times 4 \times 5$, sendo dois teores de água, quatro temperaturas, cinco tempos de avaliação em três repetições.

Para o fator teor de água, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância. Para os fatores tempo e temperatura, foi feita análise de regressão. Para as variáveis que obtiveram interação entre temperatura e tempo, foram ajustados modelos matemáticos baseados na superfície de resposta, sendo os modelos selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, adotando-se o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação (R^2) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

Analisou-se a normalidade dos parâmetros pelo teste de Shapiro-Wilk, com auxílio do programa Action Stat.

Os grãos de soja foram acondicionados em embalagens de Polietileno de alta densidade (PEAD) e, posteriormente, armazenados por oito meses em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C) e dois teores de água (11,75 e 13,84% bu). Estas embalagens foram utilizadas para obter reduzidas trocas de vapor de água, visto que a taxa de permeabilidade do PEAD utilizado é de $0,02$ g água embalagem⁻¹ d⁻¹ (BESSA et al., 2015). As amostras foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), reguladas nas diferentes temperaturas.

A temperatura e a umidade relativa no interior das BODs foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro digital, sendo registradas a cada 00h10. Durante o

armazenamento dos grãos, as médias de temperatura foram de $21,02 \pm 2,15$, $25,21 \pm 1,66$, $29,09 \pm 0,47$ e $34,35 \pm 0,82$ °C e de umidade relativa foram de $75,69 \pm 12,28$, $47,46 \pm 16,62$, $45,46 \pm 12,66$ e $30,60 \pm 17,47\%$, respectivamente.

A massa de mil grãos foi mensurada por meio da determinação da massa de 100 grãos, em oito repetições e, posteriormente, estimada para 1.000 grãos. Os resultados foram expressos em g (BRASIL, 2009).

Para a determinação da massa específica aparente, foi utilizado um recipiente de volume conhecido (252,3 mL) preenchido com os grãos dos diferentes lotes em uma altura de queda fixa de 0,185 m. Após o preenchimento e pesagem, determinou-se a massa específica aparente por meio da relação da massa (kg) e volume (m³) em balança semianalítica.

A coloração da massa dos grãos de soja foi determinada em colorímetro (Color Flex EZ, Hunter Lab Reston, Canadá), com três repetições, contendo 30 g por tratamento, empregando o sistema Hunter de cor (Figura 1). Os resultados foram expressos em L, a* e b*, podendo os valores de L (luminosidade ou brilho) variar do preto (0) ao branco (100), de acordo com Moura et al. (2009), coordenada a* do verde (-60) ao vermelho (+60) e coordenada b* do azul (-60) ao amarelo (+60), conforme relatado por Paucar-Menacho et al. (2008).

Utilizando os valores das coordenadas L, a* e b*, foram calculados a diferença total de cor (Equação 1), o croma (Equação 2) e o ângulo hue (Equação 3).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

$$C_r = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (3)$$

em que:

$$\Delta L = L(t) - L(0) \quad (4)$$

$$\Delta a^* = a^*(t) - a^*(0) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = b^*(t) - b^*(0) \quad (6)$$

sendo que:

ΔE : diferença de cor; C_r : croma; t: período de tempo, meses; 0: período inicial.

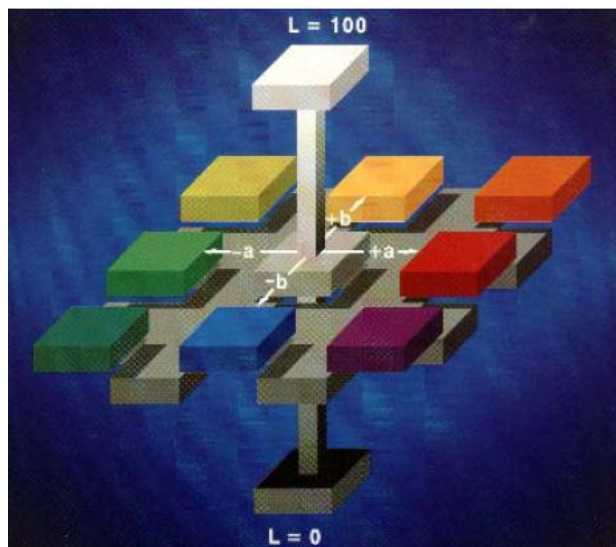


Figura 1. Representação do sólido de Hunter (RESENDE, 2006)

1.3 Resultados e discussão

No final do armazenamento, os grãos que foram armazenados com teor de água de 11,75 e 13,84% (bu) apresentaram médias de 18,33 e 37,50% de grãos avariados totais, respectivamente, sendo que os grãos armazenados com o menor teor de água só apresentaram fermentação em grãos danificados, enquanto os grãos com maior teor de água, que não foram danificados na lavoura, fermentaram no sexto (5,22%) e oitavo (26,47%) meses, na temperatura de 35 °C.

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk, todas as variáveis analisadas apresentaram normalidade dos dados. Na Tabela 1, está apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis massa de mil grãos dos grãos, massa específica aparente, luminosidade, coordenada a^* , coordenada b^* , diferença de cor, croma e ângulo hue dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura, durante o armazenamento em diferentes condições.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros massa de mil grãos (MMG) massa específica aparente (ρ_{ap}), luminosidade (L), coordenada a* (a*), coordenada b* (b*), diferença de cor (ΔE), croma (C_r) e ângulo hue (h*), dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	MMG (g)	ρ_{ap} (kg m ⁻³)	L	a*	b*	ΔE	C_r	h*
TA	1	129,78**	1.963,24**	160,25**	6,37**	168,87**	246,98**	171,90**	12,90**
T	3	15,53**	95,60**	18,05**	0,34**	8,23**	24,32**	6,37**	7,36**
t	4	254,42**	149,41**	56,13**	1,03**	43,70**	119,83**	36,25**	27,51**
TAxT	3	13,91**	5,55 ^{NS}	2,88**	0,45**	1,88**	3,99**	2,25**	0,10 ^{NS}
TAxt	4	34,56**	73,45**	6,80**	2,08**	23,06**	26,30**	24,90**	0,58**
Txt	12	3,05 ^{NS}	17,41**	1,75**	0,14**	0,85**	2,19**	0,80**	0,63**
TAxTtxt	12	8,02**	14,30 ^{NS}	0,89**	0,05 ^{NS}	0,81**	1,49**	0,80**	0,18 ^{NS}
Resíduo	80	1,90	6,66	0,36	0,04	0,24	0,27	0,26	0,09
CV (%)		0,92	0,38	1,18	2,09	1,63	14,38	1,60	0,43
Média geral		150,28	686,93	51,34	10,21	30,11	3,59	31,80	71,21

TA: teor de água, T: temperatura, t: tempo. ** Significativo a 1% pelo teste F, * Significativo a 5% pelo teste F, ^{NS} Não significativo.

As variáveis massa de mil grãos, luminosidade, coordenada b*, diferença de cor e croma, Tabela 1, apresentaram interação dos três fatores. As variáveis massa específica aparente e ângulo hue apresentaram interação de teor de água x tempo e de temperatura x tempo e a coordenada a* apresentou interação de teor de água x temperatura, teor de água x tempo e temperatura x tempo.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias da massa de mil grãos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, temperaturas e tempos de armazenamento.

Tabela 2. Massa de mil grãos (g) dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas, ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	149,80 b	149,80 b	149,80 b	149,80 b
13,84	152,69 a	152,69 a	152,69 a	152,69 a
	2			
11,75	152,61 b	151,51 b	151,08 b	151,76 b
13,84	156,59 a	155,93 a	156,35 a	154,73 a
	4			
11,75	151,82 a	150,04 b	149,92 b	150,86 a
13,84	153,58 a	154,43 a	154,03 a	147,55 b
	6			
11,75	141,94 b	142,22 b	144,95 a	144,17 a
13,84	150,16 a	147,09 a	144,57 a	145,51 a
	8			
11,75	150,50 a	151,83 a	151,10 a	149,27 a
13,84	150,91 a	149,03 b	148,22 b	146,91 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conforme a Tabela 2, a massa de mil grãos diferiu até o quarto mês de armazenamento nos dois teores de água, apresentando-se menor nos grãos armazenados com teor de água de 11,75% (bu), exceto no quarto mês nos grãos armazenados na temperatura de 20 °C.

No sexto mês, não houve diferença nos grãos armazenados nas temperaturas de 30 e 35 °C. No oitavo mês, as médias foram iguais nos grãos armazenados na temperatura de 20 °C, nas demais temperaturas os grãos armazenados com 13,84% (bu) apresentaram menor massa. O local da punctura causada pelo percevejo apresentou fermentação, que pode ter favorecido a redução da massa dos grãos.

Paraginski et al. (2015), avaliando grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas, observaram redução da massa de mil grãos naqueles armazenados na temperatura de 35 °C e um aumento a 5 °C e descreveram ser decorrência das alterações nos teores de água dos grãos e do consumo de reservas pelas atividades metabólicas.

A redução da massa de mil grãos em um armazém tem maiores proporções, o que pode ser considerada a quebra técnica que ocorre no escoamento dos grãos.

As médias observadas da massa de mil grãos em função da temperatura e do tempo de armazenamento não apresentaram ajuste de modelo matemático. Para os grãos armazenados com teor de água de 11,75% (bu), as médias variaram de 142,23 a 152,61 g. Observa-se que os grãos armazenados com o maior teor de água, temperatura e tempo apresentaram menor massa de mil grãos no oitavo mês, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C (Tabela 2). Grãos com maior teor de água tendem a acelerar o processo respiratório, principalmente quando armazenados em elevadas temperaturas, o que resulta na redução da massa. Botelho et al. (2015) observaram redução (137,2 para 132,9 g) da massa de mil grãos com o aumento da temperatura de secagem de grãos de soja (40 para 80 °C).

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias da massa específica aparente dos grãos de soja armazenados em dois teores de água em função do tempo de armazenamento.

Tabela 3. Massa específica aparente (kg m^{-3}) dos grãos de soja armazenados em diferentes teores de água em função do tempo de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)					Equação
	0	2	4	6	8	
11,75	691,86 a	692,84 a	691,01 a	689,68 a	689,52 a	$\rho_{ap} = -0,3918t + 692,5478$; $R^2 = 0,7627$ (7)
13,84	689,87 a	682,61 b	681,22 b	681,35 b	679,39 b	$\rho_{ap} = -1,1108t + 687,3344$; $R^2 = 0,7453$ (8)

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. t: tempo (meses)

A massa específica aparente é a razão entre a massa do sólido e o volume do sólido contendo poros (OLIVEIRA et al., 2014), neste caso, o sólido é o grão. A massa específica aparente, Tabela 3, não diferiu no tempo inicial, porém se apresentou maior nos grãos de soja armazenados a 11,75% (bu) ao longo do armazenamento, mostrando redução nos grãos armazenados a 13,84% (bu) no período de armazenamento. Este fato diverge dos dados de Faroni et al. (2009), que não observaram variação da massa específica aparente, ao longo do armazenamento, em grãos de soja, com diferentes teores de água avaliados.

A massa específica aparente se reduziu linearmente ao longo do armazenamento nos dois teores de água analisados, sendo essa redução mais acentuada nos grãos armazenados a 13,84% (bu), que também apresentaram menores valores, com

redução de 1,11 ponto percentual por mês, esta redução representa $10,43 \text{ kg m}^{-3}$ ao final do armazenamento. Os grãos com teor de água de 11,75% (bu) apresentaram redução de 0,39 ponto percentual por mês. Alencar et al. (2009) descreveram que os grãos de soja armazenados a 14,8% (bu) reduziram a massa específica aparente, confirmando o incremento da atividade metabólica dos grãos em virtude do elevado teor de água, na temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, tendo sido verificado desenvolvimento acelerado de fungos e, depois dos 180 dias, detectada incidência de *Aspergillus glaucus* (87%), resultando em maior número de grãos ardidos, o que pode ter contribuído para a redução da massa específica aparente.

Na Figura 2 está apresentada a massa específica aparente dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo ao longo do armazenamento em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

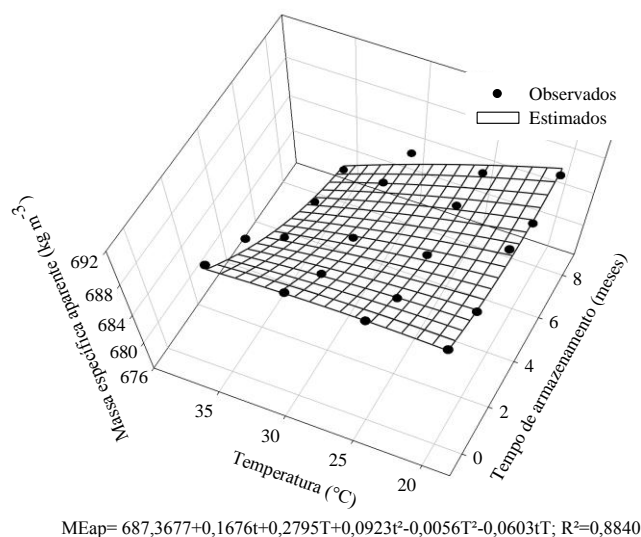


Figura 2. Massa específica aparente dos grãos de soja avariados por percevejo nas diferentes temperaturas durante oito meses de armazenamento

A Figura 2 mostra que a massa específica aparente se reduziu com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento, porém, para os grãos armazenados a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, observa-se pequena redução, de $690,87$ a $687,58 \text{ kg m}^{-3}$. Alencar et al. (2009) também verificaram que nos grãos armazenados na temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, independentemente do teor de água, a massa específica aparente permaneceu praticamente constante. Estes mesmos autores constataram presença de grãos danificados por insetos-praga da Ordem Lepdóptera, *Plodia interpunctella* e *Sitotroga*

cerealella, em grãos armazenados com teor de água de 12,8% (bu) a 30 °C, o que proporcionou redução da massa específica aparente.

Os grãos armazenados não apresentaram insetos durante o armazenamento, porém sofreram danificação pelo percevejo na lavoura antes da colheita, que reduziu a massa específica aparente do produto no armazenamento. Os grãos foram armazenados com média de 14,9% de grãos avariados e, no final do armazenamento, nos grãos armazenados com 11,75 e 13,84%, os danos chegaram até 18,33 e 37,47%, respectivamente, sendo os maiores valores de grãos avariados na massa de grãos armazenada a 35 °C com 29,51 (11,75% bu) e 83,5% (13,84% bu), de grãos avariados.

Botelho et al. (2015), avaliando a massa específica aparente de grãos de soja com o aumento da temperatura de secagem de 40 a 80 °C e redução do teor de água de 19,61 a 11,97% (bu), observaram que este parâmetro se reduziu com o aumento da temperatura, variando de 733,4 a 710,3 kg m⁻³.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias da luminosidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 4. Luminosidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	54,41 a	54,41 a	54,41 a	54,41 a
13,84	53,12 b	53,12 b	53,12 b	53,12 b
	2			
11,75	52,51 a	52,65 a	51,75 a	51,39 a
13,84	52,01 a	51,25 b	50,37 b	50,14 b
	4			
11,75	53,16 a	52,48 a	52,71 a	51,61 a
13,84	51,52 b	50,23 b	49,74 b	48,61 b
	6			
11,75	52,88 a	52,18 a	52,33 a	51,09 a
13,84	50,55 b	48,87 b	49,07 b	46,52 b
	8			
11,75	52,41 a	51,82 a	49,96 a	51,27 a
13,84	49,80 b	48,59 b	48,26 b	45,63 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A luminosidade varia de 0 a 100, do preto ao branco, portanto, quanto menor o valor, os grãos se apresentam com coloração mais escura, com menos brilho. Observa-se que a luminosidade dos grãos de soja difere quanto ao teor de água. Em todas as temperaturas e tempos de armazenamento, os grãos com teor de água de 11,75% (bu) apresentaram maiores valores de luminosidade, quando comparados com o teor de água de 13,84% (bu), exceto para o segundo mês de avaliação nos grãos armazenados a 20 °C. Os grãos de soja armazenados com 13,84% (bu) apresentaram escurecimento. Quanto maior o teor de água dos grãos de soja, menores são as médias da luminosidade observadas, pois o processo de respiração dos grãos se intensifica com o aumento do teor de água, aliado ao incremento da temperatura de armazenamento, potencializando o processo de deterioração dos grãos (ALENCAR et al., 2009).

Na Figura 3 está apresentada a luminosidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo ao longo do armazenamento em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

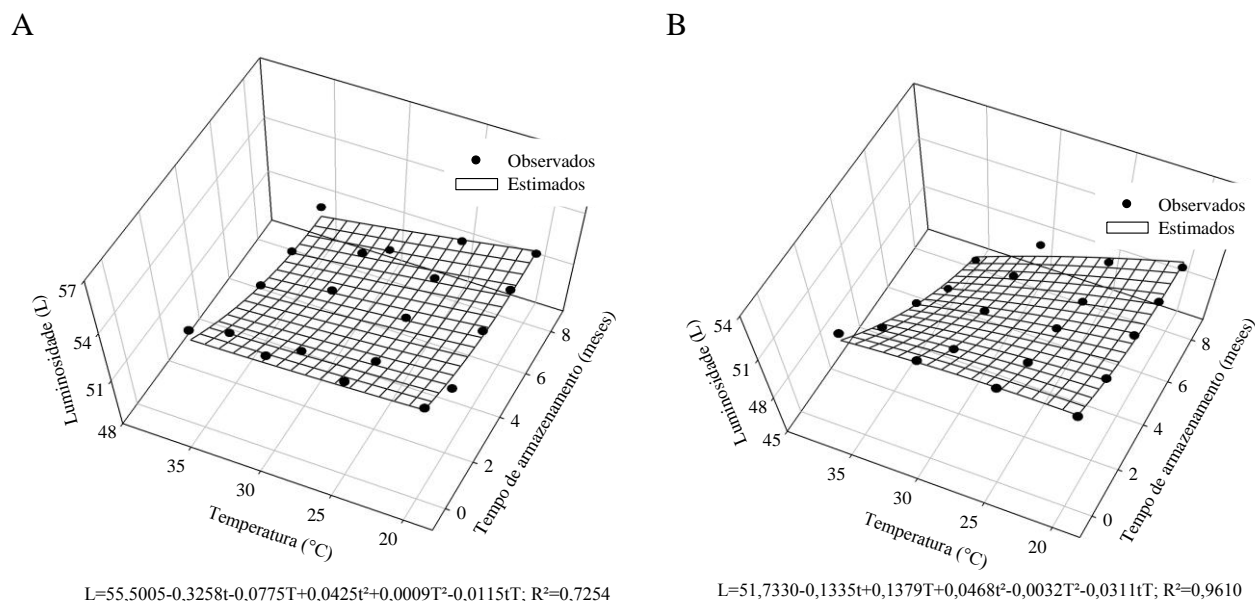


Figura 3. Luminosidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Na Figura 3 observa-se que, para o teor de água de 13,84% (bu), as médias da luminosidade variaram de 53,12 a 45,63 e, nos grãos com menor teor de água, variaram de 54,41 a 51,09. Nota-se que quanto maior o teor de água, a temperatura e o tempo de armazenamento, menor é o valor da luminosidade dos grãos de soja. Alencar et al.

(2009) descreveram que as alterações observadas na colocação dos grãos de soja estão associadas ao escurecimento do produto e atribuíram ao desenvolvimento de fungos e, conseqüentemente, a elevação do percentual de grãos ardidos. Hartmann Filho et al. (2016) também observaram redução dos valores da luminosidade para grãos de soja durante o aumento da temperatura de secagem e o armazenamento. Oliveira et al. (2016), avaliando a cor de frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel), observaram aumento da luminosidade com redução do teor de água nas três temperaturas de secagem avaliadas (60, 80 e 100 °C).

Visualmente verificou-se presença de partículas esverdeadas sobre os grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) em todas as repetições, meses e temperaturas de avaliação, indicando provável presença de esporos de fungos sobre o produto.

Nos sexto e oitavo meses de armazenamento, apenas nos grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) na temperatura de 35 °C observou-se fermentação de grãos que não apresentavam danificação causada pelo percevejo com 5,22 e 26,47% de ocorrência, respectivamente. Possivelmente, esta seja a explicação para o escurecimento dos grãos, pois a fermentação promove redução do brilho. Com redução da luminosidade dos grãos de soja, observou-se aumento da porcentagem de grãos avariados totais, pois os grãos fermentaram com o armazenamento, diferentemente de Botelho et al. (2015), que não observaram variação da luminosidade de grãos de soja com aumento da temperatura de secagem, obtendo uma média de 55,48, sem haver branqueamento ou escurecimento dos grãos submetidos às diferentes temperaturas.

A coordenada a^* , Tabela 5, da massa dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo se apresentou maior nos grãos armazenados a 11,75% (bu), porém não diferiu na temperatura de 20 °C.

Tabela 5. Coordenada a^* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água iniciais e temperaturas de armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Temperaturas de armazenamento (°C)				Equação
	20	25	30	35	
11,75	10,13 a	10,44 b	10,53 b	10,67 b	$a^* = 0,0342T + 9,5017$; $R^2 = 0,9262$ (9)
13,84	10,00 a	9,98 a	10,00 a	9,94 a	$a^* = -0,0004T^2 + 0,0209T + 9,7443$; $R^2 = 0,7527$ (10)

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As médias da coordenada a^* dos grãos armazenados com teor de água de 11,75% (bu) variaram de 10,13 a 10,67, aumentando com a elevação da temperatura de armazenamento. Nos grãos armazenados com teor de água de 11,75% (bu), observa-se ponto de máximo de 10,02 aos 26,10 °C.

Nota-se que (Tabela 6) a coordenada a^* se apresentou maior no teor de água de 11,75% (bu) do quarto ao oitavo meses de armazenamento, exceto no início do experimento, quando se apresentou menor nos grãos armazenados a 13,84% (bu) e no segundo mês, que não diferiu.

Tabela 6. Médias da coordenada a^* dos grãos de soja armazenados em dois teores de água em função do tempo de armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)					Equação
	0	2	4	6	8	
11,75	9,73 a	10,31 a	10,53 b	10,71 b	10,93 b	$a^* = 0,1407t + 9,8796;$ $R^2 = 0,9338$ (11)
13,84	9,96 b	10,33 a	10,00 a	9,88 a	9,74 a	NS

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os grãos armazenados a 11,75% (bu) apresentaram aumento linear da coordenada a^* em função do tempo de armazenamento, e para os grãos armazenados a 13,84% (bu), não houve tendência clara que representasse os dados em função do tempo.

Observa-se (Figura 4) o ajuste de modelo de superfície de resposta em função da temperatura e do tempo de armazenamento para a coordenada a^* .

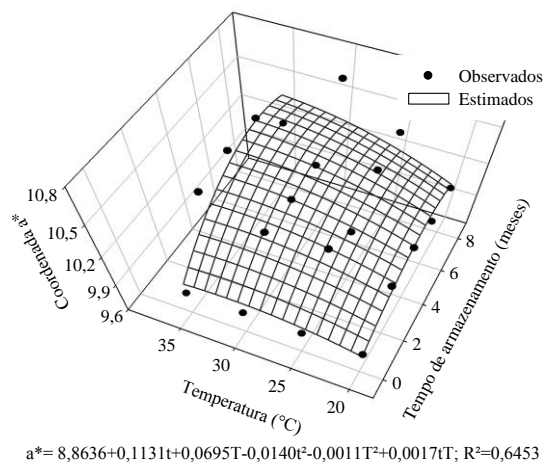


Figura 4. Coordenada a^* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento ocorreu aumento da coordenada a^* , Figura 4, variando entre 9,73 e 10,93, sendo assim, os grãos tenderam para uma cor vermelha mais acentuada. Botelho et al. (2015) observaram valores de coordenada a^* com o aumento da temperatura de secagem de grãos de soja variando de 6,2 a 5,4. Os parâmetros da cor, em uma mesma espécie, podem se diferenciar por conta da variedade ou cultivar avaliados, teor de água e qualidade dos grãos.

Na Tabela 7 estão apresentadas as médias da coordenada b^* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 7. Coordenada b* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento

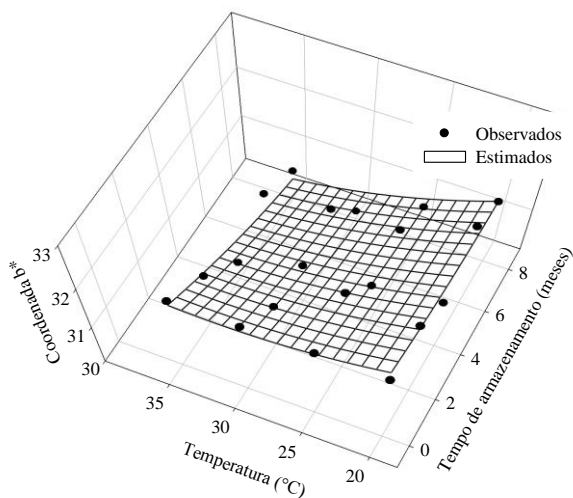
Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	31,80 a	31,80 a	31,80 a	31,80 a
13,84	32,18 a	32,18 a	32,18 a	32,18 a
	2			
11,75	31,89 a	32,06 b	31,06 b	31,24 b
13,84	31,98 a	30,76 a	29,78 a	29,34 a
	4			
11,75	31,23 b	31,05 b	30,95 b	30,44 b
13,84	29,56 a	27,21 a	27,25 a	27,62 a
	6			
11,75	31,96 b	31,32 b	31,27 b	31,10 b
13,84	28,67a	27,48 a	27,35 a	26,46 a
	8			
11,75	31,49 b	30,83 b	30,19 b	30,67 b
13,84	27,26 a	27,09 a	27,16 a	24,84 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se na Tabela 7 que a coordenada b* dos grãos de soja diferiu quanto ao teor de água, exceto na amostra inicial e na temperatura de 20 °C após 2 meses de armazenamento. Segundo Gutkoski et al. (2008), quanto maior a intensidade da coordenada b*, maior a tendência do produto para a cor amarela. Em todas as temperaturas e tempos de armazenamento, os grãos com teor de água de 11,75% (bu) apresentaram maiores valores da coordenada b*, comparativamente ao teor de água de 13,84% (bu), que reduziram a tonalidade do amarelo.

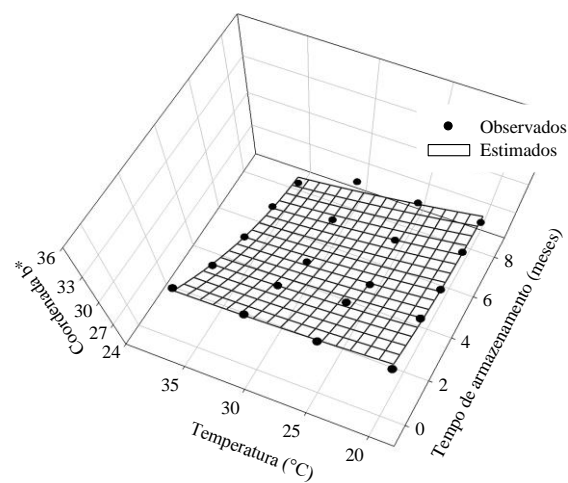
Observa-se (Figura 5) o ajuste de modelo de superfície de resposta em função da temperatura e do tempo de armazenamento com as médias da coordenada b*.

A



$$b^* = 34,2149 + 0,0007t - 0,1614T + 0,0068t^2 + 0,0026T^2 - 0,0059tT; R^2 = 0,6464$$

B



$$b^* = 36,5065 - 0,9073t - 0,2483T + 0,0671t^2 + 0,0033T^2 - 0,0123tT; R^2 = 0,9286$$

Figura 5. Coordenada b^* dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Observa-se redução para a coordenada b^* nos grãos de soja em todas as temperaturas ao longo do armazenamento, sendo mais intensificada na Figura 5B, tendo variado de 32,18 a 24,84, enquanto as médias da Figura 5A variaram entre 32,06 e 30,19. Botelho et al. (2015) e Hartmann Filho et al. (2016) também observaram redução da coordenada b^* em grãos de soja com o aumento da temperatura de secagem, porém Botelho et al. (2015) observaram médias menores entre 16,7 e 15,5. Os autores supracitados observaram que o aumento da temperatura de secagem resulta na perda da característica inicial da cor, reduzindo seu aspecto qualitativo.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores da diferença de cor dos grãos de soja armazenados com elevada danificação por percevejo na lavoura.

Tabela 8. Diferença de cor dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	---	---	---	---
13,84	---	---	---	---
	2			
11,75	1,98 a	1,91 a	2,84 a	3,21 a
13,84	2,49 a	3,40 b	4,60 b	4,97 b
	4			
11,75	1,51 a	2,25 a	2,09 a	3,33 a
13,84	3,72 b	6,22 a	6,53 b	7,18 b
	6			
11,75	1,75 a	2,52 a	2,40 a	3,66 a
13,84	4,97 b	7,04 b	7,00 b	9,53 b
	8			
11,75	2,16 a	3,03 a	4,98 a	3,59 a
13,84	6,49 b	7,49 b	7,73 b	11,22 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No tempo inicial, a diferença de cor não apresenta valores, pois ela é calculada somente a partir do segundo período de armazenamento. Quanto maior este valor, maior é a diferença de cor do produto naquele período em relação à cor inicial. Do segundo ao oitavo mês, ocorreu maior aumento da diferença de cor nos grãos armazenados com o teor de água de 14,84% (bu), comparativamente aos grãos armazenados com menor valor de teor de água, exceto no segundo mês na temperatura de 20 °C e no quarto mês na temperatura de 25 °C, em que os valores de diferença de cor não diferiram entre os teores de água. Durante o período de armazenamento, a diferença de cor dos grãos armazenados com 11,75% (bu) variou de 1,51 a 3,66, enquanto nos grãos armazenados com maior teor de água, variou de 2,49 a 11,22.

Fernandes et al. (2011) apresentaram a Tabela de Konica Minolta Sensingim na qual descrevem que a diferença de cor pode ser identificada visualmente da seguinte forma: Valores abaixo de 0,2 são imperceptíveis; de 0,2 a 0,5, muito pequenos; de 0,5 a 1,5, pequenos; de 1,5 a 3,0, distinguíveis; de 3,0 a 6,0, facilmente distinguíveis; 6,0 a 12,0, grande; e diferenças maiores que 12,0 são muito grandes. Nas diferenças de cor observadas, os valores são distinguíveis pela diferença de cor inicial dos grãos de soja comparados até o final do armazenamento.

Na Figura 6 está apresentada a diferença de cor dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo ao longo do armazenamento com o ajuste de modelo de superfície de resposta em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

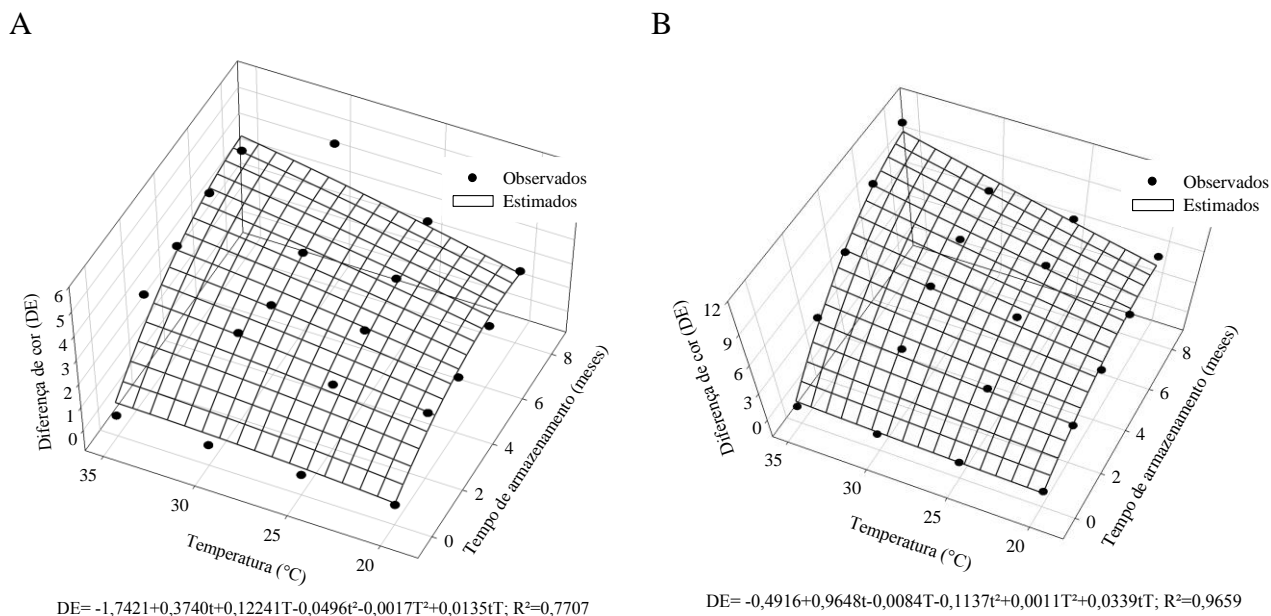


Figura 6. Diferença de cor dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

A diferença de cor apresentou aumento em função da temperatura e tempo de armazenamento. Os grãos armazenados com o maior teor de água tiveram maior diferença de cor. Alencar et al. (2009) verificaram elevação da diferença de cor dos grãos de soja durante o armazenamento, sendo mais acentuada à medida que se elevaram o teor de água e a temperatura dos grãos, o que confirma os resultados observados nesta pesquisa (Figura 6). Visualmente, os grãos tenderam a perder o brilho se apresentando mais escuros, conforme descrito na luminosidade onde ocorreu redução deste parâmetro.

Na Tabela 9 estão apresentadas as médias do parâmetro da cor croma dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura. Estes valores expressam a medida de cor dos grãos (BOTELHO et al., 2015).

Tabela 9. Croma dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água, nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	33,26 a	33,26 a	33,26 a	33,26 a
13,84	33,68 a	33,68 a	33,68 a	33,68 a
	2			
11,75	33,41 a	33,68 a	32,75 a	32,99 a
13,84	33,62 a	32,46 b	31,49 b	31,11 b
	4			
11,75	32,85 a	32,78 a	32,69 a	32,33 a
13,84	31,25 b	28,90 b	29,03 b	29,42 b
	6			
11,75	33,58 a	33,11 a	33,06 a	33,01 a
13,84	30,31 b	29,24 b	29,04 b	28,26 b
	8			
11,75	33,18 a	32,72a	32,24 a	32,59 a
13,84	28,93 b	28,83 b	28,96 b	26,54 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que para os valores de croma no período inicial não houve diferença entre os teores de água (Tabela 9). Nos demais períodos de armazenamento, os grãos com menor teor de água (11,75% bu) apresentaram maiores valores de croma. Em grãos de feijão armazenados em ambiente refrigerado, Rigueira et al. (2009) não observaram diferença neste parâmetro, porém Hartmann et al. (2016), avaliando grãos de soja submetidos à secagem em diferentes temperaturas e armazenados, notaram escurecimento do tegumento e redução dos valores de croma, confirmando os resultados encontrados no presente trabalho.

A Figura 7 apresenta as médias do Croma dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo ao longo do armazenamento com o ajuste de modelo de superfície de resposta em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

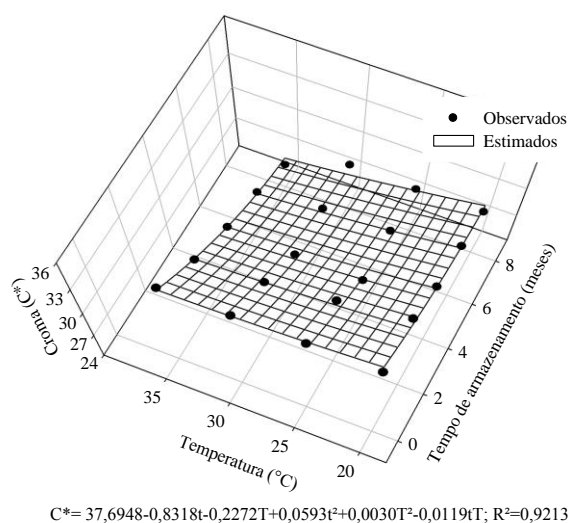


Figura 7. Croma dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com o teor de água de 13,84% (bu) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Observa-se na Figura 7 que as médias de croma se reduziram com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento (33,68 a 26,54). Nos grãos armazenados a 11,75% (bu) não ocorreu ajuste de modelo, tendo as médias se situado entre 33,68 e 32,24. Os grãos armazenados com maior teor de água tenderam a uma maior redução da luminosidade, indicando redução de sua qualidade. Moura et al. (2009) observaram redução do croma em grãos crus de soja de quatro cultivares, submetidos a diferentes tratamentos térmicos. Quando grãos de soja são submetidos a tratamentos térmicos, não ocorre liberação de ácidos voláteis e não voláteis, o que influencia na acidez do meio em conjunto com a temperatura e o tempo de cocção, resultando em alteração na cor dos pigmentos (MOURA et al., 2009).

Tavares et al. (2016) concluíram que o armazenamento reduz a cor do tegumento de sementes de feijão azuki (*Vigna angularis* Wild.) após armazenamento de seis meses, fato verificado pela redução dos valores de croma. Oliveira et al. (2016) observaram redução de croma para frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel), com a redução do teor de água, submetidos à secagem em diferentes temperaturas.

Na Tabela 10 observa-se que o ângulo hue diferiu entre os dois teores de água do segundo ao oitavo mês de armazenamento, apresentando-se maior nos grãos armazenados a 11,75% (bu). Observa-se também redução deste parâmetro em função do tempo de armazenamento nos dois teores de água, tendo um maior coeficiente angular,

de 0,34, nos grãos armazenados com 13,84% (bu), o que apresenta maior redução do ângulo hue.

Tabela 10. Médias do ângulo hue (h^*) da cor dos grãos de soja armazenados em diferentes teores de água em função do tempo de armazenamento

TA (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)					Equação
	0	2	4	6	8	
11,75	72,98 a	71,91 a	71,19 a	71,16 a	70,44 a	$h^* = -0,2914t + 72,7048;$ $R^2 = 0,9203 (49)$
13,84	72,80 a	71,26 b	70,27 b	70,22 b	69,87 b	$h^* = -0,3454t + 72,2654;$ $R^2 = 0,8406 (50)$

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. NS: não significativo. t: tempo de armazenamento, meses.

De acordo com Rinaldi et al. (2017), o ângulo hue, que é o ângulo da cor, representa as respectivas cores com os demais ângulos: 0° vermelho, 90° amarelo, 180° verde, 270° azul e 360° preto. Os valores do ângulo hue observados estavam entre vermelho e amarelo, porém apresentaram redução tendendo para o vermelho.

Na Figura 8 nota-se uma redução do ângulo hue da cor dos grãos de soja em função da temperatura e do tempo de armazenamento, tendo se ajustado ao modelo de superfície de resposta.

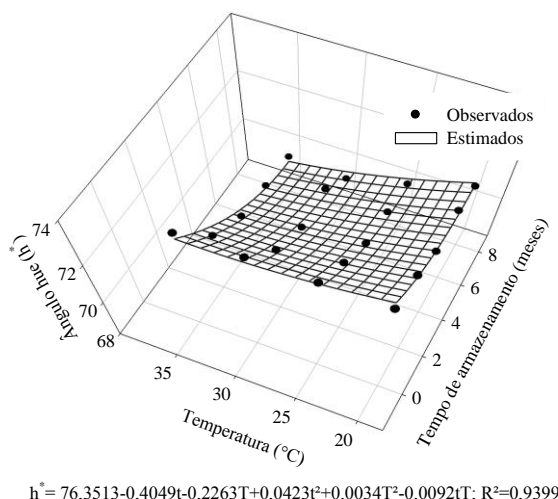


Figura 8. Ângulo hue dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes tempos de armazenamento em função das temperaturas (A) e nas diferentes temperaturas em função do tempo de armazenamento (B)

Ocorreu redução do ângulo hue da cor dos grãos de soja, sendo maior com o aumento da temperatura e tempo de armazenamento. Rigueira et al. (2009), avaliando a

qualidade do feijão armazenado com teores de água de 12, 15 e 18% (bu) em ambiente refrigerado, por 120 dias, observaram que o ângulo hue e o croma do feijão não se alteraram durante o período de armazenamento, pois o ambiente refrigerado preservou a cor do feijão.

1.4 Conclusões

Durante o armazenamento, ocorre redução da qualidade dos grãos de soja com elevada danificação na lavoura. O aumento da temperatura propicia redução dos parâmetros da cor luminosidade, coordenada b*, ângulo hue e croma da massa de grãos de soja danificados. O aumento de temperatura e do tempo de armazenamento reduz a massa dos grãos de soja e propicia a perda da cor original dos grãos com elevada danificação causada pelo percevejo na lavoura. Grãos com maior teor de água apresentam menos brilho.

1.5 Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano – Campus Rio Verde), à Embrapa Soja por meio do Projeto QualiGrãos, à equipe da empresa Caramuru Alimentos S/A, em nome de José Ronaldo Quirino e Elivânio dos Santos Rosa, pela colaboração, bem como ao CNPq, Fapeg, Finep e à Capes, pelo apoio financeiro.

1.6 Referências

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.3, p.279-286, 2014.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p.224-230, 2015.

BOTELHO, F. M. *Absorção de água por grãos de milho com diferentes níveis de danificação mecânica*. 2009. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 93f.

BOTELHO, F. M.; GRANELLA, S. J.; BOTELHO, S. C. C.; GARCIA T. R. B. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.23, n.3, p.212-219, 2015.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para Análise de Sementes*. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária, Brasília, Brasil, 2009. 399p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, *Instrução normativa n.11, de 15 de maio de 2007*. 2007. <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>> Acesso em: 30/03/2015.

DE BORTOLI, S. A.; MURATA, A. T.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, C. P., RAMALHO, D. G. Herbivoria em soja: efeito na composição química das folhas e na biologia da lagarta da soja e do percevejo verde pequeno. *Comunicata Scientiae*, Teresina, v.3, n.3, p.192-198, 2012.

FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R.; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.1, p.91-100, 2009.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata produzidos na safra de inverno. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.42, n.2, p.502-508, 2011.

FERREIRA, S. B. *Interações socioeconômicas no sistema soja e prejuízos causados por Euschistus heros (Hemiptera: Pentatomidae)*. 2013. Dissertação (Mestrado), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO. 72 f.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A. C. T.; ELIAS, M. C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.28, n.4, p.888-894, 2008.

HARTMANN FILHO, C. P.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C.; SIQUEIRA, V. C. Quality of second season soybean submitted to drying and storage. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.46, n.3, p.267-275, 2016.

MOURA, N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, M. C. Características físicas de quatro cultivares de soja crua e submetidas a diferentes tratamentos térmicos. *Alimentos e Nutrição*, v.20, n.3, p.383-388, 2009.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; SANTOS, F. L.; VASCONCELOS, W. L.; CALIL JÚNIOR, C.; BAPTESTINI, F. M.; VARGAS-ELÍAS, G. A. Caracterização física do café após torrefação e moagem. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.35, n.4, p.1813-1828, 2014.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Efeitos da secagem na coloração dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel). *Revista Agro@mbiente On-line*, v.10, n.4, p.364-370, 2016.

PARAGINSKI, R. T.; ROCHENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, F. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.4, p.358-363, 2015.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; SILVA, L. H. D.; BARRETTO, P. A. D. A.; MAZAL, G.; FAKHOURI, F. M.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.28, n.4, p.767-778, 2008.

RESENDE, O. *Variação das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade do feijão (Phaseolus vulgaris L.) durante a secagem e o armazenamento*. 2006. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006. 180 p.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v.20, n.4, p.649-655, 2009.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. Submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v.20, n.1, p.1-12, 2017.

SARTORI, T. C. F. T.; BRAZACA, S. G. C.; SANTOS, M. A. T.; ARTHUR, V. Efeito da radiação gama na qualidade nutricional de grãos de soja *Glycine max* (L.). *B. CEPPA*, Curitiba, v.32, n.2, p.319-332, 2014.

TAVARES, C. J.; SOUSA, M. S.; ARAÚJO, A. C. F.; JAKELAITIS, A.; RESENDE, O. Yield, specific mass and coloration of azuki seeds after desiccation and storage. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.36, n.5, p.858-865, 2016.

CAPÍTULO III

ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: AVALIAÇÕES QUÍMICAS

SOYBEAN GRAINS BROKEN BY BUG IN THE TILLAGE STORED UNDER DIFFERENT CONDITIONS: CHEMICAL EVALUATION

RESUMO – O objetivo neste trabalho foi quantificar e analisar a qualidade do óleo e da proteína durante o armazenamento em diferentes condições dos grãos de soja altamente danificados por percevejo na lavoura. Os grãos foram obtidos de lavouras comerciais com 30% de grãos danificados por percevejo. O experimento foi levado a efeito utilizando um delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando um esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo os teores de água de 11,75 e 13,84% (bu), as temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, armazenados por oito meses em embalagens PEAD com avaliações a cada dois meses. As amostras foram avaliadas quanto ao teor de óleo, índices de acidez, peróxidos e iodo, além da proteína bruta. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. O teor e a qualidade do óleo extraídos dos grãos de soja se reduzem com o tempo, independentemente do teor de água de armazenamento.

Palavras-chave: Proteína. Qualidade. Teor de óleo.

ABSTRACT – This paper aimed to quantify and analyze the soybean oil and protein quality of soybean grains during the storage under different conditions, highly damaged by bug in the tillage. Grains were collected from commercial tillage with 30% of grains damaged by bug. The experiment was carried out using a completely randomized design, and results were analyzed using 2x4x5 factorial scheme, and stored for eight months, packed in high density polyethylene (HDPE) packages at 20, 25, 30, and 35 °C temperatures, and 11.75 and 13.84% moisture contents (wb). Samples were evaluated every two months, analyzing oil content, acidity indexes, peroxides, iodine, and crude protein. Data were analyzed using analysis of variance and regression. The content and quality of the oil extracted from the soybean grains are reduced with time, regardless of the storage water content.

Keywords: Protein. Quality. Oil content.

1.1 Introdução

O Brasil se destaca no cenário agrícola mundial como segundo produtor de soja, totalizando a produção na safra de 2015/16 com 96,5 milhões de toneladas, atrás somente dos Estados Unidos, com 106,93 milhões de toneladas, com estimativa de produção para a safra 2016/17 de 103 milhões de toneladas (CONAB, 2016).

A exploração intensa das áreas cultivadas durante o ano todo fornece condições ideais para a sobrevivência de percevejos polívoros, que se alimentam de plantas pertencentes a diferentes famílias. A sucessão de culturas favoreceu a adaptação dos percevejos às gramíneas, visto também estar causando danos à cultura do milho e a outras culturas sucessivas à soja, mas ainda é considerada a principal praga da soja (FERREIRA, 2013).

Segundo Faroni et al. (2009), a soja apresenta cerca de 20% de teor lipídico, suscetível ao processo de deterioração da qualidade sob forma de degradação, quando armazenada de forma inadequada, o que pode acarretar sérios prejuízos para a indústria alimentícia, pois a qualidade do óleo refinado é influenciada pela qualidade do óleo bruto e de sua matéria-prima.

Segundo Cavalcante et al. (2011), o óleo de soja representa entre 20 e 24% de todos os óleos e gorduras mais consumidos no mundo.

Segundo Alencar et al. (2010), o óleo bruto extraído de grãos de soja com teor de água acima de 11% (bu) não mantém a qualidade quando armazenado a temperatura de 40 °C.

Segundo Depieri e Panizzi (2011), quando o percevejo *Piezodorus guildinni* Westwood insere seu aparelho bucal para se alimentar dos grãos de soja, ele secreta enzimas digestivas presentes na saliva que causam danos à semente e podem modificar sua estrutura fisiológica e bioquímica.

A qualidade da soja proveniente de regiões quentes do Brasil tem sido comprometida pelos elevados índices de deterioração, causados pela umidade (FORTI et al., 2010) em seu interior. A combinação de teores de água e temperaturas mais elevados intensifica o processo de deterioração de grãos de soja armazenados (ALENCAR et al., 2009). Além disso, as condições de armazenamento para os grãos de soja refletem diretamente sobre o rendimento e a qualidade do produto final (BISCHOFF et al., 2016).

Outro fator relevante é a redução da quantidade de água do material, que diminui a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (ARAÚJO et al., 2014).

A respiração é um processo fortemente relacionado com a deterioração. Enquanto vivos e em condições aeróbias, os grãos respiram, consumindo reservas, sejam essas como carboidratos, lipídios, proteínas e/ou ácidos orgânicos. Conseqüentemente, há liberação de água, gás carbônico e energia, sob a forma de calor. Grãos deteriorados apresentam maior quociente respiratório (CO_2 liberado/ O_2 absorvido), ou seja, maior liberação de CO_2 com menor absorção de O_2 , assim como maior desorganização do processo respiratório (MARTINEZ, 2016).

Destarte, o objetivo neste trabalho foi quantificar e analisar a qualidade do óleo e da proteína durante o armazenamento em diferentes condições dos grãos de soja altamente danificados pelo percevejo na lavoura.

1.2 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) - Campus Rio Verde.

Foram obtidos em março de 2015, na empresa Caramuru Alimentos S/A, grãos de soja provenientes de lavouras comerciais atacadas por percevejo.

A classificação dos grãos de soja foi feita por técnico habilitado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), segundo padrão oficial regido pela Instrução Normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007).

Os grãos foram armazenados com 14,90% (base úmida - bu) de grãos avariados totais, que corresponde à soma de todos os defeitos encontrados (grãos danificados, grãos danificados-fermentados e grãos fermentados), apresentando em torno de 30% da massa com danos causados pelos percevejos.

Em seguida, promoveu-se o beneficiamento em peneiras de classificação de 3,00 mm de crivos circulares e peneiras de crivos oblongos de 3,00 x 22,00 mm para limpeza, padronização do lote e separação das impurezas. Os grãos foram classificados como do grupo II que, segundo a Instrução normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007), se destinam a outros usos, que não o consumo *in natura*.

As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando o teor de óleo, índice de acidez, peróxidos e iodo e proteína bruta.

O teor de água dos grãos de soja foi determinado por gravimetria (BRASIL, 2009), em estufa de circulação de ar forçado por 24h00 a 105 ± 3 °C. Os grãos de soja apresentaram teor de água inicial de 13,84% (bu). Em seguida, a massa total foi dividida em dois lotes, sendo uma das partes submetida à secagem com ar natural em terreiro, sobre lona plástica ao sol, para reduzir o teor de água até 11,75% (bu).

O experimento foi levado a efeito utilizando o delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando o esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo dois teores de água, quatro temperaturas, cinco tempos de avaliação em três repetições. Para o fator teor de água, as médias foram comparadas, utilizando o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância.

Para os fatores tempo e temperatura, foi feita análise de regressão. Para as variáveis que obtiveram interação de temperatura e tempo, foram ajustados modelos matemáticos baseados na superfície de resposta, sendo os modelos selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, adotando-se o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação (R^2) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

Os grãos de soja foram acondicionados em embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD) e, posteriormente, armazenados por oito meses em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C) e dois teores de água (11,75 e 13,84% bu). Estas embalagens foram utilizadas para minimizar as trocas de vapor de água, visto que a taxa de permeabilidade do PEAD utilizado é de 0,02 g água embalagem⁻¹ d⁻¹ (BESSA et al., 2015). As amostras foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), reguladas nas diferentes temperaturas.

A temperatura e a umidade relativa no interior das BODs foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro digital e registradas a cada 00h10.

O óleo foi extraído pelo método oficial adaptado, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), tendo cerca de 100 g de grãos de soja sido triturados, divididos em quatro porções homogêneas (4 x 25 g), transferidas para um aparelho de extração, tipo Soxhlet. Foram adicionados cerca de 300 mL de hexano e mantidas sob aquecimento em refluxo constante, durante 8h00. O solvente foi retirado sob pressão reduzida em evaporador rotativo. O teor de óleo foi calculado pela soma da quantidade em gramas de óleo obtida vezes 100, dividido pela massa seca dos grãos triturados.

Para a avaliação da qualidade do óleo dos grãos de soja, foram feitos os índices de acidez, peróxidos e iodo.

O índice de acidez foi determinado pelo método oficial adaptado, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 125 mL, foram colocados 1 a 2 g de cada amostra de óleo e adicionados 30 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (1:1). O produto foi agitado até a completa diluição do óleo, acrescentando-se três gotas de solução alcoólica do indicador ácido/base fenolftaleína. A titulação foi feita com solução padronizada de KOH 0,025 mol L⁻¹ até o surgimento da coloração rósea, estável por 30 s. O índice de acidez foi calculado pela expressão:

$$IA = \frac{V \times M \times 56,1}{m} \quad (1)$$

em que:

IA: Índice de acidez, mg KOH g⁻¹ óleo;

V: volume da solução padronizada de KOH, mL;

M: molaridade da solução de KOH;

56,1: massa molecular do KOH; e

m: massa da amostra de óleo, g.

Para determinação do índice de peróxidos, foi utilizado o método oficial, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 125 mL, foi colocado cerca de 1 g de cada amostra de óleo, adicionados 6 mL de solução de ácido acético glacial e clorofórmio (3:2) e 0,1 mL de solução saturada de iodeto de potássio, com agitação por cerca de 2 min. Ao produto foram adicionados 40 mL de água destilada e 0,1 mL de solução de amido a 1%. A titulação foi feita com solução de tiosulfato de sódio padronizada a 0,01M até a mistura ficar transparente. O índice de peróxidos foi calculado conforme a seguinte expressão:

$$IP = \frac{V \times M \times 1000}{m} \quad (2)$$

em que:

IP: índice de peróxidos, meq kg de amostra⁻¹;

V: volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação da amostra, mL;

M: molaridade da solução de Na₂S₂O₃; e

m: massa da amostra, em g.

O índice de iodo foi determinado pelo método oficial, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 250 mL, foi colocado 0,1 g de cada amostra de óleo e adicionados 5 mL de clorofórmio, 20 mL de solução de Hanus (Iodeto de bromo) e colocado ao abrigo da luz durante 1h00 com agitação manual a cada 00h20. Em seguida, foram adicionados 10 mL de solução de iodeto de potássio a 10%, isenta de iodo livre, 100 mL de água destilada e 2 mL de solução de amido a 0,2%. Em seguida, procedeu-se à titulação com agitação magnética com solução de tiosulfato de sódio padronizada a 0,1M até a mistura ficar transparente. O índice de iodo foi calculado por meio da expressão:

$$II = \frac{V \times C \times 126,9}{m} \times 100 \quad (3)$$

em que;

II: Índice de Iodo, $\text{mg I}_2 \text{ g óleo}^{-1}$;

V: volume gasto do branco menos o volume do titulante, L;

C: concentração do titulante, mol L^{-1} ;

126,9: massa molecular do iodo;

m: massa da amostra, kg.

A proteína bruta foi determinada pelo método descrito por Silva e Queiroz (2002), que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína bruta, foi utilizado o fator 6,5. A proteína bruta foi obtida utilizando os grãos de soja triturados, e os resultados foram expressos em porcentagem em relação à massa da amostra seca.

1.3 Resultados e discussão

Durante o armazenamento dos grãos, as médias de temperatura foram de $21,02 \pm 2,15$; $25,21 \pm 1,66$; $29,09 \pm 0,47$ e $34,35 \pm 0,82$ °C e de umidade relativa foram de $75,69 \pm 12,28$; $47,46 \pm 16,62$; $45,46 \pm 12,66$ e $30,60 \pm 17,47\%$, respectivamente.

Na Tabela 1, está apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis teor de óleo, índices de acidez, iodo e peróxidos, além da proteína bruta.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para teor de óleo, índices de acidez, iodo e peróxidos e proteína bruta

FV	GL	Teor de óleo (%)	Índice de acidez (mg KOH g óleo ⁻¹)	Índice de iodo (mg I ₂ g óleo ⁻¹)	Índice de peróxidos (meq O ₂ kg óleo ⁻¹)	Proteína bruta (%)
TA	1	28,11 ^{**}	63,12 ^{**}	95,69 ^{NS}	225,58 ^{**}	9,37 ^{**}
T	3	6,57 ^{NS}	43,26 ^{**}	2,78x10 ^{3**}	4313,46 ^{**}	1,96 ^{NS}
T	4	52,63 ^{**}	32,85 ^{**}	2,24x10 ^{3**}	11312,02 ^{**}	34,49 ^{**}
TAxT	3	1,74 ^{NS}	22,42 ^{**}	16,34 ^{NS}	3773,56 ^{**}	1,48 ^{NS}
TAxt	4	6,67 ^{NS}	12,48 ^{**}	938,89 ^{**}	235,64 ^{**}	4,50 ^{**}
Txt	12	1,39 ^{NS}	9,97 ^{**}	964,22 ^{**}	4052,6 ^{**}	2,18 ^{**}
TAxTtxt	12	3,00 ^{NS}	6,40 ^{**}	374,91 ^{**}	2973,27 ^{**}	2,39 ^{**}
Resíduo	80	2,99	0,07	115,09	16,46	0,81
CV %		8,94	13,06	9,24	20,72	2,63
Média geral		19,34	2,11	116,10	19,59	34,26

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. ^{**} Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

O teor de óleo, Tabela 1, foi influenciado isoladamente pelo teor de água e tempo de armazenamento, não havendo interação entre esses fatores. Os índices de acidez, peróxidos, iodo e proteína bruta apresentaram interação tripla entre os fatores teor de água x temperatura x tempo.

Na Tabela 2 e Figura 1, estão apresentados os valores do teor de óleo extraídos dos grãos de soja com os diferentes teores de água e tempos de armazenamento, respectivamente.

Tabela 2. Teor de óleo dos grãos de soja nos diferentes teores de água

Teor de água (% bu)	Teor de óleo (%)
11,75	18,86 a
13,84	19,82 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os grãos com maior teor de água apresentaram maior porcentagem de óleo quando comparados com os armazenados com 11,75% (bu) de teor de água, sendo superior 0,96%. Bischoff et al. (2016) também observaram maior teor de óleo em grãos de soja armazenados com teor de água mais elevado por 180 dias, em atmosfera modificada.

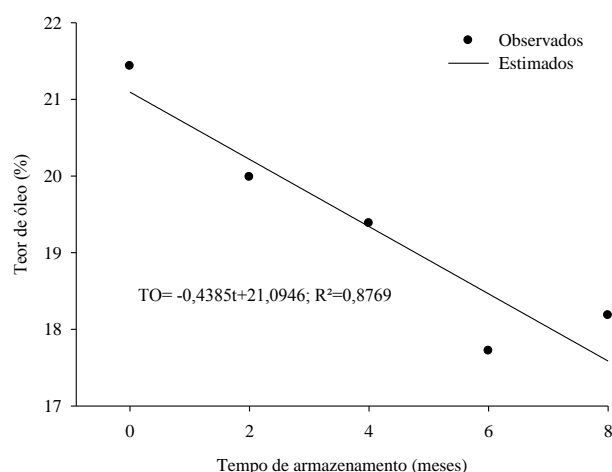


Figura 1. Teor de óleo dos grãos de soja danificados por percevejo na lavoura em função do tempo de armazenamento

O teor de óleo se reduziu linearmente ao longo do armazenamento independentemente do teor de água e da temperatura. Nota-se que, para cada mês de armazenamento, o teor de óleo dos grãos de soja foi reduzido em 0,44%. Alencar et al. (2009) também observaram redução do teor de óleo em grãos de soja armazenados com teor de água de 14,8% (bu) nas temperaturas de 30 e 40 °C. Donadon et al. (2015) observaram redução de 0,53% a cada mês no armazenamento de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). Esta redução pode ter sido provocada pelo processo respiratório dos grãos, que pode consumir lipídios em seu processo.

Como os grãos foram armazenados em embalagens vedadas que apresentavam baixa permeabilidade ao vapor d'água, eles estavam em um ambiente com atmosfera modificada, o que pode ter propiciado uma respiração anaeróbia, pois o ar externo à embalagem não interagiu com os grãos acondicionados, tendo influência externa apenas da temperatura e tempo de armazenamento, o que pode levar à fermentação destes grãos.

Segundo Pohndorf (2012), durante o armazenamento, podem ocorrer diversas perdas de qualidade, além de mudanças no teor de água, que dependem dos fatores ambientais, mudanças na composição e estrutura química são comuns. A fração lipídica tende a se degradar com o armazenamento, sendo os processos de oxidação e lipólise os causadores desta queda.

Cavalcante et al. (2011) encontraram médias de teores de óleo superiores quando extraídos com RNM (ressonância nuclear magnética) em relação aos extraídos

com soxhlet, porém a correlação não significativa mostra que os dois métodos são equivalentes. As diferentes linhagens avaliadas das quais o óleo foi extraído por soxhlet apresentaram média geral de 16,75%, variando de 13,51 a 21,59%, diferentemente de Gonçalves et al. (2014), que encontraram valores de 22,54 e 21,72% para grãos de soja das cultivares BRS 284 e BMX Potência RR, respectivamente.

Na Tabela 3 está apresentado o índice de acidez do óleo extraídos dos grãos de soja.

Tabela 3. Índice de acidez (mg KOH g óleo⁻¹) do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	0,78 a	0,78 a	0,78 a	0,78 a
13,84	0,86 a	0,86 a	0,86 a	0,86 a
	2			
11,75	0,83 a	0,96 a	1,11 a	1,37 a
13,84	1,03 a	1,20 a	1,39 a	1,87 b
	4			
11,75	1,01 a	1,18 a	1,65 a	1,83 a
13,84	1,36 a	1,85 b	2,68 b	4,08 b
	6			
11,75	1,31 a	1,66 a	1,64 a	2,36 a
13,84	1,81 b	2,19 b	2,95 b	8,96 b
	8			
11,75	1,40 a	1,36 a	1,89 a	2,93 a
13,84	1,94 b	2,49 b	3,77 b	13,58 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

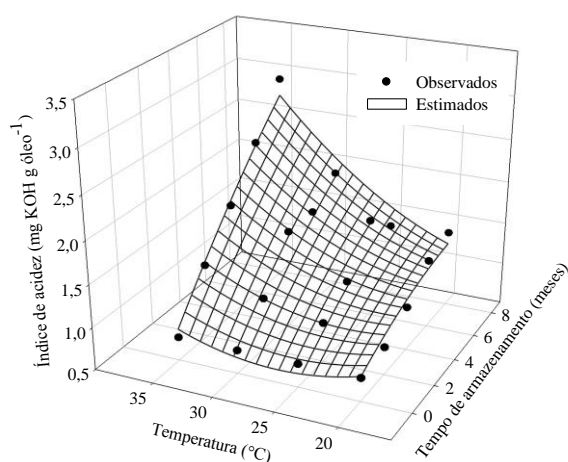
No período inicial, o índice de acidez do óleo extraídos dos grãos de soja nos dois teores de água não diferiu. No segundo mês de armazenamento, houve diferença nos grãos armazenados a 35 °C, obtendo uma maior acidificação do óleo de grãos com teor de água de 13,84% (bu). No quarto mês, apenas nos grãos armazenados a 20 °C não houve diferença. No sexto e oitavo meses, o índice de acidez diferiu em todas as temperaturas de armazenamento, sendo maior nos grãos com maior teor de água.

A combinação de teores de água e temperaturas elevadas durante o armazenamento dos grãos de soja acelera o processo de deterioração do óleo

(ALENCAR et al., 2010). O armazenamento de soja com alto teor de água resulta em maior teor de ácidos graxos livres (BISCHOFF et al., 2016), o que pode causar rancidez no óleo extraído.

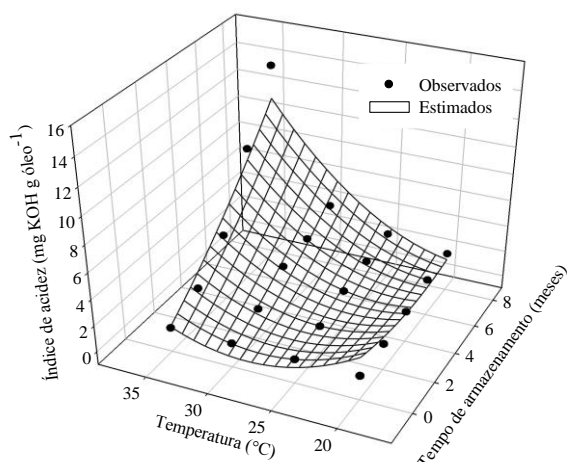
Na Figura 2 está apresentado o ajuste do modelo de superfície de resposta para o índice de acidez do óleo extraídos dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

A



$$IA = 2,9062 - 0,1304t - 0,169T - 0,0054t^2 + 0,0032T^2 + 0,0116tT; R^2 = 0,9458$$

B



$$IA = 26,5518 - 2,2649t - 1,8586T + 0,0406t^2 + 0,0322T^2 + 0,0919tT; R^2 = 0,8696$$

Figura 2. Índice de acidez do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75% (bu) (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Observa-se na Figura 2 que o índice de acidez aumentou em função do aumento da temperatura e do tempo de armazenamento, sendo maior no óleo extraídos dos grãos de soja armazenados com teor de água de 13,84% (bu), variando de 0,86 a 13,58 mg KOH g óleo⁻¹. Nos grãos soja armazenados com 11,75% (bu) de teor de água, o índice de acidez do óleo extraído variou de 0,78 a 2,93 mg KOH g óleo⁻¹.

A ANVISA (2004) determina que a acidez de óleos e gorduras refinados seja no máximo 0,3 g 100 g⁻¹ em ácido oleico, sendo 0,3% de índice de acidez. Em todos os períodos de armazenamento, os grãos de soja apresentaram acidez maior que a recomendada pela ANVISA. O dano que o percevejo causou nos grão propiciou redução da qualidade do óleo extraído, pois grãos danificados aceleram seu processo respiratório durante o armazenamento, propiciando um acelerado grau de deterioração.

Bischoff et al. (2016) descreveram que maior porcentagem de acidez no óleo extraído de grãos de soja após 180 dias de armazenamento indica deterioração do material armazenado. A respiração dos grãos propicia degradação do óleo, pois ele é consumido neste processo e, conseqüentemente, aumenta a acidez deste óleo extraído.

Na Tabela 4 está apresentado o índice de iodo do óleo extraídos dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 4. Índice de iodo ($\text{mg I}_2 \text{ g óleo}^{-1}$) do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			
	20	25	30	35
11,75	96,72 a	96,72 a	96,72 a	96,72 a
13,84	118,58 b	118,58 b	118,58 b	118,58 b
	2			
11,75	103,13 a	118,77 b	103,69 a	115,00 a
13,84	105,33 a	82,21 a	111,19 a	109,37 a
	4			
11,75	107,42 a	121,63 a	123,94 a	115,89 a
13,84	106,40 a	111,69 a	110,48 a	120,46 a
	6			
11,75	117,60 a	117,45 a	129,99 a	121,66 a
13,84	108,32 a	124,49 a	142,10 a	136,26 a
	8			
11,75	103,42 a	90,76 a	164,52 b	162,44 a
13,84	92,86 a	115,39 b	142,25 a	146,78 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O índice de iodo diferiu no período inicial, sendo maior no óleo extraídos dos grãos armazenados a 13,84% (bu), porém, no segundo mês, diferiu apenas no óleo extraídos dos grãos armazenados a 25 $^{\circ}\text{C}$, sendo maior nos grãos armazenados a 11,75% (bu). No quarto e sexto meses, não apresentou diferenças e no oitavo mês diferiu no óleo extraídos dos grãos armazenados a 25 e 30 $^{\circ}\text{C}$.

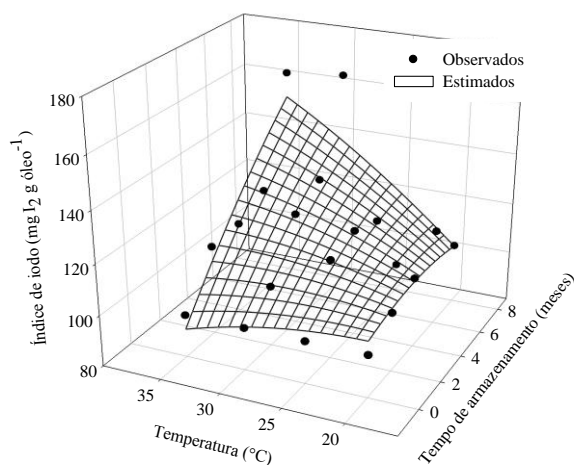
O índice de iodo é a medida da insaturação que classifica óleos e gorduras, sendo utilizado como controle de alguns processamentos. Esse índice é baseado no fato de que o iodo e outros halogênios se adicionam numa dupla ligação da cadeia insaturada

dos ácidos graxos (TOFANINI, 2004), sendo determinados pela ANVISA valores entre 120 e 143 mg I₂ g óleo⁻¹ para o óleo de soja.

Alencar et al. (2010), avaliando o índice de iodo do óleo de soja armazenados em diferentes condições, não observaram diferença entre as amostras, embora houvesse ocorrido variação ao longo do armazenamento.

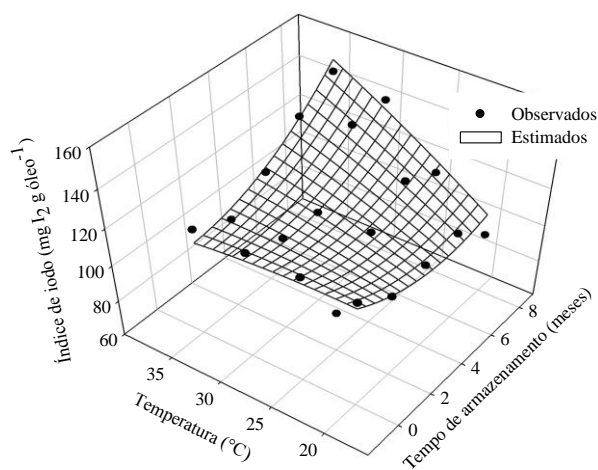
Na Figura 3 está apresentado o índice de iodo do óleo extraídos dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

A



$$II = 83,0698 - 8,2285t + 1,9034T - 0,219t^2 - 0,0479T^2 + 0,5059tT; R^2 = 0,6493$$

B



$$II = 100,9551 - 14,6666t + 1,2773T + 0,562t^2 - 0,028T^2 + 0,4375tT; R^2 = 0,6528$$

Figura 3. Índice de iodo do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, armazenados com os teores de água de 11,75% (bu) (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Observa-se na Figura 3, de acordo com o ajuste do modelo de superfície de resposta, que o índice de iodo aumentou com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento. Donadon et al. (2015) observaram diferença do índice de iodo do óleo bruto extraído de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) ao longo do armazenamento, porém aos dados não foi possível ajustar modelo matemático que os descrevesse ao longo do tempo.

Alencar et al. (2010), avaliando a qualidade do óleo em grãos de soja armazenados, não observaram diferença entre as amostras nas interações entre teor de água, temperatura e tempo.

Na Tabela 5 está apresentado o índice de peróxidos do óleo extraídos dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 5. Índice de peróxidos (meq O₂ kg óleo⁻¹) do óleo extraídos dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	7,24 a	7,24 a	7,24 a	7,24 a
13,84	9,06 a	9,06 a	9,06 a	9,06 a
	2			
11,75	12,58 a	12,04 a	10,44 a	8,75 a
13,84	10,13 a	15,74 a	12,73 a	10,48 a
	4			
11,75	32,69 b	8,75 a	9,87 a	11,65 a
13,84	8,38 a	28,07 b	8,81 a	5,36 a
	6			
11,75	3,66 a	27,27 a	168,87 b	5,36 a
13,84	16,85 b	169,60 b	65,78 a	6,66 a
	8			
11,75	4,82 a	6,59 a	7,79 a	4,19 a
13,84	5,67 a	6,69 a	5,89 a	5,89 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O índice de peróxidos, Tabela 5, do óleo extraídos dos grãos de soja diferiu no quarto e sexto meses de armazenamento, nos demais períodos, não houve diferença. O índice de peróxido é aplicável em estágios iniciais da oxidação. Durante o processo de oxidação, o valor de peróxido atinge um pico e depois declina (SANIBAL; MANCINI FILHO, 2002).

Alencar et al. (2010) observaram diferença no índice de peróxidos em óleo de soja nos diferentes teores de água, temperaturas e tempo de armazenamento, sendo maiores os valores nos grãos de soja armazenados em maior teor de água e temperatura.

Pohndorf (2012) manteve o óleo de soja bruto extraído por 5h00 em diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C) e observou que, de acordo com o aumento do tempo e da temperatura, o índice de peróxidos aumenta linearmente, ocorrendo maior aumento deste índice com o aumento de temperatura.

Os valores do índice de peróxidos e do índice de acidez do óleo devem ser próximos de zero logo após a colheita, podendo aumentar ao longo do armazenamento ou processamento, evidenciando perda de qualidade do produto (POHNDORF, 2012).

Regulamentado pela ANVISA (2004), o índice de peróxidos para óleos e gorduras refinados deve apresentar no máximo 10 meq kg^{-1} de óleo.

Segundo Pohndorf (2012), o aumento de peróxidos é mais intenso em grãos armazenados com maior umidade e em temperaturas mais elevadas.

Na Tabela 6 está apresentado o teor de proteína bruta quantificado nos grãos de soja para diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 6. Proteína bruta (%) dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	35,17 a	35,17 a	35,17 a	35,17 a
13,84	36,09 a	36,09 a	36,09 a	36,09 a
	2			
11,75	36,79 a	36,46 a	35,10 a	34,08 a
13,84	34,65 b	33,31 b	34,71 a	34,83 a
	4			
11,75	34,96 a	34,87 a	35,91 a	34,21 a
13,84	34,97 a	34,64 a	33,86 b	31,85 b
	6			
11,75	32,57 a	32,92 a	32,39 a	33,39 a
13,84	31,93 a	31,73 a	32,92a	32,24 a
	8			
11,75	33,95 a	34,49 a	33,58 a	34,41 a
13,84	35,16 a	32,25 b	32,20 a	34,00 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A proteína bruta dos grãos de soja danificados por percevejo na lavoura não diferiu no período inicial e no sexto mês de armazenamento. No segundo mês de armazenamento, nas temperaturas de 20 e 25 °C, no quarto mês, nas temperaturas de 30 e 35 °C, e no oitavo mês na temperatura de 25 °C, os teores de proteína bruta dos grãos de soja foram maiores nos grãos armazenados com o teor de água de 11,75% (bu).

Observa-se que os resultados indicam que, durante o armazenamento, ocorreu degradação das proteínas (DONADON et al., 2015).

Finoto et al. (2017), avaliando o teor de óleo e proteína com a antecipação e retardamento de colheita de sementes de soja, observaram médias de 17,28 e 40,74%, respectivamente, e concluíram que se pode antecipar a colheita em até 11 dias, utilizando dessecantes, sem prejudicar esta composição.

Ponhdorf (2012) afirma que as proteínas tendem a se degradar com o armazenamento, podendo ser degradadas em pequenos peptídeos e aminoácidos.

A proteína bruta dos grãos de soja apresentou média geral de 34,26%, variando de 32,39 a 36,79% nos grãos armazenados a 11,75% (bu) e de 31,73 a 36,09% nos grãos armazenados a 13,84% (bu). Não foram ajustados modelos matemáticos para descrever a proteína bruta dos grãos de soja em função da temperatura e tempo de armazenamento.

Gonçalves et al. (2014) observaram valores de proteína bruta para grãos de soja das cultivares BRS 284 e BMX Potência RR de 33,24 e 34,74%, respectivamente.

Delarmelino-Ferraresi et al. (2014), em seus estudos, concluíram que a composição química varia entre lotes e cultivares, correspondendo o aumento de proteína a uma redução do óleo, e que os teores de proteína, óleo e ácidos graxos livres evidenciam a relação entre a composição química e a qualidade fisiológica das sementes de soja.

1.4 Conclusões

O teor de óleo e a qualidade do óleo extraídos dos grãos de soja se reduzem com o tempo, independentemente do teor de água de armazenamento. O índice de acidez aumentou com o aumento da temperatura e tempo de armazenamento.

1.5 Agradecimentos

Ao IF Goiano – Campus Rio Verde, à Embrapa Soja por meio do Projeto QualiGrãos, à equipe da empresa Caramuru Alimentos S/A, em nome de José Ronaldo Quirino e Elivânio dos Santos Rosa, pela colaboração, bem como ao CNPq, à Fapeg, Finep e Capes, pelo apoio financeiro.

1.6 Referências

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; PETERNELLI, L. A.; SILVA, M. T. C.; COSTA, A. R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.3, p.303-308, 2010.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Consulta Pública nº 85, de 13 de dezembro de 2004*, D.O.U de 17/12/2004. Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8994-1-0%5D.pdf>>. Acesso em: 12/10/2017.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.3, p.279-286, 2014.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p.224-230, 2015.

BISCHOFF, T. Z.; COELHO, S. R. M.; SCHOENINGER, V.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V. Technological quality of soybean oil obtained from stored grain under controlled environmental conditions. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.36, n.6, p.1145-1156, 2016.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, Instrução normativa n.11, de 15 de maio de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.93, p.13-15, 2007a. Seção 1. Disponível em:

<<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>> Acesso em: 30/03/2015.

CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.27, n.1, p.8-15, 2011.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2015/16*, v.3, n.12, 2016.

DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.9, n.1, p.14-18, 2014.

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, Mostardas, v.40, n.2, p.197-203, 2011.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. R. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p.231-237, 2015.

FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R.; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.1, p.91-100, 2009.

FERREIRA, S. B. *Interações socioeconômicas no sistema soja e prejuízos causados por Euschistus heros (Hemiptera: Pentatomidae)*. 2013. Dissertação (Mestrado) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO. 72 f.

FINOTO, E. L.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; CORDEIRO JÚNIOR, P. S.; MENEZES, H. S. Antecipação e retardamento de colheita nos teores de óleo e proteína das sementes de soja, cultivar Valiosa RR. *Scientia Agropecuaria*, Trujillo, v.8, n.2, p.99-107, 2017.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.32, n.3 p.123-133, 2010.

GONÇALVES, L. C.; RIBEIRO, A. P. C.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. *Biochemistry and biotechnology reports*, v.3, n.1, p.33-40, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MARTINEZ, C. O. *Respiração*. 2016. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camilamartinez/tecnologia-pos-colheita-de-graos/RESPIRACaO.docx/at_download/file>. Acesso em: 13/11/2017.

POHNDORF, R. S. *Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel*. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 83f.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. *Food Ingredients South America*, v.1, n.3, p.64-71, 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos* (Métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, UFV, 2002. 235p.

TOFANINI, A. J. *Controle de qualidade de óleos comestíveis*. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 40 f.

CAPÍTULO IV

ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS POR PERCEVEJO NA LAVOURA: QUALIDADE SANITÁRIA

SOYBEAN GRAINS BROKEN BY BUG IN THE TILLAGE STORED UNDER DIFFERENT CONDITIONS: SANITARY QUALITY

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água em grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura, por meio da qualidade sanitária. Foram coletados grãos de soja que, posteriormente, foram classificados e selecionados como grãos de soja com alta danificação por percevejo, levados ao armazenamento por seis meses. Foram utilizados dois teores de água (11,75 e 13,84% bu) e os grãos foram acondicionados em embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD). As amostras foram armazenadas em quatro câmaras climáticas do tipo BOD, reguladas nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e avaliadas a cada dois meses, analisando a atividade de água, sanidade dos grãos e índice de ocorrência. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados feitas utilizando o esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo dois teores de água para o armazenamento (11,75 e 13,84% bu), quatro temperaturas de armazenamento (20, 25, 30 e 35 °C) e quatro tempos de avaliação (0, 2, 4 e 6 meses). O teor de água e as temperaturas ao longo do armazenamento influenciam a qualidade sanitária dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura. Quanto maior o teor de água e a temperatura de armazenamento, maior é a atividade de água

dos grãos de soja danificados por percevejo. Com o aumento do teor de água dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, ocorre incremento na ocorrência de fungos.

Palavras-chave: Atividade de água. Fungos. Teor de água.

ABSTRACT: This paper aimed to evaluate through sanitary quality the temperature and moisture content effect on soybean grains during the storage, highly damage by bug in the tillage. Soybean grains were collected and later classified, and soybean grains with high damage by bug were selected and stored for six months. Two moisture contents (11.75 and 13.84% wb) were used and the grains were packed in high density polyethylene (HDPE) packages. Samples were stored in four Biochemical Oxygen Demand (BOD) type climate chambers, regulated at 20, 25, 30, and 35 °C temperatures, and evaluated every two months, analyzing the water activity, grain sanity, and the fungi occurrence index. The experiment was carried out in a completely randomized design, and results were analyzed using 2x4x4 factorial scheme, with two moisture contents for storage (11.75 and 13.84% wb), four storage temperatures (20, 25, 30, and 35 °C), and four evaluation times (0, 2, 4, and 6 months). The moisture content and temperatures along the storage influence the sanitary quality of the soybean grains damaged by bug in the tillage. The higher the moisture content and the storage temperature, the higher the water activity of the soybean grains damaged by bug. Increasing the moisture content of the soybean grains damaged by bug in the tillage increased the fungi occurrence.

Keywords: Fungi. Moisture content. Water activity.

1.1 Introdução

No Brasil, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) está entre as culturas de maior produtividade de grãos, considerada uma importante cultura de potencial econômico para fins de comercialização interna e externa. De fato, esse potencial na produção de soja não está ligado somente ao consumo humano e animal, mas às grandes

possibilidades de utilização de seus produtos, com altos teores de óleo e proteína, e comercialização de seus resíduos (COUTO; ALVARENGA, 1998).

Paralelamente à expansão da cultura, surgiu uma série de problemas de ordem fitossanitária, fazendo com que a maioria das doenças de importância econômica também aumentasse, tanto em número quanto em intensidade. Além de problemas de ordem fisiológica, a presença de microrganismos ameaça a qualidade das sementes (GOMES et al., 2009) e também dos grãos, que são armazenados e destinados à alimentação humana e animal.

Os percevejos são um grupo de pragas com importância crescente, por causa da dificuldade de controle, e os danos crescentes causados à cultura da soja, bem como as dificuldades de manejo, levam a questionamentos quanto a seu nível de controle, que permanece o mesmo estabelecido no passado (FERREIRA, 2013). Panizzi et al. (1979) observaram que, associada às sementes danificadas por *Piezodorus guildinii*, encontrou-se alta proporção de microrganismos, entre os quais *Fusarium* spp., que infectou mais de 30% de sementes lesionadas pelo referido percevejo.

Segundo Ordóñez (2005), o teor de água é o principal fator na deterioração dos grãos por ação de microrganismos (bactérias, leveduras e fungos), pois quanto maior o teor de água dos grãos menor sua estabilidade, trazendo consequências como ataque de microrganismos e reações químicas enzimáticas e não enzimáticas devidas à oxidação dos lipídios.

A redução do teor de água provoca diminuição da atividade de água do produto, inibindo o desenvolvimento de microrganismos e retardando deteriorações de origem físico-química (CANO-CHAUCA et al., 2004).

Segundo Sweeney e Dobson (1998), o desenvolvimento do *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* pode ocorrer em temperaturas de 0 a 31 °C, sendo 20 °C a temperatura ótima para seu desenvolvimento, e o fungo *Aspergillus ochraceus* Wilh é característico de climas quentes e cresce em temperaturas entre 8 e 37 °C, com ótimo crescimento entre 24 e 37 °C, ambos os fungos podem produzir a micotoxina Ocratoxina A, metabólito secundário prejudicial à saúde humana e animal.

No Brasil, existem condições propícias para o crescimento de todas as espécies de fungos produtores de micotoxinas (MAZIERO; BERSOT, 2010).

Assim, neste trabalho, objetivou-se avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água em grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura, por meio da qualidade sanitária.

1.2 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal Goiano (IF Goiano) Campus Rio Verde.

Foram coletados em março de 2015, na empresa Caramuru Alimentos S/A, grãos de soja da safra de 2014/15, provenientes de lavouras comerciais atacadas por percevejo.

Os grãos apresentaram em torno de 30% da massa com danos causados pelos percevejos. Em seguida, promoveu-se o beneficiamento em peneiras de classificação de 3,00 mm de crivos circulares e peneiras de crivos oblongos de 3,00 x 22,00 mm para limpeza e separação das impurezas.

As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando-se a atividade de água, sanidade e o índice de ocorrência fúngica.

O teor de água dos grãos de soja foi determinado por gravimetria (BRASIL, 2009), em estufa de circulação forçada de ar por 24h00 a 105 ± 3 °C. Os grãos de soja apresentaram teor de água inicial de 13,84% (bu). Em seguida, a massa total foi dividida em dois lotes, sendo uma das partes submetida à secagem com ar natural em terreiro, sobre lona plástica ao sol, para reduzir o teor de água até 11,75% (bu), para serem armazenadas em dois diferentes teores de água.

O experimento foi montado segundo o delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas, utilizando um esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo dois teores de água para o armazenamento (11,75 e 13,84% bu), quatro temperaturas de armazenamento (20, 25, 30 e 35 °C), quatro tempos de avaliação (0, 2, 4 e 6 meses), em três repetições. As variáveis foram transformadas em $(x+1)^{0,5}$ e analisadas por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, adotando o nível de 5% de significância. Para o fator quantitativo, os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste de “t”, adotando o nível de 5% de significância, no coeficiente de

determinação (R^2 ou r^2 para regressão linear simples) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

Os grãos de soja foram acondicionados em embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD) e, posteriormente, armazenados por seis meses em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C) e dois teores de água (11,75 e 13,84% bu). Estas embalagens foram utilizadas para proporcionar reduzidas trocas de vapor de água, visto que a taxa de permeabilidade do PEAD utilizado é de 0,02 g água embalagem⁻¹ d⁻¹ (BESSA et al., 2015). As amostras foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), reguladas nas diferentes temperaturas.

A temperatura e a umidade relativa no interior das BODs foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro digital e registradas a cada 00h10 durante o armazenamento dos grãos, apresentando médias de temperatura de 21,02 ± 2,15; 25,21 ± 1,66; 29,09 ± 0,47 e 34,35 ± 0,82 °C e de umidade relativa de 75,69 ± 12,28; 47,46 ± 16,62; 45,46 ± 12,66 e 30,60 ± 17,47%, respectivamente.

A atividade de água foi determinada por meio do equipamento Hygropalm Model Aw 1, obtida nas temperaturas de armazenamento (20, 25, 30 e 35 °C). Para o controle das temperaturas durante a avaliação, foi utilizada uma câmara tipo BOD.

Para a análise da sanidade dos grãos de soja, foi utilizado o método do papel filtro (“blottertest”), conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). De cada tratamento, foram utilizadas três repetições, sendo seis gerbox com 25 grãos, que foram previamente lavadas em hipoclorito de sódio a 1% por 00h10 e colocadas sobre duas folhas de papel filtro em caixas plásticas tipo gerbox. As folhas de papel filtro foram previamente esterilizadas a seco em estufa de circulação forçada de ar a 160 °C por 2h00, umedecidas com água destilada autoclavada.

A identificação dos patógenos foi feita após sete dias de incubação a 22 ± 2 °C e regime luminoso de 12h00 de luz. Finalizado esse período, os grãos foram examinados individualmente, com auxílio de microscópio estereoscópio com aumento de até 60x, e quando necessário, foram feitas preparações microscópicas para a identificação dos fungos, que foram identificados com base na literatura. Foi calculada a porcentagem de grãos de soja com ocorrência de cada fungo apresentado no experimento.

Foram atribuídas notas de zero a três, de acordo com a densidade de inóculo nos grãos: 0 – grãos livres de fungos; 1 – grãos exibindo pequenas colônias de fungos

visíveis somente com lupa; 2 – grãos exibindo grandes colônias de fungo visíveis sem o uso da lupa, cobrindo uma área inferior a 50% da superfície do grão; e 3 – grãos com elevado grau de deterioração, com colônias de fungos cobrindo uma área superior a 50% da superfície do grão. Para avaliar a presença de fungos nos grãos em função da densidade de inóculo, foi calculado o Índice de Ocorrência (IO) pela fórmula de “Mc Kinney”, que fornece a média ponderada da ocorrência do fungo nos grãos, segundo Borém et al. (2001).

$$IO = \frac{\sum (PO \times N)}{POT \times N(\text{máx})} \times 100 \quad (2)$$

em que:

IO: índice de ocorrência, %;

PO: porcentagem de ocorrência, %;

N: nota;

POT: porcentagem de ocorrência total, %; e

N máx: nota máxima.

Os grãos de soja foram classificados por técnico habilitado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), segundo padrão oficial regido pela Instrução Normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007), como do grupo II, que se destinam a outros usos, que não o consumo *in natura*.

Os grãos foram armazenados com média de 14,90% de grãos avariados totais, que é a soma de todos os defeitos encontrados como grãos danificados (que apresentam punctura causada pelo percevejo na lavoura, sendo dividido o total da massa encontrada por quatro, segundo a normativa de classificação), grãos danificados-fermentados (grãos que apresentam fermentação onde ocorreu danificação pelo percevejo) e grãos fermentados (que apresentam fermentação causada pelas condições de armazenamento), já estando fora dos padrões de comercialização no início do experimento.

No final do armazenamento, os grãos que foram armazenados com teor de água de 11,75 e 13,84% (bu) apresentaram médias de 18,33 e 37,50% de grãos avariados totais, respectivamente, sendo que os grãos armazenados com o menor teor de água só apresentaram fermentação em grãos danificados, enquanto os grãos com maior teor de

água, que não foram danificados na lavoura, apresentaram fermentação no sexto mês de 5,22% na temperatura de 35 °C.

1.3 Resultados e discussão

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise de variância para a atividade de água e o índice de ocorrência de fungos nos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, durante o armazenamento em diferentes condições.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do parâmetro índice de ocorrência dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	Aw	Índice de ocorrência (%)
TA	1	0,10 ^{**}	6813,15 ^{**}
T	3	7,44x10 ^{-4**}	3143,95 ^{**}
t	3	0,003 ^{**}	4781,74 ^{**}
TAxT	3	5,87x10 ^{-4**}	980,58 ^{**}
TAxt	9	5,64x10 ^{-4**}	872,51 ^{**}
Txt	9	5,17x10 ^{-4**}	580,90 ^{**}
TAxTtxt	9	4,9x10 ^{-5 NS}	427,74 ^{**}
Resíduo	64	1,05x10 ⁻⁴	151,41
CV %		1,39	12,77
Média geral		0,74	68,96

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. ^{**} Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo

Na Tabela 1 observa-se que o parâmetro atividade de água apresentou interação entre teor de água x temperatura, teor de água x tempo e temperatura x tempo, não tendo apresentado interação entre os três fatores. O índice de ocorrência apresenta interação tripla de teor de água x temperatura x tempo de armazenamento.

Na Tabela 2 está apresentada a atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo nos diferentes teores de água iniciais e temperaturas de armazenamento.

Tabela 2. Atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo nos diferentes teores de água iniciais e temperaturas de armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Temperaturas de armazenamento (°C)			
	20	25	30	35
11,75	0,72 a	0,71 a	0,71 a	0,70 a
13,84	0,77 b	0,76 b	0,77 b	0,76 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A atividade da água dos grãos de soja com elevada danificação na lavoura por percevejo diferiu nos teores de água em todas as temperaturas de armazenamento. Os grãos armazenados a 13,84% (bu) de teor de água apresentam maior atividade de água em todas as temperaturas de armazenamento. Quanto maior o teor de água e a temperatura do produto, maior é sua atividade de água. Paraginski et al. (2015) observaram redução da atividade de água em grãos de milho que obtiveram redução do teor de água durante o armazenamento. Garcia (2004), armazenando alimentos no interior de granjas de integração avícola, constatou que aumento do teor de água da ração propicia aumento de sua atividade de água e, conseqüentemente, desenvolvimento de fungos.

Segundo Lazzari (1997), o teor de água é um dos principais fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos durante o armazenamento.

Os valores encontrados de atividade de água não correspondem aos da umidade relativa monitorada durante o período de armazenamento, pois a embalagem criou um microclima úmido, diferentemente ao ar externo da embalagem ao longo do armazenamento. A embalagem PEAD utilizada no acondicionamento dos grãos impediu a troca de ar com o ambiente interior da câmara BOD.

Na Tabela 3 está apresentada a atividade de água dos grãos de soja armazenados em dois teores de água em função do tempo de armazenamento.

Tabela 3. Médias da atividade de água dos grãos de soja armazenados em dois teores de água em função do tempo de armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
11,75	0,71 a	0,73 a	0,70 a	0,70 a	0,70 a
13,84	0,76 b	0,78 b	0,76 b	0,77 b	0,77 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que (Tabela 3) a atividade de água dos grãos diferiu nos dois teores de água e se apresentou maior nos grãos com teor de água de 13,84% (bu) em todos os períodos de armazenamento.

A umidade relativa do ambiente onde foram acondicionadas as embalagens com os grãos foi de $75,69 \pm 12,28$; $47,46 \pm 16,62$; $45,46 \pm 12,66$ e $30,60 \pm 17,47\%$ para as temperaturas das câmaras BODs reguladas a 20, 25, 30 e 35 °C, respectivamente, o que representa a diferença do microclima formado no interior da massa de grãos, representado pelos valores de atividade de água encontrados. Altos valores de atividade de água, aliados a elevadas temperaturas ao longo do armazenamento, propiciam deterioração, pois aceleram os processos respiratórios dos grãos.

Na Figura 1 está apresentada a atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo, em função das temperaturas.

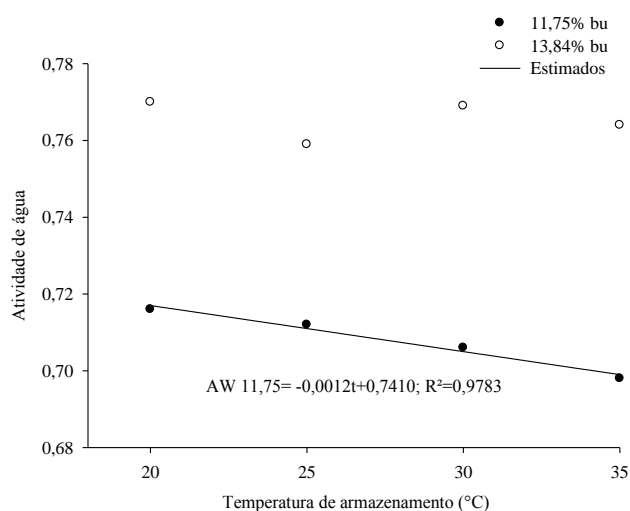


Figura 1. Atividade de água dos grãos de soja nos diferentes teores de água em função das temperaturas

Nota-se que a atividade de água dos grãos armazenados a 11,75% (bu) se reduziu linearmente, Figura 1, com o aumento da temperatura. Quanto menor o teor de água e maior a temperatura de armazenamento, menor é a atividade de água dos grãos. Os valores da atividade de água dos grãos armazenados a 13,84% (bu), Figura 1, e os valores de atividade de água em função do tempo de armazenamento para os dois teores de água não apresentaram ajuste de modelo em função do tempo de armazenamento.

Na Figura 2 está apresentada a atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura nos distintos meses de armazenamento em função da temperatura.

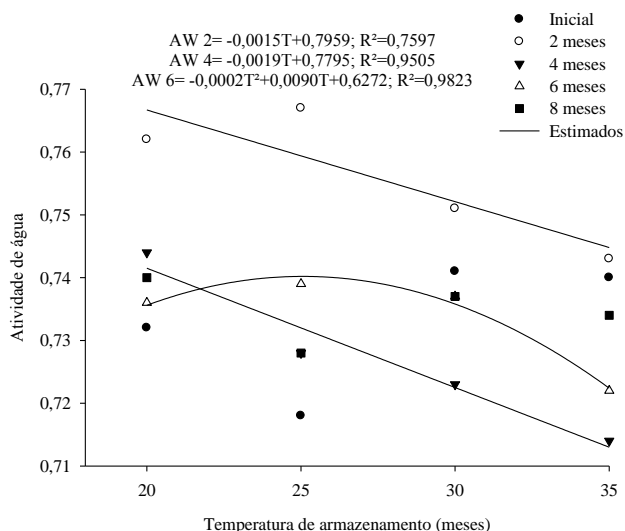


Figura 2. Atividade de água nos diferentes tempos de armazenamento em função das temperaturas

Observa-se na Figura 2 que a atividade de água dos grãos no segundo e quarto meses se reduziu linearmente com o aumento da temperatura de armazenamento. No início das avaliações e no oitavo mês de armazenamento, não ocorreu ajuste de modelo matemático e, no sexto mês, ocorreu ajuste de modelo quadrático, tendo ponto máximo da atividade de água de 0,73 a 22,5 °C de temperatura.

Na Tabela 4 está apresentado o índice de ocorrência total de fungos, nos diferentes teores de água, temperaturas e tempos de armazenamento.

Nota-se que (Tabela 4), a ocorrência fúngica total apresentava, em média, de 86,4% na massa de grãos no período inicial, não diferindo. No segundo mês, na temperatura de 35 °C, ela se apresentou menor, com 35,85% nos grãos com teor de água de 11,75%, sendo também observado no quarto mês, nas temperaturas de 30 e 35 °C, e no sexto mês, não diferiu apenas na temperatura de 20 °C.

Tabela 4. Índice de ocorrência total de fungos nos diferentes teores de água, temperatura em função do tempo de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	82,05 a	82,05 a	82,05 a	82,05 a
13,84	90,74 a	90,74 a	90,74 a	90,74 a
	2			
11,75	80,63 a	61,62 a	69,17 a	35,85 a
13,84	87,41 a	62,59 a	62,64 a	64,11 b
	4			
11,75	95,42 a	64,09 a	33,33 a	57,87 a
13,84	87,15 a	73,06 a	77,51 b	84,10 b
	6			
11,75	80,83 a	36,11 a	6,94 a	18,52 a
13,84	83,02 a	56,94 b	72,90 b	63,75 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Figura 3A observa-se que, nos grãos armazenados com 11,75 % (bu), ocorreu redução linear da ocorrência de fungos no segundo e sexto meses de armazenamento, tendo ocorrido ajuste quadrático, no quarto mês, apresentando ponto de mínima de 41,56% na temperatura de 30,1 °C. Na Figura 3B não houve ajuste de modelo para o sexto mês, tendo ocorrido no segundo e quarto meses ponto de mínimo de 59,08 e 73,99% nas temperaturas de 30,2 e 27,7 °C, respectivamente.

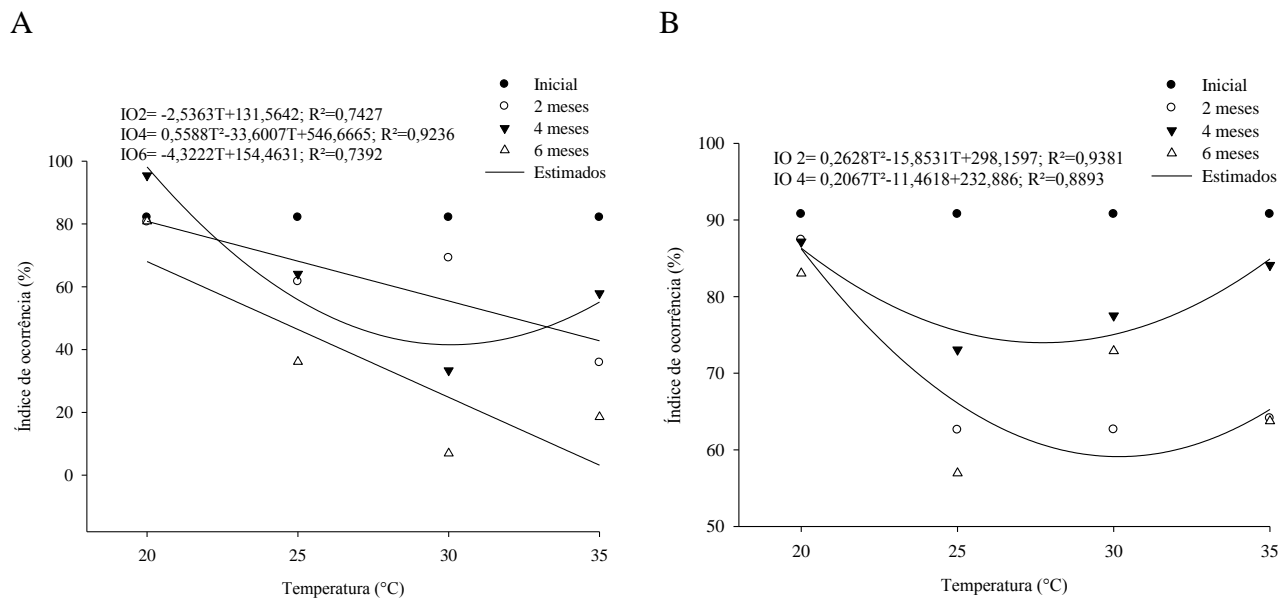


Figura 3. Índice de ocorrência de fungos (%) de grãos de soja armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (B), no período de oito meses em função da temperatura

Na Figura 4, está apresentado o índice de ocorrência em função do tempo.

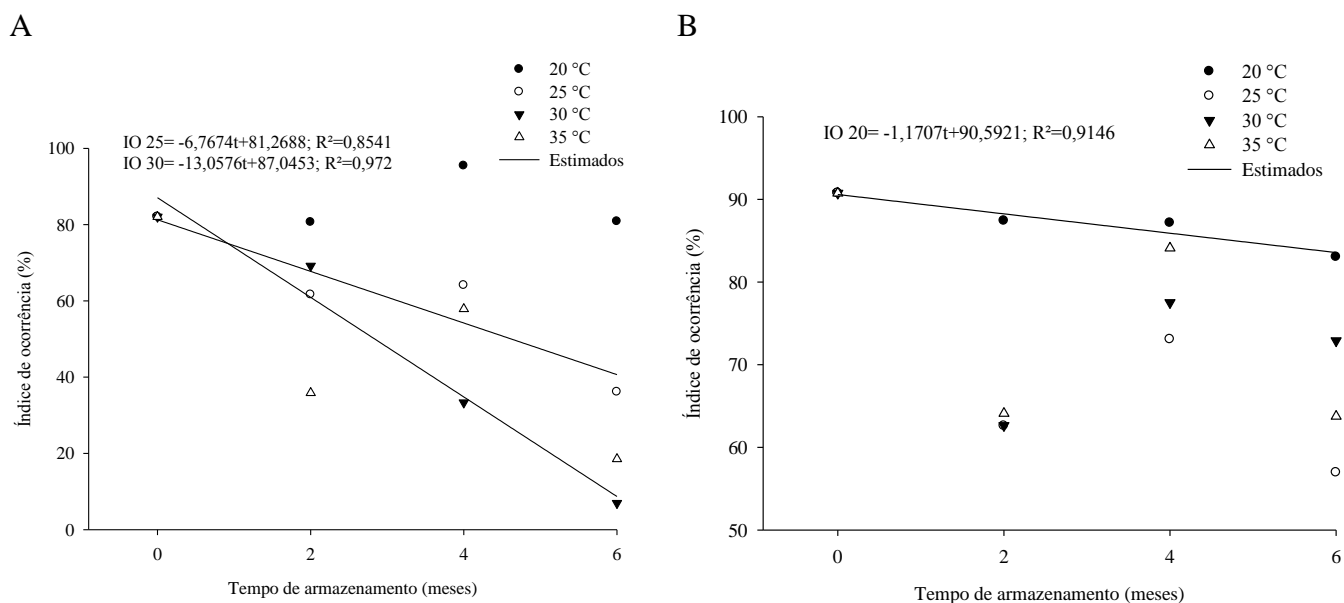


Figura 4. Índice de ocorrência de fungos (%) de grãos de soja armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (B), nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

Observa-se que ocorreu redução linear do índice de ocorrência fúngica nos grãos armazenados nas temperaturas de 25 e 30 °C, Figura 4A, não apresentando ajuste nas demais temperaturas. Na Figura 4B ocorreu redução do índice de ocorrência na

temperatura de 20 °C em função do tempo de armazenamento, não apresentando ajuste nas demais temperaturas.

Bento et al. (2012) descreveram que fatores abióticos tais como teor de umidade nos grãos de milho, atividade de água, precipitação e temperatura do ar foram determinantes para o nível da incidência fúngica.

Com a análise da sanidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura e levados ao armazenamento, foram identificadas dez espécies de fungos: *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Nigrospora* spp. e *Cercospora* spp., que são fungos de campo, e *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Phomopsis* spp. e *Colletotrichum* spp., que são fungos de armazenamento.

Na Tabela 5 apresenta-se o resumo da análise de variância para *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp., *Nigrospora* spp., *Penicillium* spp. e *Cercospora* spp. dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, durante o armazenamento em diferentes condições.

Tabela 5. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros *Fusarium*, *Phomopsis*, *Nigrospora*, *Penicillium* e *Cercospora* dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	<i>Fusarium</i>	<i>Phomopsis</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Cercospora</i>
TA	1	6205,96**	0,40 ^{NS}	0,37 ^{NS}	334,33**	160,39 ^{NS}
T	3	2130,35**	56,08**	1,89 ^{NS}	34,64 ^{NS}	232,79**
t	3	5346,94**	232,30**	2,67 ^{NS}	26,49 ^{NS}	924,14**
TAxT	3	1790,02**	4,47 ^{NS}	3,85 ^{NS}	119,78 ^{NS}	29,42 ^{NS}
TAxt	9	932,52**	7,55 ^{NS}	5,83 ^{NS}	218,76**	30,09 ^{NS}
Txt	9	632,45**	51,38**	3,21 ^{NS}	71,58 ^{NS}	92,79 ^{NS}
TAxTxt	9	349,67 ^{NS}	9,01 ^{NS}	2,55 ^{NS}	71,41 ^{NS}	23,56 ^{NS}
Resíduo	64	229,33	12,11	3,22	53,40	58,34
CV %		18,65	30,11	33,47	55,22	42,36
Média geral		54,15	2,89	0,43	4,12	9,30

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. ** Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo

Observa-se na Tabela 5 que *Fusarium* apresentou interação entre o teor de água x temperatura, teor de água x tempo e temperatura x tempo; *Phomopsis* apresentou interação de temperatura x tempo; *Nigrospora* não apresentou diferença entre as fontes de variação; *Penicillium* apresentou interação entre teor de água x tempo; e *Cercospora* apresentou efeito da temperatura e do tempo, individualmente.

Na Tabela 6 está apresentado o resumo da análise de variância para *Rhizopus*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Alternaria* e *Cladosporium* dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, durante o armazenamento em diferentes condições.

Tabela 6. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos parâmetros *Rhizopus*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Alternaria* e *Cladosporium* dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	<i>Rhizopus</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>
TA	1	0,02 ^{NS}	5,72 ^{NS}	98,65 ^{**}	218,38 ^{**}	17,03 ^{NS}
T	3	4,71 ^{NS}	12,30 ^{NS}	10,36 ^{NS}	210,00 ^{**}	50,18 ^{**}
T	3	11,22 ^{NS}	49,49 ^{**}	23,45 ^{NS}	434,29 ^{**}	22,20 ^{NS}
TAxT	3	15,91 ^{NS}	4,10 ^{NS}	6,12 ^{NS}	92,25 ^{NS}	3,97 ^{NS}
TAxt	9	0,68 ^{NS}	28,00 [*]	15,33 ^{NS}	92,93 [*]	2,11 ^{NS}
Txt	9	6,00 ^{NS}	14,92 ^{NS}	31,65 ^{NS}	218,72 ^{**}	18,50 ^{NS}
TAxTtxt	9	9,52 ^{NS}	7,13 ^{NS}	11,91 ^{NS}	92,52 ^{NS}	3,10 ^{NS}
Resíduo	64	8,47	10,18	15,98	21,57	12,05
CV %		52,37	39,01	48,99	49,82	52,87
Média geral		0,59	2,81	2,16	3,09	1,18

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. ^{**}Significativo a 1% pelo teste F; ^{*}Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo

Na Tabela 6 observa-se que *Rhizopus* não apresenta efeitos dos tratamentos; *Colletotrichum* apresenta interação entre teor de água x tempo; *Aspergillus* apresenta diferença apenas para o teor de água, isoladamente; *Alternaria* apresenta interação entre o teor de água x tempo e temperatura x tempo; e *Cladosporium* apresenta efeito apenas para a temperatura, individualmente.

Em condições ambientais favoráveis de umidade relativa e de temperatura, os esporos dos fungos germinam, desenvolvendo hifas, que infestam grãos, alimentos, rações e outros substratos (PRADO et al., 1991).

Segundo Aguiar et al. (2001), *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp. são fungos de campo e *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. são fungos de armazenamento. Fungos de campo contaminam os grãos durante o cultivo, pois requerem maior umidade relativa, enquanto os fungos de armazenamento demandam menor quantidade de água e proliferam em maior intensidade na massa de grãos no período pós-colheita.

Na Tabela 7 está apresentada a porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium*.

Tabela 7. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* (%) nos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura e levados ao armazenamento nos dois teores de água e temperaturas de armazenamento

Teor de água inicial (% bu)	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	65,10 a	54,71 a	25,93 a	38,71 a
13,84	68,39 a	55,67 a	63,49 b	61,24 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nas temperaturas de 20 e 25 °C, não houve diferença da porcentagem de grãos com a incidência de *Fusarium*. Os grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) apresentaram maior incidência nas temperaturas de 30 e 35 °C.

O controle do teor de água é muito importante para a manutenção das características dos grãos durante o armazenamento, para que não ocorram germinação e desenvolvimento de fungos e insetos, o que ocasiona sua rápida degradação (GONÇALVES et al., 2014).

Valarini et al. (1990) observaram que a redução da porcentagem de *Fusarium* pode ter sido provocada pela perda da viabilidade dos esporos ao longo do armazenamento sob influência das temperaturas.

Os fungos do gênero *Fusarium* invadem os grãos e sementes durante o amadurecimento, quando as condições de temperatura e umidade são mais elevadas, favoráveis para seu desenvolvimento (BENTO et al., 2012).

A porcentagem de fungos do gênero *Fusarium* apresentou um ponto de mínimo de 33,89% na temperatura de 32,2 °C nos grãos armazenados com 13,84% (bu) (Figura 5).

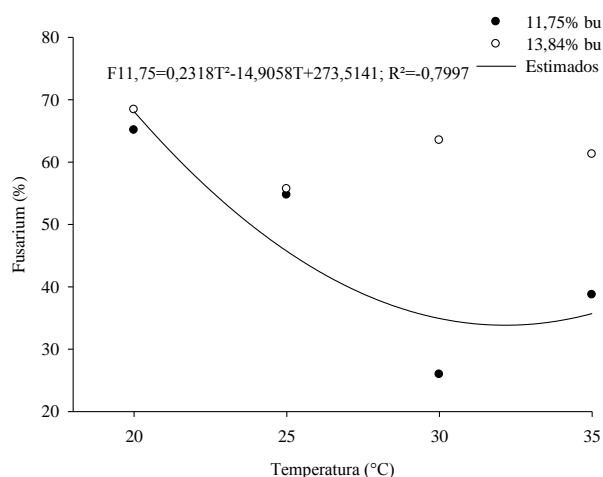


Figura 5. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos diferentes teores de água em função das temperaturas

Na Tabela 8 observa-se que a ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* diferiu no quarto e sexto meses, sendo maior nos grãos armazenados com 13,84% (bu) de teor de água.

Tabela 8. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* (%) nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
11,75	64,29 a	32,40 a	58,91 a	28,89 a
13,84	66,58 a	43,93 a	77,53 b	60,75 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A porcentagem de *Fusarium* se reduziu com o aumento da temperatura no segundo e sexto meses e apresentou ponto de mínimo de 51,96% na temperatura de 28,8 °C no quarto mês (Figura 6A). Em função do tempo de armazenamento, Figura 6B, na temperatura de 30 °C foi apresentado um ponto de mínimo de 34,22% aos 4,2 meses, não apresentando ajuste nas demais temperaturas.

Segundo Sweenwey e Dobson (1998), fungos do gênero *Fusarium* são encontrados como contaminantes de grãos durante a secagem e o armazenamento de produtos.

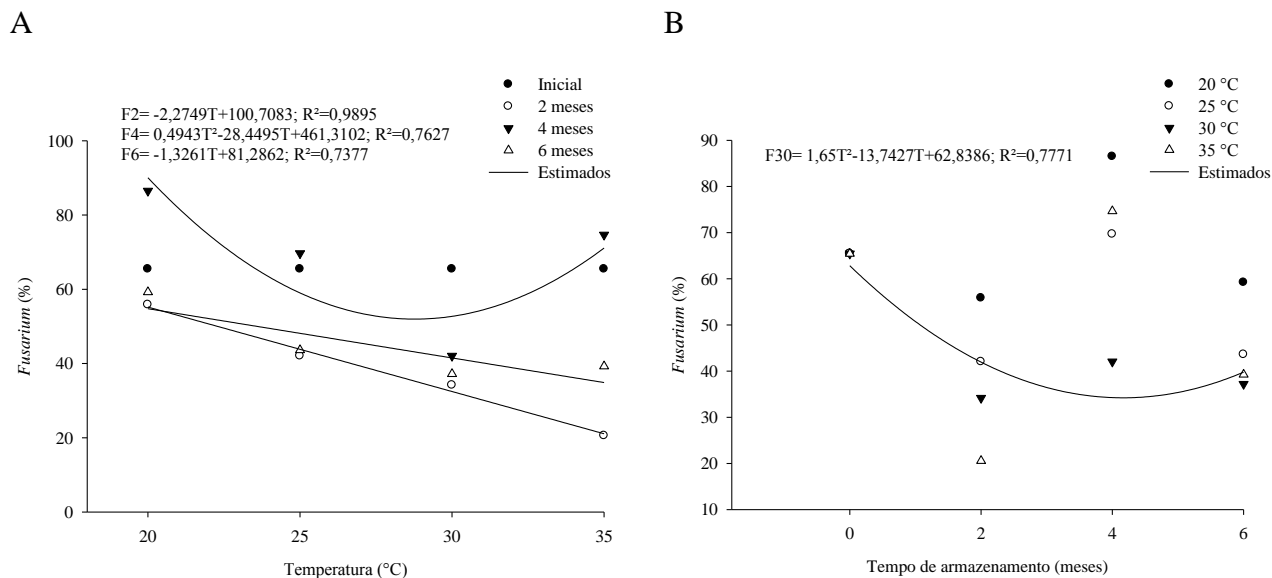


Figura 6. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* nos grãos de soja danificados por percevejo (A) em função da temperatura e (B) em função do tempo

Os fungos do gênero *Phomopsis* apresentara redução com aumento da temperatura no segundo mês de armazenamento (Figura 7A). Nos grãos armazenados na temperatura de 25 °C foi reduzida linearmente a incidência de fungos do gênero *Phomopsis* em função do tempo de armazenamento. Nas temperaturas de 30 e 35 °C ocorreu redução quadrática (Figura 7B).

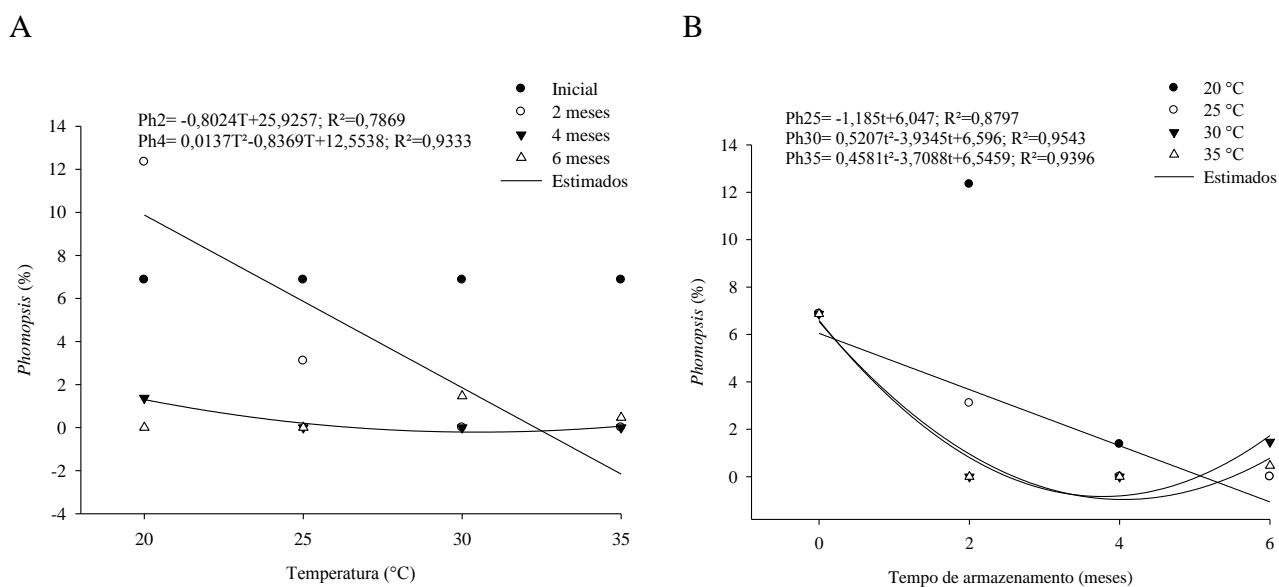


Figura 7. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Phomopsis* nos grãos de soja danificados por percevejo (A) em função da temperatura e (B) em função do tempo

Segundo Goulart (1997), os fungos do gênero *Phomopsis* perdem sua viabilidade rapidamente durante a armazenagem em condição ambiente, o que pode ter acarretado redução deste fungo com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento.

A ocorrência de fungos do gênero *Penicillium* em grãos nos diferentes teores de água de armazenamento diferiu no quarto e sexto meses de armazenamento, sendo menor no teor de água de 11,75% (bu), não tendo sido encontrados, no sexto mês, fungos deste gênero no menor teor de água (Tabela 9). Aguiar et al. (2001), avaliando a qualidade de sementes de girassol em diferentes tamanhos de peneiras, concluíram que quanto mais baixa a atividade de água, menor é o crescimento de microrganismo e a oxidação das sementes.

Tabela 9. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Penicillium* (%) nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
11,75	5,35 a	2,28 a	1,39 a	0,00 a
13,84	1,74 a	3,62 a	8,98 b	9,63 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A porcentagem de *Penicillium* se reduziu nos grãos de soja com teor de água de 11,75% (bu), enquanto aumentou nos grãos com maior teor de água em função do tempo de armazenamento (Figura 8). Segundo Rupollo et al. (2006), teores de água elevados permitem incidência de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*.

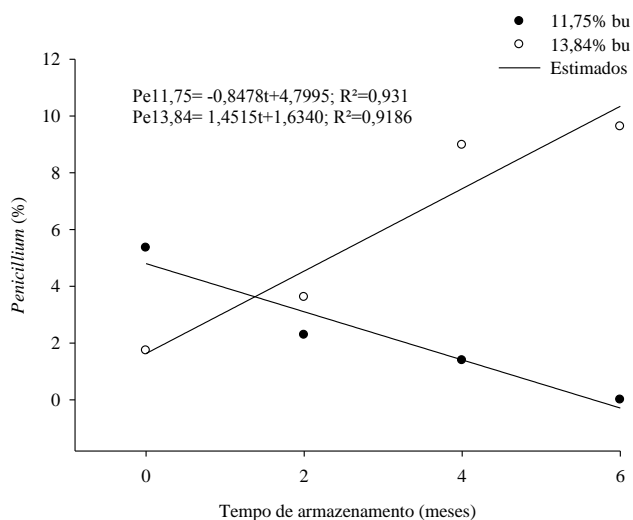


Figura 8. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Penicillium* nos grãos de soja danificados e armazenados, nos diferentes teores de água em função do tempo

Rupollo et al. (2006) observaram que, nos tratamentos com teores de água inferiores a 15%, verificou-se predominância de outros fungos, cuja incidência decresceu nos gêneros *Colletotrichum*, *Chaetomium*, *Phoma*, *Bipolaris*, *Alternaria* e *Neurospora*.

Segundo Beauchat (1981), citado por Travaglia (2011), fungos como *Penicillium cyclopum* necessitam que o produto esteja com atividade de água de 0,81 a 0,85 para seu desenvolvimento e fungos como a *Aspergillus flavus* precisam de valores menores de atividade de água entre 0,78 e 0,80.

Os fungos do gênero *Cercospora* se reduziram em função da temperatura e tempo de armazenamento, independentemente do teor de água (Figura 9).

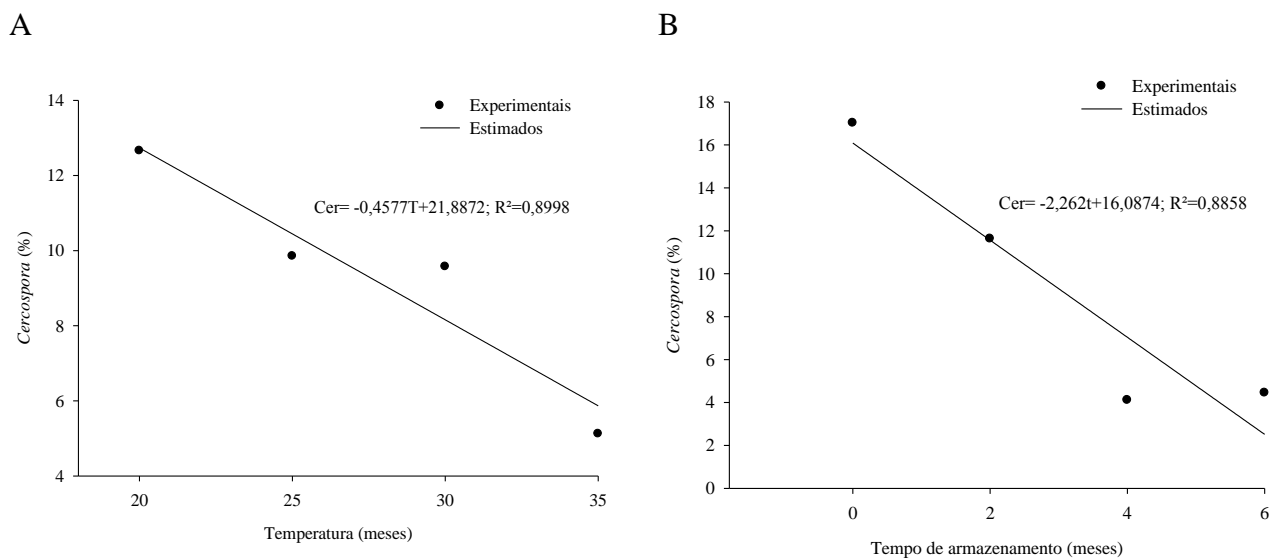


Figura 9. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Cercospora* nos grãos de soja com elevada danificação na lavoura em função das (A) temperaturas e (B) tempo de armazenamento

A ocorrência de fungos do gênero *Colletotrichum* em grãos diferiu nos dois teores de água no quarto mês de armazenamento, apresentando maior ocorrência nos grãos com teor de água de 11,75% (bu) (Tabela 10).

Tabela 10. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Colletotrichum* (%) nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
11,75	3,73 a	2,71 a	4,41 b	1,39 a
13,84	5,28 a	3,36 a	1,02 a	0,62 a

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A ocorrência de *Colletotrichum* em função do tempo de armazenamento, Figura 10, se reduziu nos grãos armazenados com 13,84% (bu), enquanto nos grãos com menor teor de água, não houve ajuste de modelo.

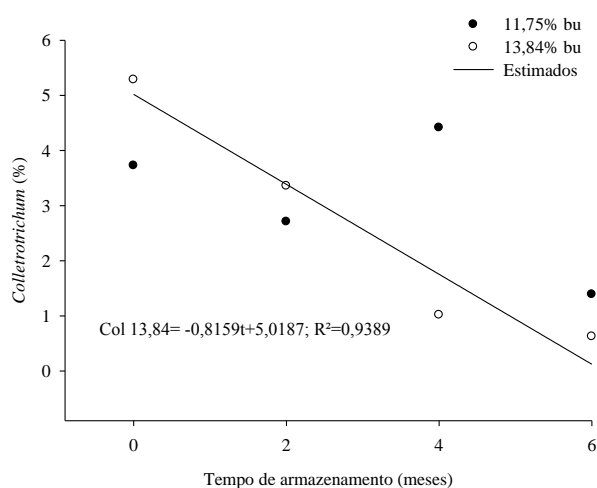


Figura 10. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Colletotrichum* nos grãos de soja danificados e armazenados, nos diferentes teores de água em função do tempo

Com relação à perda de viabilidade desse patógeno nas sementes durante o armazenamento, trabalhos recentes mostraram que esse fungo é mais persistente que *Phomopsis* spp. e *Fusarium semitectum*, apesar de sua incidência diminuir quando as sementes são armazenadas em condições ambientes, por um período de seis meses (GOULART, 1997).

A ocorrência de fungos do gênero *Aspergillus* diferiu nos dois teores de água, sendo maior nos grãos armazenados com 13,84% (bu), apresentando 3,17%, não tendo influência de temperatura e tempo de armazenamento (Tabela 11).

Tabela 11. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Aspergillus* nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água

Teor de água (% bu)	<i>Aspergillus</i> (%)
11,75	1,14 a
13,84	3,17 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os fungos do gênero *Alternaria* não foram encontrados na avaliação no período inicial, mas apresentaram ocorrência no período de armazenamento. O teor de água, a temperatura e o período de armazenamento são responsáveis pela alta incidência de *Alternaria* nos grãos (RUPOLLO et al., 2006), tendo este fungo sido encontrado como organismo saprófito ou parasita de plantas (SILVA; MELO, 1999). No sexto mês, observou-se 5,68% nos grãos armazenados a 13,84% (bu) (Tabela 12).

Tabela 12. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Alternaria* nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
11,75	0,00 a	5,65 a	0,69 a	0,00 a
13,84	0,00 a	12,72 a	0,00 a	5,68 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em função do tempo de armazenamento, não ocorreu ajuste de modelo para a ocorrência de fungos do gênero *Alternaria* nos dois teores de água.

Com o aumento da temperatura, houve ajuste de modelo apenas para as médias de ocorrência de *Alternaria* no segundo mês de armazenamento, apresentando ponto de mínima de 0,39%, na temperatura de 23,9 °C, Figura 11A, e, em função do tempo, ocorreu aumento nos grãos armazenados a 30 °C (Figura 11B).

O teor de água inferior a 15% (bu) influencia o aparecimento da *Alternaria* ao longo do armazenamento, segundo Rupollo et al. (2006), porém não se assimilou aos dados encontrados.

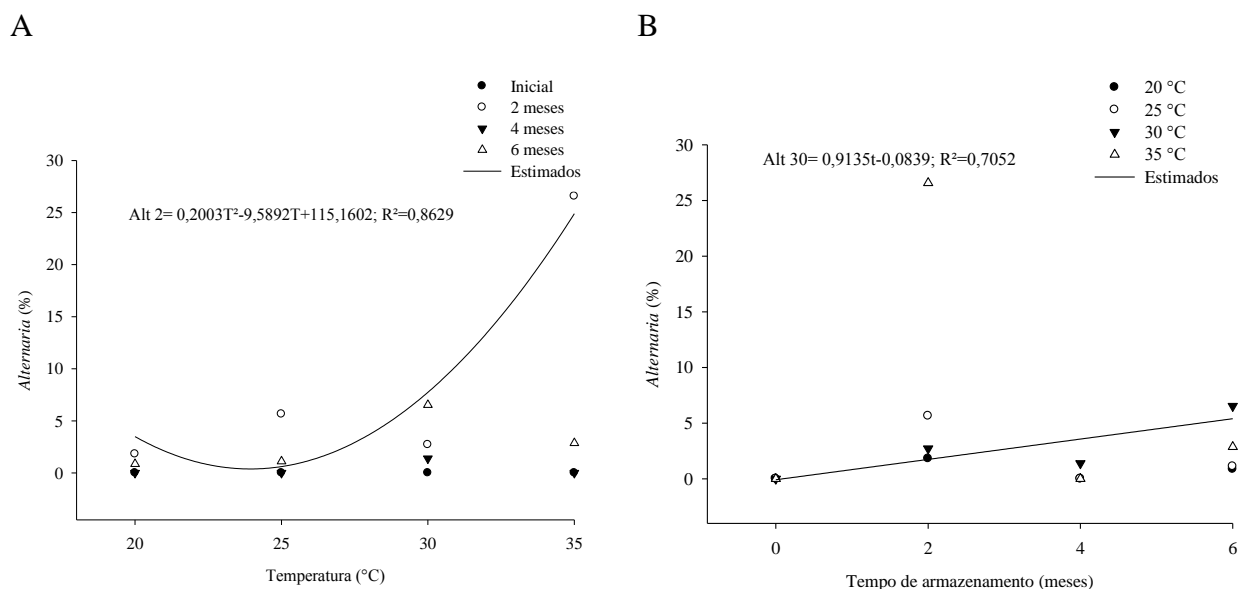


Figura 11. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Alternaria* nos grãos de soja danificados por percevejo, levados ao armazenamento nos diferentes teores de água em função da temperatura (A) e em função do tempo (B)

A ocorrência de fungos do gênero *Cladosporium* aumentou com a elevação da temperatura de armazenamento, indicando que o aumento da temperatura,

independentemente do teor de água dos grãos e períodos de armazenamento, propicia aparecimento de fungos deste gênero (Figura 12).

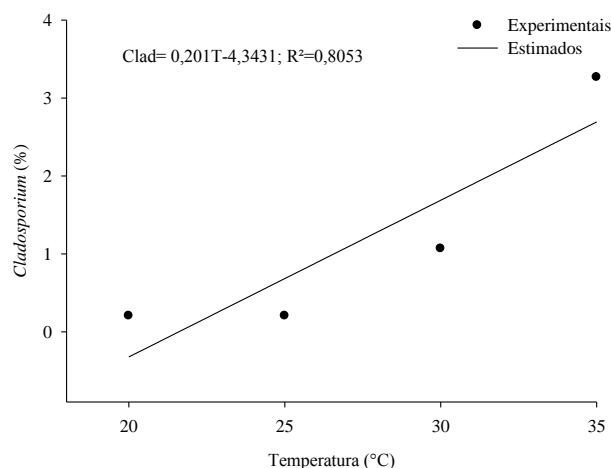


Figura 12. Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Cladosporium* em grãos de soja em função da temperatura de armazenamento

Segundo Lazzari (1997), há uma relação entre teor de água e temperatura dos grãos no consumo de matéria seca do produto pelos fungos de armazenamento.

Durante o armazenamento de grãos, as interações entre fatores abióticos como temperatura, teor de água, concentração de gás, umidade relativa ambiente, tipo e condições do armazém e características do sistema de armazenagem e fatores bióticos como grãos, insetos, ácaros, fungos e bactérias fazem com que os grãos armazenados se tornem um ecossistema cuja dinâmica, dependendo dos níveis dos fatores e do grau das interações, pode levar à sua deterioração, com maior ou menor velocidade (RIGUEIRA et al., 2009).

Segundo Bento et al. (2012), mesmo grãos com boa condição física também podem apresentar contaminação por fungos com potencial toxigênico.

1.4 Conclusões

O teor de água e as temperaturas ao longo do armazenamento influenciam a qualidade sanitária dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura. Quanto maior o teor de água e a temperatura de armazenamento, maior é a atividade de

água dos grãos de soja. Com o aumento do teor de água dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, ocorre incremento da ocorrência de fungos.

1.5 Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano – Campus Rio Verde), à Embrapa Soja por meio do Projeto QualiGrãos, à equipe da empresa Caramuru Alimentos S/A, em nome de Elivânio dos Santos Rosa, pela colaboração, aos colegas que contribuíram para realização e montagem do experimento (Natália, Sebastião Neto, Wallan Ruither, Weder) bem como à Capes, à Fapeg, ao CNPq e à Finep, pelo apoio financeiro.

1.6 Referências

AGUIAR, R. H.; FANTINATTI, J. B.; GROTH, D.; USBERTI, R. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.23, n.1, p.134-139, 2001.

BENTO, L. F.; CANEPPELE, M. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; KOBAYASTI, L.; CANEPPELE, C.; ANDRADE, P. J. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v.71, n.1, p.44-49, 2012.

BEUCHAT, L. R. Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Food Word*, São Paulo, v.26, n.7, p.345-349, 1981.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA; L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p.224-230, 2015.

BORÉM, F. M.; SILVA, R. F.; HARA, T.; MACHADO, J. C. Efeito de um equipamento modificador de atmosfera no estabelecimento de fungos em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em ambientes de elevada temperatura e umidade relativa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.3, n.1, p.13-20, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 2009. 399p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, Instrução normativa n.11, de 15 de maio de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.93, p.13-15, 2007. Seção 1. Disponível

em:

<<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>> Acesso em: 30/03/2015.

CANO-CHAUCA, M., RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, P. I. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água de banana passa. *B.CEPPA*, Curitiba, v.22, n.1, p.121-132, 2004

COUTO, S. M.; ALVARENGA, L. C. Resistência de sementes de soja aos impactos - Energia limite. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v.23, n.2, p.03-09, 1998.

FERREIRA, S. B. *Interações socioeconômicas no sistema soja e prejuízos causados por Euschistus heros (Hemiptera: Pentatomidae)*. 2013. Dissertação (Mestrado) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO. 72 f.

GARCIA, D. M. *Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas de integração avícola*. 2004. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 50f.

GOMES, D. P.; KRONKA, A. Z.; BARROZO, L. M.; SILVA, R. P.; SOUZA, A. L.; SILVA, B. M. S., PANIZZI, R. C. Efeito da colhedora, velocidade e ponto de coleta na contaminação de sementes de soja por fungos. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.31, n.3, p.160-166, 2009.

GONÇALVES, L. C.; RIBEIRO, A. P. C.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. *Biochemistry and biotechnology reports*, v.3, n.1, p.33-40, 2014.

GOULART, A. C. P. *Fungos em sementes de soja: detecção e importância*. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. 58p.

LAZZARI, F. A. *Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações*. 2. ed. Curitiba: [s.n.], 1997. 148 p.

MAZIERO, M. T.; BERSOT, L. S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.12, n.1, p.89-99, 2010.

ORDÓÑEZ, J. A. *Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos*. Porto Alegre: Artmed, 2005, 294p.

PANIZZI, A. R.; SMITH, J. C.; PEREIRA, L. A. G.; YAMASHITA, J. Efeito de danos de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) no rendimento e qualidade da soja. In: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja. 1978, Londrina. Resumos... Londrina: EMBRAPA – CNPSo, p.59-78, 1979.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.4, p.358-363, 2015.

PRADO, G.; MATTOS, S. V. M.; PEREIRA, E. C. Efeito da umidade relativa na contaminação microbiana e produção de aflatoxinas em amendoim em grão. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.11, n.2, p.264-273, 1991.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S.; CECON, P. R. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.17, n.4, p.323-333, 2009.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.30, n.1, p.118-125, 2006.

SILVA, C. M. M. S.; MELO, I. S. Requisitos nutricionais para o fungo *Alternaria alternata*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.3, Brasília, p.449-503, 1999.

SWEENWEY, M. J.; DOBSON, A. D. W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v.43, n.03, p.141-158, 1998.

TRAVAGLIA, D. P. *Crescimento de Aspergillus flavus e produção de aflatoxina em grãos de milho armazenados sob diferentes temperaturas*. 2011. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 50f.

VALARINI, P. J.; VECHIATO, M. H.; LASCA, C. C. Sobrevivência de fungos associados a sementes de arroz (*Oryza sativa*) em duas condições de armazenamento. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.15, n.3, p.173-176, 1990.

CONCLUSÃO GERAL

Grãos com elevada danificação por percevejo na lavoura, quando armazenados, se deterioram com o aumento da temperatura e do tempo.

Não se recomenda armazenar grãos de soja atacados por percevejo, com teor de água de 13,84% (bu), em temperaturas acima de 30 °C, por tempo maior que quatro meses.

Altas temperaturas e períodos de armazenamento propiciam aumento da porcentagem de grãos danificados-fermentados, grãos avariados e da condutividade elétrica dos grãos, o que resulta na perda da qualidade do produto.

Grãos de soja armazenados com teor de água de 13,84% (bu) a 35 °C, que não apresentaram danificação causada por percevejo, fermentam após seis meses de armazenamento.

Grãos danificados por percevejo evoluem para grãos fermentados ao longo do tempo.

O aumento da temperatura propicia redução dos parâmetros da cor luminosidade, coordenada b*, ângulo hue e croma da massa de grãos de soja danificados.

O aumento de temperatura e do tempo de armazenamento reduz a massa dos grãos de soja e propicia perda da cor original dos grãos com alta danificação por percevejo na lavoura. Grãos com maior teor de água apresentam menos brilho.

O teor e a qualidade do óleo extraídos dos grãos de soja se reduzem com o tempo, independentemente do teor de água de armazenamento.

O teor de água e as temperaturas ao longo do armazenamento influenciam a qualidade sanitária dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura. Quanto maior o teor de água e a temperatura de armazenamento, maior é a atividade de água dos grãos de soja danificados por percevejo.

Com o aumento do teor de água dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, ocorre incremento na ocorrência de fungos.