



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICA DURANTE
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO COM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE
SEMENTE**

PRISCYLLA MARTINS CARRIJO PRADO

Orientador:

Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

Fevereiro - 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES
ELETRÔNICAS DE TESES
E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese

2. Nome completo do autor

Priscylla Martins Carrijo Prado

3. Título do trabalho

**PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICA DURANTE
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO COM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE
SEMENTES**

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: **a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.
Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica; -
Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **PRISCYLLA MARTINS CARRIJO PRADO**, Discente, em 23/07/2020, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Manoel Soares Soares Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 23/07/2020, às 12:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código

verificador **1451888** e o código CRC **5D97B669**.

Referência: Processo nº 23070.008422/2020-57

SEI nº 1451888

PRISCYLLA MARTINS CARRIJO PRADO

**PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICA DURANTE
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO COM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE
SEMENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador:

Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

Coorientadores:

Profª Drª Marivone Moreira dos Santos

Profº Drº Márcio Caliari

Goiânia, GO – Brasil, 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Prado, Priscylla Martins Carrijo

Propriedades fisiológicas e físico-química durante armazenamento
de soja e milho com diferentes tecnologias de sementes [manuscrito]
/ Priscylla Martins Carrijo Prado. - 2020.

147 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Manoel Soares Soares Júnior; co
orientadora Dra. Marivone Moreira Santos; co-orientador Dr. Márcio
Caliari.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2020.

Anexos. Apêndice.

Inclui gráfico, tabelas.

1. Composição centesimal; . 2. Glycine max (L.Merr.). 3. Pós
colheita. 4. Vigor. 5. Zea mays L. I. Soares Júnior, Manoel Soares ,
orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

ATA Nº 04 DA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE PRISCYLLA MARTINS CARRIJO PRADO, QUE CONFERE O TÍTULO DE MESTRA EM AGRONOMIA, NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

Aos dezanove dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte (19.02.2020), às 09h00min, na sala nº. 206 do prédio Pequi da Escola de Agronomia da UFG, foram instalados os trabalhos pela co-orientadora e presidente da Banca Examinadora, Prof^ª. Dr^ª. Marivone Moreira dos Santos - EA/UFG, com a participação dos demais membros: Prof^ª. Dr^ª. Elí Regina Barboza de Souza - EA/UFG e Dr^ª. Aline Emannuele Chaves Ribeiro - EA/UFG, para a realização da sessão pública da defesa de Dissertação intitulada: **Alterações nas propriedades fisiológicas e físico-químicas durante o armazenamento de soja e milho de diferentes tecnologias de sementes**, de autoria de **Priscylla Martins Carrijo Prado**, discente do curso de **Mestrado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG. A presidente da sessão apresentou formalmente os membros da Banca Examinadora e em seguida passou a palavra a mestrande que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, a candidata foi arguida pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFG, a Banca Examinadora considerou a Dissertação “**APROVADA**”, com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRA** em Agronomia, na área de concentração em **PRODUÇÃO VEGETAL**, pela Universidade Federal de Goiás. A mestrande poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Dissertação à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Dissertação, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Proclamados os resultados pela Prof^ª. Dr^ª. Marivone Moreira dos Santos, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dezanove dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte (19.02.2020).

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

**PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICA DURANTE
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO COM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE
SEMENTES**



Documento assinado eletronicamente por **Alline Emannuele Chaves Ribeiro, Usuário Externo**, em 04/03/2020, às 15:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marivone Moreira Dos Santos, Professor do Magistério Superior**, em 13/05/2020, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eli Regina Barboza De Souza, Professor do Magistério Superior**, em 13/05/2020, às 17:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código

verificador **1175576** e o código CRC **9DB65A0B**.

Referência: Processo nº 23070.008422/2020-57

SEI nº 1175576

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, João Carlos Martins do Prado e Aparecida de Jesus Carrijo Prado e à minha irmã Gabriella Martins Carrijo do Prado, por todo apoio e carinho ao longo desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus sob todas as coisas, mas principalmente por todas as oportunidades concedidas.

Agradeço à minha família, que se mostrou presente durante todo o percurso, me apoiando e dando forças sempre que necessário. Ao meu namorado, Bruno Calegari, pelo incentivo, amor e companheirismo.

Agradeço aos professores por todo o conhecimento adquirido e por todas as vezes que nos fazem perceber o quanto somos capazes. Ao meu orientador Prof^o. Dr^o. Manoel Soares Soares Júnior e co-orientadores Prof^a. Dr^a Marivone Moreira dos Santos e Prof^o. Dr^o. Márcio Caliarí, minha imensa gratidão por tudo que contribuíram, sendo possível chegar até aqui.

Agradeço aos membros da banca de qualificação e defesa, por aceitarem o convite e pela contribuição com correções e sugestões para melhoria do trabalho.

Agradeço a toda equipe do laboratório (Labdarsa), Gabriela Coutinho, Alline Chaves, Érica Resende, Ítalo Careli e Aryane Oliveira, pela disponibilidade, troca, companheirismo e amizade durante estes dois anos.

Agradeço à instituição de fomento Capes, pela bolsa concedida para estudo e realização do projeto, e a Universidade Federal de Goiás (UFG) pela oportunidade e infraestrutura disponibilizada nos laboratórios de sementes (Lasem) e de aproveitamento de resíduos e subprodutos agroindustriais (Labdarsa).

Sou muito grata a todos que colaboraram com essa conquista.

Muito obrigada!

Sumário

RESUMO GERAL.....	12
GENERAL ABSTRACT	13
1 USO E QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA E MILHO PRODUZIDAS COM DIFERENTES TECNOLOGIAS NO BRASIL.....	14
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	17
1.2.1 Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	17
1.2.2 Milho (<i>Zea mays</i> (L.)).....	20
1.2.3 Armazenamento e qualidade de sementes.....	23
1.3 CONCLUSÃO.....	25
1.4 REFERÊNCIAS	25
2 PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE SEMENTE DE SOJA COM TECNOLOGIA IPRO DURANTE O ARMAZENAMENTO COM E SEM CONTROLE AMBIENTAL	31
2.1 INTRODUÇÃO	34
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.2.1 Material	35
2.2.2 Métodos.....	35
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
2.4 CONCLUSÃO.....	52
2.5 REFERÊNCIAS	53
3 PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE SEMENTES DE SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA DURANTE O ARMAZENAMENTO COM E SEM CONTROLE AMBIENTAL	57
3.1 INTRODUÇÃO	60
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
3.2.1 Material	61
3.2.2 Métodos.....	61
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
3.4 CONCLUSÃO.....	80

3.5	REFERÊNCIAS	81
4	PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E QUÍMICAS DE SEMENTES DE MILHO (CONVENCIONAL E TRANSGÊNICAS) DURANTE O ARMAZENAMENTO COM E SEM CONTROLE AMBIENTAL	85
4.1	INTRODUÇÃO	88
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	90
4.2.1	Material	90
4.2.2	Métodos.....	90
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
4.4	CONCLUSÃO.....	104
4.5	REFERÊNCIAS	104
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
	APÊNDICES	110
	ANEXOS	147

RESUMO GERAL

PRADO, P. M. C. Propriedades fisiológicas e físico-químicas durante armazenamento de soja e milho com diferentes tecnologias de semente. 2020. 11 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

A soja e o milho, por apresentarem grande importância na economia brasileira, são melhorados geneticamente (transgênicos) a fim de facilitar o manejo da lavoura e apresentar maiores rendimentos para o produtor. Porém, informações de pós-colheita sobre essas tecnologias ainda são escassas, uma vez que sementes transgênicas vêm apresentando decréscimo significativo na sua qualidade ao longo do armazenamento, em comparação a cultivares convencionais. A partir dessa informação, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as alterações nas propriedades fisiológicas e físico-químicas de sementes de soja e milho durante o armazenamento em condições controladas (temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle (condições ambientais). Foram realizadas análises periódicas de germinação, tetrazólio, condutividade elétrica, umidade, cinzas, lipídios, proteína, pH, acidez, atividade de água e cor, durante 360 dias. O tempo e a condição de armazenamento provocaram alterações na maioria das características físico-químicas e em todas as propriedades fisiológicas avaliadas das sementes de soja das cultivares NS 7780 IPRO, BRS 284, Desafio RR e de milho das cultivares 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO. As condições ambientais em que as sementes foram submetidas preservou a germinação da cultivar de soja NS 7780 IPRO e das cultivares de milho 30S31 VYHR e AG 5055 PRO por apenas 90 dias; das cultivares BRS 284 e Desafio RR por 180 dias; e a cultivar de milho convencional (30S31) não foi afetada durante os 360 dias de armazenamento. Em condições controladas, as propriedades fisiológicas da cultivar de soja NS 7780 IPRO, a viabilidade e germinação da cultivar de soja Desafio RR e das cultivares de milho 30S31 e AG 5055 PRO foram mantidas por todo armazenamento. Mas a viabilidade das sementes das cultivares de soja BRS 284 e de milho AG 5055 PRO e o vigor da cultivar de soja Desafio RR foram conservados por 180 dias, a germinação das sementes da cultivar de milho 30S31 VYHR foi mantida por 270 dias; enquanto que as demais propriedades fisiológicas permaneceram abaixo do exigido para comercialização desde os 90 dias.

Palavras-chave: composição centesimal; *Glycine max* (L. Merr); pós-colheita; vigor; *Zea mays* (L.).

¹Orientador: Prof^o Dr^o Manoel Soares Soares Júnior

Coorientadores: Prof^a Dr^a Marivone Moreira dos Santos e Prof^o Dr^o Márcio Caliani

GENERAL ABSTRACT

PRADO, P. M. C. Physiological and physicochemical properties during storage of soybeans and corn with different seed technologies. 2020. 11 f. Dissertation (Masters in Agronomy: Vegetables production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

Soy and corn, as they are of great importance in the Brazilian economy, are genetically improved (transgenic) in order to facilitate crop management and provide greater yields for the producer. However, post-harvest information on these technologies is still scarce, since transgenic seeds have been showing a significant decrease in their quality during storage, compared to conventional cultivars. Based on this information, the objective of this research was to evaluate changes in the physiological and physical chemical properties of soybean and corn seeds during storage under controlled conditions (temperature of 12 ° C $\pm$ 2 and relative humidity of 70% $\pm$ 5) and without control (environmental conditions). Periodic analyzes of germination, tetrazolium, electrical conductivity, humidity, ash, lipids, protein, pH, acidity, water and color activity were carried out during 360 days. The storage time and condition caused changes in most of the physicochemical characteristics and in all the physiological properties evaluated of the soybean seeds of cultivars NS 7780 IPRO, BRS 284, Desafio RR and corn of cultivars 30S31, 30S31 VYHR and AG 5055 PRO. The environmental conditions in which the seeds were submitted preserved the germination of the soybean cultivar NS 7780 IPRO and of the corn cultivars 30S31 VYHR and AG 5055 PRO for only 90 days; BRS 284 and Desafio RR cultivars for 180 days; and the conventional corn cultivar (30S31) was not affected during the 360 days of storage. Under controlled conditions, the physiological properties of the soybean cultivar NS 7780 IPRO, the viability and germination of the soybean cultivar Desafio RR and the corn cultivars 30S31 and AG 5055 PRO were maintained throughout storage. But the viability of the seeds of the soybean cultivars BRS 284 and corn AG 5055 PRO and the vigor of the soybean cultivar Desafio RR were preserved for 180 days, the germination of the seeds of the corn cultivar 30S31 VYHR was maintained for 270 days; while the other physiological properties remained below that required for commercialization since 90 days.

Key words: centesimal composition; *Glycine max* (L.) Merrill; post-harvest; vigor; *Zea mays* (L.).

¹ Advisor: Prof^o Dr^o Manoel Soares Soares Júnior

Co-advisor: Prof^a Dr^a Marivone Moreira dos Santos e Prof^o Dr^o Márcio Caliani

CAPÍTULO 1

USO E QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA E MILHO PRODUZIDAS COM DIFERENTES TECNOLOGIAS NO BRASIL

Priscylla Martins Carrijo Prado¹; Marivone Moreira dos Santos¹; Márcio Caliari²; Manoel
Soares Soares Júnior¹²

¹Setor de Agricultura, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

²Setor de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

1.1 INTRODUÇÃO

A soja e o milho estão entre os principais grãos produzidos no mundo, sendo Estados Unidos (33,63%), Brasil (32,65%), Argentina (15,43%) e China (4,47%) os maiores produtores de soja, enquanto Estados Unidos (32,45%), China (22,92%), Brasil (9,00%) e União Europeia (5,72%) os maiores produtores de milho (USDA, 2020). A produção de soja e milho destaca o Brasil em nível mundial, principalmente devido a grande área cultivada e a condição de cultivo em sucessão dessas espécies. A soja é o grão mais produzido no país, com estimativa de 122,2 milhões de toneladas para a safra 2019/2020, enquanto o milho, segundo grão mais produzido, deve alcançar cerca de 98,7 milhões de toneladas na safra 2019/2020, considerando a colheita da safra de verão (primeira safra), de inverno (safrinha) e terceira safra (Conab, 2020).

Um aumento progressivo na produtividade da soja e do milho tem sido observado, provavelmente devido ao uso de maior volume de insumos agrícolas e também em função da biotecnologia agrícola, com a utilização de organismos geneticamente modificados (OGM) para resistência a estresses. No mercado brasileiro de sementes de soja geneticamente modificadas as principais tecnologias disponíveis são: cultivares RR, resistente ao glifosato, princípio ativo de herbicidas como o Roundup Ready, como a cultivar Desafio RR, que também tem resistência à doença Cancro da Haste, e moderadamente resistente a doenças Mancha “olho-de-rã” e Pústula bacteriana, e ainda atinge alta produtividade, alcançando cerca de 102 sacas/ha em Cabeceiras-GO, na safra 2018/2019 (Brasmax, 2019); e cultivares Intacta RR₂ PRO ou IPRO, que além da resistência ao glifosato contém o gene de *Bacillus thuringiensis* (Bt), que possui ação inseticida sobre as principais lagartas da cultura (Karam; Gazziero & Vargas et al., 2015), como a cultivar NS 7780 IPRO, um dos destaques da empresa Nidera em 2018, indicada para a região central do Brasil (Lavoro, 2018).

Para o milho além da tecnologia Bt, usada em cultivares YieldGard, e YieldGard VT PRO, que minimiza as perdas por lagartas da ordem Lepidoptera, reduzindo o uso de inseticidas e aumentando a produtividade (Patterniani, 2002), como a cultivar AG 5055 PRO, que possui alta tolerância às doenças foliares, como a Cercóspora e Polysora, podendo ser usada tanto para produção de grãos quanto para silagem (Agrocere, 2019); ainda há materiais que unem genes Bt com a resistência ao glifosato, sendo os materiais Víptera, VT PRO 2, VT PRO 3 (Pereira Filho & Borgui, 2016), como a cultivar 30S31

VYHR que pode ser plantada em primeira e segunda safra, tolerando condições de estresse hídrico e possuindo elevado potencial produtivo (Pioneer, 2019).

Metade da área total cultivada com transgênicos pertence a cultivares de soja, cerca de 94,1 milhões de hectares, sendo a cultura que mais utiliza essa biotecnologia. O rápido desenvolvimento das culturas leva a benefícios econômicos para os agricultores, reduzindo o uso de pesticidas químicos e aumentando o rendimento (Liu et al., 2019). Na safra 2016/2017, 88,4% dos materiais de milho utilizados apresentavam alguma transgenia (Nogueira et al., 2017) e para a soja, na safra 2017/2018, 95% da área plantada foi com transgênicos, 50% com tecnologia Intacta (IPRO) e 45% com resistência somente ao herbicida glifosato (Roundup® - RR) (Almeida et al., 2017). Contudo, apesar dos benefícios, as informações sobre produção e principalmente pós-colheita das diversas tecnologias exigentes no mercado ainda são escassas.

Sabe-se que durante o armazenamento ocorrem perdas no potencial fisiológico das sementes de soja e milho, e que o tempo e as condições de temperatura e umidade relativa do ar são fatores cruciais para preservar a qualidade (Ávila et al., 2011; Baoua et al., 2014; Smaniotto et al., 2014). Com isso, os produtores de sementes que guardam parte da sua produção para semeadura, o que é regulamentado na Lei Federal nº 10.711/2003 e no Decreto nº 5.153/2004 (Brasil, 2003; 2004), que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas, devem monitorar as condições de armazenamento dos produtos, visando manter a qualidade para o uso na próxima safra, incluindo aqueles que possuem e os que não possuem câmara fria nas suas propriedades. Além disso, para produtores que adquirem as sementes em uma empresa, recebem um produto que permaneceu armazenado sob condições de temperatura e umidade controladas, se não forem semeadas imediatamente, ou não permanecerem em locais que vão manter as propriedades inalteradas e sem riscos de alterações fisiológicas, podem ter sua qualidade reduzida significativamente (Brandelero et al., 2019).

Pesquisas também apontam redução do valor nutricional em sementes de várias espécies, como o *Crambe abyssinica* (Donadon et al., 2015) e a *Moringa oleifera* (Oliveira, 2017). Isto desencadeia a degradação das reservas, fonte de nutrientes para o desenvolvimento da semente, composta principalmente por carboidratos, lipídeos e proteínas (Sales et al., 2016). A degradação destes nutrientes pode influenciar no potencial fisiológico e, conseqüentemente na eficiência da semeadura (redução do estande), causando prejuízos aos produtores. Contudo, ainda faltam informações a respeito das

alterações em sementes de soja e milho, principalmente em cultivares transgênicas, além da correlação entre as alterações da composição proximal com a qualidade fisiológica. Neste contexto, o objetivo desta revisão foi abordar aspectos relacionados ao uso e qualidade no armazenamento das sementes de soja e milho com diferentes tecnologias no Brasil.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Soja (*Glycine max* (L.) Merrill)

A soja tem importância significativa na economia brasileira, pois contribui com cerca de 50% da produção nacional de grãos. Das 60,6 milhões de toneladas de grãos produzidos na safra 2018/2019, a oleaginosa participou com 35,9 milhões de toneladas. Essa alta produção destacou o país como o segundo maior produtor e o maior exportador de soja em nível mundial. A região Centro-Oeste contribuiu com 45,5% de toda produção de soja, sendo o Mato Grosso o maior produtor, seguido pelos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (Conab, 2020).

Para a industrialização, o maior interesse na soja é em relação ao seu alto teor de proteínas (cerca de 40%) e de óleo (aproximadamente 20%), porém essa *commodity* também apresenta significativo valor de carboidratos (aproximadamente 35%) e minerais, como ferro, cálcio, fósforo, potássio e vitaminas, importantes para a saúde humana e animal (Gavioli et al., 2012; Sales et al., 2016). O grão é muito utilizado na composição de rações para alimentação animal, sendo aproveitados quase todos os elementos desse produto. A casca do grão de soja é energética e proteica, o resíduo oriundo da limpeza da soja é considerado um material energético e o farelo de soja (subproduto oriundo da extração do óleo de soja) alcança elevado teor de proteínas, por isso sua alta valorização (Mateus et al., 2018).

A região Centro-Oeste propicia condições ideais de clima e solo para o desenvolvimento da cultura da soja, contudo é indispensável o monitoramento das condições climáticas para planejar o manejo correto da lavoura. A semeadura da soja é realizada na época das chuvas, de setembro a dezembro, sendo que a escolha correta do período desta etapa pode interferir em vários aspectos da produção, principalmente na

produtividade, além da estatura das plantas e na colheita, que afetam diretamente a qualidade do produto (Guimarães et al., 2008; Freitas, 2011).

Os agricultores comumente esperam precipitações entre 80 e 100 mm para iniciar o plantio, visando alcançar condições de solo propícias para a germinação e posterior desenvolvimento das plântulas. O solo deve ser bem manejado, pois quando compactado permite o acúmulo de água e, conseqüentemente, a incidência de insetos e doenças (Silva Neto & Silva, 2010). A partir do histórico de cultivo e monitoramento das condições ambientais, empresas de pesquisa agrícola desenvolvem calendários para acompanhar a produção de soja nacional, expondo limites para sua semeadura (Figura 1). Antecipar ou adiar a semeadura para fora do período recomendado pode ocasionar efeitos negativos à rentabilidade da cultura, devido às condições climáticas adversas (Garcia et al., 2018). Desta forma, as sementes de soja ficam armazenadas entre duas safras por aproximadamente nove meses, sendo importante o estudo pós-colheita acerca da manutenção da qualidade fisiológica e fitossanitária das sementes (Fontes & Mantovani, 1993).

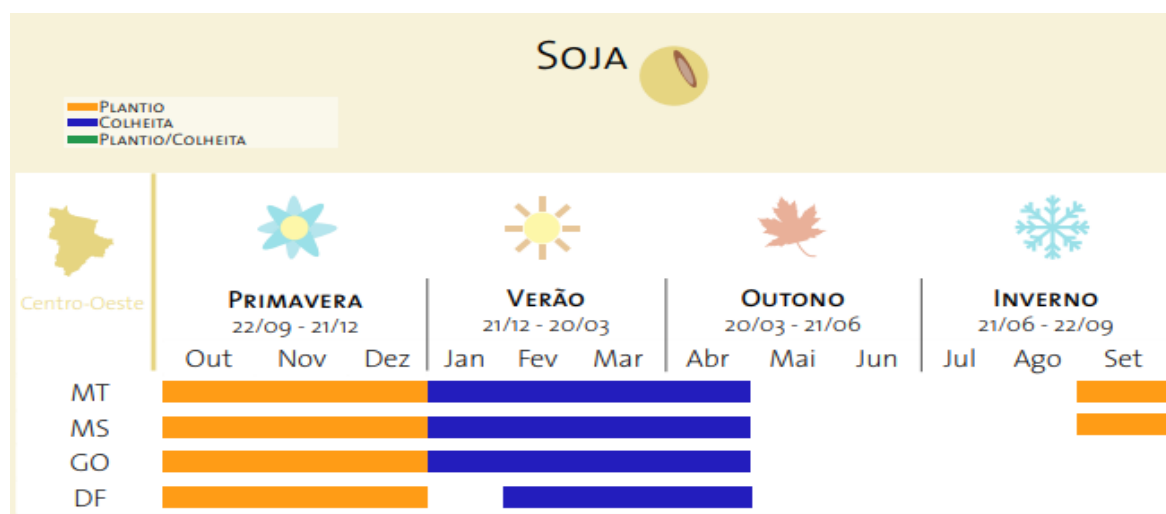


Figura 1. Calendário com limites para semeadura e colheita de soja na região Centro-Oeste (Conab, 2018).

O genótipo da soja, além de afetar a produtividade, pode influenciar na tolerância ao estresse térmico e hídrico das sementes durante o armazenamento (Fontes & Mantovani, 1993). Atualmente, está disponível no mercado brasileiro sementes de soja geneticamente modificadas com diferentes tecnologias: cultivares RR, resistentes ao glifosato, princípio ativo de herbicidas como o Roundup Ready; cultivares RR₂ IPRO ou

Intacta, que além da resistência ao glifosato possui o gene de *Bacillus thuringiensis* (Bt), que possui ação inseticida sobre as principais lagartas da cultura; cultivares Liberty Link, resistente a herbicidas a base de glufosinato de amônio; e cultivares com a tecnologia Cultivance, tolerante a herbicidas do grupo imidazolinonas; além das cultivares tradicionais não transgênicas (Karam; Gazziero & Vargas, 2015).

Os materiais geneticamente modificados estão cada vez mais presentes na produção nacional. Na safra 2017/18 cerca de 50% da área de soja foi cultivada com a cultivar Intacta, 45% com soja RR e 5% com a soja convencional, demonstrando que os produtores estão consumindo cada vez mais as sementes transgênicas (Conab, 2018).

Carvalho et al. (2014) observaram que sementes de soja de tecnologia RR, armazenadas sem controle de temperatura em armazém convencional, preservam sua qualidade por seis meses e, após esse período, a germinação das sementes tende a reduzir cerca de 40%. Smaniotto et al. (2014), nas mesmas condições de estocagem de sementes de soja da mesma tecnologia do estudo citado acima, constataram reduções de até 25% na germinação após seis meses de armazenamento, contudo afirmaram que o teor de água das sementes influenciou na conservação da sua qualidade. Em cultivares com tecnologia Intacta, Rocha et al. (2017) observaram redução do vigor, porém sementes da cultivar M 7739 IPRO ainda apresentaram germinação superior a 80% tanto em armazém convencional, quanto em climatizado, após 120 dias de armazenamento. E quando comparada à tecnologia RR, Michelin & Bonetti (2019) constataram menor variação do poder germinativo na cultivar BMX 50I52 RSF IPRO durante 150 dias em condições ambientais.

Greggio & Bonini (2014) avaliaram a composição físico-química de amostras de soja, coletadas aleatoriamente em armazéns de uma cooperativa do Paraná, e observaram que o tempo foi o principal fator para o aumento de acidez do óleo bruto extraído dos grãos, sendo maior o custo para refino desse material; além de verificarem perdas de matéria graxa e proteína, essenciais para o rendimento de óleo e a qualidade do farelo de soja, respectivamente. E concluíram que, para conservar a qualidade fisiológica e físico-química das sementes de soja por longos períodos, devem-se controlar ao máximo as condições de armazenamento das sementes/grãos. Gonçalves et al. (2014) observaram teores de cinzas e lipídios inferiores para cultivar transgênica com tecnologia RR, assim como Mardegan et al. (2008) para teores de proteína, quando comparadas a cultivares convencionais. Hartmann Filho et al. (2016) constataram influência negativa do

armazenamento para as propriedades físico-químicas, em que o teor de lipídios reduziu 2,71% após 180 dias em recipientes metálicos não herméticos sob condição ambiental, e indicaram que os fatores de armazenagem (condição e tempo) influenciam para a redução de matéria seca, sendo lipídios e proteína os principais constituintes.

1.2.2 Milho (*Zea mays* (L.))

O milho é o segundo grão mais produzido no Brasil, junto com a soja corresponde a cerca de 90% da produção nacional de grãos. Na safra 2018/2019 a produção total de grãos de milho alcançou aproximadamente 17,5 milhões de toneladas. A região Sul se destacou como a maior produtora de milho primeira safra, e a região Centro-Oeste como a maior produtora de milho segunda safra (safrinha), sendo do estado de Mato Grosso a maior produção, seguido pelo Mato Grosso do Sul e Goiás (Conab, 2020).

Alguns países, incluindo o Brasil, tem esse alimento como fonte direta ou indireta de nutrientes. O grão de milho é composto por carboidratos (80%), sendo o amido o principal nutriente utilizado a partir do processamento desse cereal, cerca de 10% são de proteína e os outros 10% de gorduras e cinzas. Com o armazenamento, algumas propriedades nutricionais tendem a reduzir, como o teor de proteína e de gordura dos grãos, demonstrando que os produtores além de se atentarem as perdas quantitativas dos produtos, devem se preocupar também com a qualidade da massa de grãos, que pode comprometer o valor comercial (Schuh et al., 2011; Tiecker Junior et al., 2014).

Diferente da soja, a produção de milho se dá em duas épocas distintas, de acordo a região produtora. Na região Centro-Oeste, conforme calendário de plantio, o milho primeira safra ou safra principal é produzido na época das chuvas, com semeadura variando de outubro a dezembro, e o milho segunda safra ou safrinha é cultivado na seca, com semeadura de janeiro a março, normalmente em sucessão ao cultivo da soja precoce (Figura 2) (Conab, 2018).

O alto rendimento da cultura de milho está relacionado ao manejo correto combinado com o uso de biotecnologia. Para cada época e região de semeadura são indicadas diferentes cultivares de milho. Pode-se encontrar cultivares de milho híbrido simples, duplos, triplos e variedades. O híbrido de milho simples é o cruzamento de duas linhagens de milho puras; o duplo é o cruzamento entre duas linhagens de híbrido simples; e o triplo é o cruzamento de uma linhagem de híbrido simples com uma linhagem pura,

sendo indicados para produção com média e alta tecnologia, por possuírem maior potencial produtivo (Cruz; Pereira Filho & Silva, 2013).

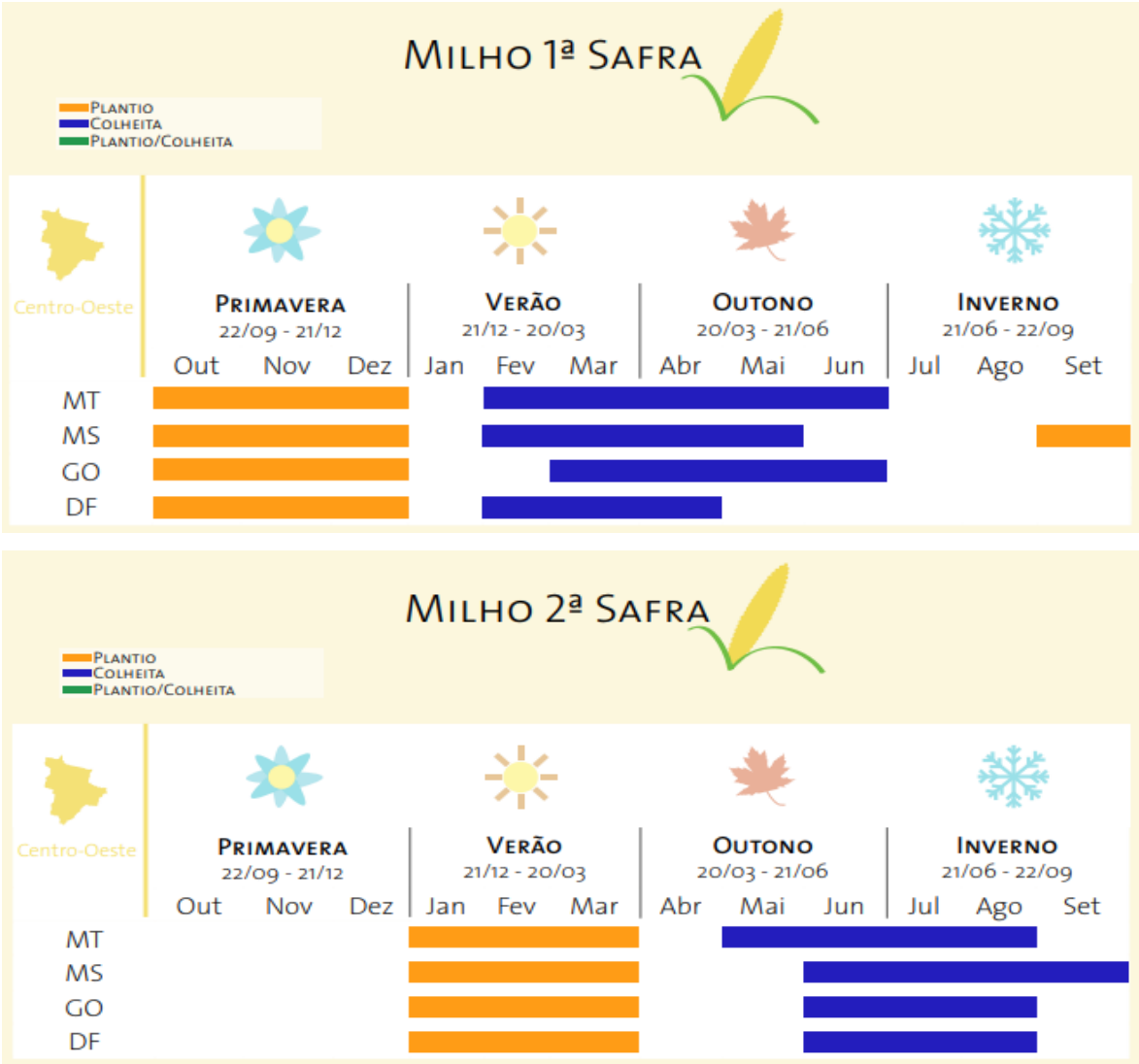


Figura 2. Calendário com limites para semeadura e colheita de milho 1ª e 2ª safra na região Centro-Oeste (Conab, 2018).

A tecnologia transgênica também está disponível em materiais de milho, uma das mais utilizadas é a tecnologia Bt, que minimiza as perdas por lagartas da ordem Lepidoptera, reduzindo o uso de inseticidas e aumentando a produtividade (Parteniani, 2002). Além da tecnologia Bt (YieldGard, YieldGard VT PRO), o milho também possui tecnologia resistente ao herbicida à base de glifosato (Agrisure TG da Syngenta) e ao herbicida a base de glufosinato de amônio (Liberty Link). Há materiais que unem genes Bt com a resistência ao glifosato (Víptera, VT PRO 2, VT PRO 3), com resistência ao glufosinato de amônio (Herculex, Agrisure TL, TC_{1507x}MON₈₁₀) e ao glifosato e ao

glufosinato de amônio (Power core, HX-YG-RR₂). Há ainda a tecnologia Leptra, que une cinco outras tecnologias (Agrisure, Viptera, YieldGard, Herculex, e Liberty Link), e a mais recente a Conkesta, que une as proteínas Bt com a resistência ao glifosato, ao glufosinato de amônio e ao ácido diclorofenoxiacético (Pereira Filho & Borgui, 2016).

Para a safra 2016/17, em 88,4% da área de milho plantada (1^a e 2^a safra) foram utilizadas cultivares transgênicas, sendo 63,9% cultivares com tecnologia resistente a insetos e tolerante a herbicidas, 20,7% com milho resistente a insetos e 3,8% com a tecnologia tolerante a herbicida (Nogueira et al., 2017). É importante considerar todas as informações das empresas para a escolha da cultivar e do manejo adequado para cada região. Além disso, há regras que devem ser seguidas, como a implantação de uma área de refúgio para evitar o desenvolvimento de uma população de pragas resistentes, com o intuito de garantir a eficiência da tecnologia por várias safras (Cruz; Pereira Filho & Silva, 2013).

Além dos insetos, outra preocupação durante o manejo da cultura do milho é com relação aos fungos, que muitas vezes são disseminados na lavoura através das sementes. Se as sementes apresentarem o inóculo poderá resultar em uma severa doença, infectando áreas novas e reduzindo o valor comercial do produto (Henning, 2005). Por estes fatores, indica-se a utilização de sementes saudáveis, livre de contaminações, para evitar a proliferação de patógenos no campo, que afetam a produção em quantidade e qualidade e, principalmente, visando garantir um armazenamento seguro dos produtos após a colheita (Cruz; Pereira Filho & Silva, 2013).

No armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes de híbridos de milho pode reduzir de acordo com as condições e o período de armazenamento. Sementes de milho convencional tratadas e armazenadas por doze meses reduziram cerca de 20% o seu vigor após nove meses em condição ambiente (Marincek et al., 2002). Em sementes de milho, grupo semi-duro, armazenados em condições semelhantes ao estudo anterior, a qualidade fisiológica zerou após 90 dias para amostras armazenadas a 35 °C, e para as outras temperaturas (5 °C, 15 °C e 25 °C) a redução foi notada com maior evidência após seis meses de armazenamento, alterando o produto que inicialmente era tipo 1 (conforme classificação de grãos) para tipo 2 ou 3 (Paraginski et al., 2015). Com relação à qualidade fisiológica de materiais de diferentes tecnologias, alguns autores constataram qualidade superior em transgênicos durante o armazenamento, quando comparado a cultivares

convencionais (Vazquez; Cardoso & Peres, 2014; Reis et al. 2011), possivelmente devido aos ganhos genéticos ao combinar diversas linhagens em um único material.

1.2.3 Armazenamento e qualidade de sementes

Dentre as etapas da pós-colheita, o armazenamento tem grande importância para a conservação da qualidade dos produtos, sendo necessário mantê-los pelo maior tempo possível sem que ocorra nenhuma alteração significativa na quantidade ou qualidade do produto (Thurgood; Ward & Martini, 2007). É comum alguns produtores guardarem parte de sua produção para semeadura na próxima safra. Contudo para garantir o vigor e a viabilidade desse material, as condições de armazenamento devem ser seguras e constantemente controladas, fato bastante estudado a fim de prolongar a qualidade das sementes, reduzindo perdas na produção (Bragantini, 2005).

A longevidade das sementes armazenadas é influenciada pela época e umidade de colheita, qualidade sanitária, tipo e regulagem das máquinas de processamento, tipo de armazenamento (a granel ou em sacarias), tipo de embalagem empregada (permeável, semipermeável ou impermeável), e, principalmente, pelo controle das condições de armazenamento (umidade relativa do ar e temperatura), que são fatores limitantes para as atividades metabólicas dos produtos (Scheepens et al., 2011).

O clima de grande parte dos estados brasileiros é adverso ao armazenamento de produtos por longos períodos. Para preservar a qualidade fisiológica, cada espécie possui exigências específicas em relação às condições de armazenamento. Por conta da interferência do teor de água na formação e desenvolvimento das sementes, indica-se teor de água entre 10 e 13% para armazenamento de milho e soja. Com este teor de umidade o metabolismo é praticamente nulo e a taxa respiratória baixíssima, o que assegura a qualidade fisiológica, pela reduzida velocidade de degradação dos nutrientes das sementes. Nesta condição as sementes, como a da soja e do milho, podem ser armazenadas por períodos longos sem perderem a viabilidade. Contudo, em limites inferiores, abaixo de 4% de umidade, os danos nas sementes podem ser irreversíveis (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Ainda para sementes de soja indica-se o armazenamento em condições refrigeradas, cerca de 20 °C, que reduz a incidência de patógenos e o processo de respiração das sementes, permitindo ao produtor preservar a viabilidade do seu produto para a próxima safra (Smaniotto et al., 2014; Ferreira et al., 2017). E para o milho,

indicam-se temperaturas de 5 a 25 °C (Paraginski et al., 2015), que garantem a qualidade fisiológica por seis meses de armazenamento. Além disso, considera-se que para cada 5 °C de aumento da temperatura, a longevidade das sementes é reduzida a metade, para temperaturas entre 0 e 50 °C (Fontes & Mantovani, 1993). Schons et al. (2018), no estado do Piauí, encontraram maior viabilidade em sementes de soja, cerca de 70%, em condição de armazenamento de armazém (ambiente), quando comparado com ambientes de câmara fria (10 °C e 70% UR) e silo bolsa (hermético), que obtiveram médias variando em torno de 55% após 180 dias. Estes autores explicaram que o teor da água das sementes eram baixos, o que conservou a qualidade mesmo em condições adversas. Ferreira et al. (2017) concluíram que o ambiente resfriado preserva a qualidade de sementes de soja por cerca de 225 dias, quando comparado ao não resfriado.

As embalagens dos produtos armazenados também podem interferir na conservação da qualidade. Silva et al. (2010) armazenaram sementes de arroz, milho e feijão em quatro tipos de embalagens: polietileno tereftalato (PET), plástico com espessura de 0,10 mm, polipropileno trançado e papel. Eles constataram que a embalagem impermeável (PET) foi a mais eficiente na manutenção da qualidade das sementes armazenadas por oito meses, reduzindo a germinação em apenas 3% para feijão e milho e 8% para arroz, durante o condicionamento. Para a embalagem de polipropileno trançado, menos eficiente, a redução foi de 16% para arroz, 10% para feijão e 6% para milho. O mesmo ocorreu na pesquisa de Bessa et al. (2015) que armazenaram crambe em diferentes embalagens, verificando que a de polietileno conservou a qualidade do produto por seis meses.

Além da qualidade fisiológica, a composição físico-química da semente pode ser afetada durante o armazenamento. A semente é um forte dreno na planta, que necessita do acúmulo de reservas para cumprir seu papel de perpetuar a espécie, a partir da germinação. Os tecidos de reserva das sementes de soja podem apresentar cerca de 40% de proteínas, 20% de óleo, 35% de carboidratos e 5% de outros elementos. Para o milho 73% são amido, 9% proteína, 4% lipídeos, 2% açúcares e 12% outros componentes (Magalhães et al., 2002; Sales et al., 2016). Segundo dados de Donadon et al. (2015) a qualidade físico-química de sementes de crambe foi afetada após nove meses de armazenamento, reduzindo o teor de proteína e de óleo. Para sementes de moringa, armazenadas em refrigerador doméstico por Oliveira (2017), houve manutenção na qualidade fisiológica por doze meses e após esse período, a deterioração foi relacionada à degradação de proteínas e lipídeos das

reservas das sementes. O que não se sabe, é o quanto os parâmetros físico-químicos estão correlacionados com as propriedades fisiológicas, afetando o potencial germinativo.

Para determinar a alteração do potencial germinativo das sementes alguns testes são realizados, como o de tetrazólio, que além de avaliar o vigor e a viabilidade das sementes, ainda fornece dados das causas que reduziram a qualidade da semente, como danos por umidade, danos mecânicos e danos causados por percevejos, a partir da coloração dos tecidos das sementes, em que a coloração vermelho carmim indica tecido vivo e vigoroso, o vermelho carmim forte é o tecido em deterioração e branco leitoso indica tecido morto. Além disso, é possível avaliar também, com o teste de envelhecimento acelerado, o vigor e a germinação da semente através da sua exposição a níveis adversos de temperatura e umidade relativa. Por conta do estresse causado pela condição de exposição, a velocidade de deterioração das sementes aumenta, ou seja, sementes com baixo vigor apresentam queda na viabilidade quando submetidas a essa situação e as sementes mais vigorosas tendem a serem menos afetadas, apresentando maior germinação (Krzyzanowski et al., 1999).

1.3 CONCLUSÃO

As culturas da soja e do milho são as principais na produção brasileira de grãos e para o sucesso da lavoura, a união da biotecnologia com sementes de boa qualidade são imprescindíveis. O armazenamento de sementes é uma das etapas pós-colheita que pode afetar negativamente as propriedades físico-químicas e fisiológicas, caso a temperatura, a umidade relativa do ar e o teor de água das sementes não forem ideais para conservar suas características. Contudo, ainda são necessários estudos mais aprofundados para determinar a manutenção da qualidade de diferentes tecnologias disponíveis no mercado de sementes, além da correlação entre propriedades físico-químicas e fisiológicas.

1.4 REFERÊNCIAS

AGROCERES. **Híbridos de Milho: AG 50 55 PRO**. 2019. Disponível em: <http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produtos.aspx> Acesso em: 10, jan., 2020.

ALMEIDA, V. E. S. de; FRIEDRICH, K.; TYGEL, A. F.; MELGAREJO, L.; CARNEIRO, F. F. Use of genetically modified crops and pesticides in Brazil: growing hazards. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 3333-3339, 2017.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. DE L.; ALBRECHT, L. P.; SCAPIM, C. A.; MANDARINO, J. M. G.; BAZO, G. L.; CABRAL, Y. C. F. Efeito do período de armazenamento nos teores de isoflavonas e na qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 149–161, 2011.

BAOUA, I. B.; AMADOU, L.; OUSMANE, B.; BARIBUTSA, D.; MURDOCK, L. L. PICS bags for post-harvest storage of maize grain in West Africa. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 58, p. 20–28, 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.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão..** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28p. (Documentos 187).

BRANDELERO, W.; BARBACOV, A.; ROSBACH, M. G. O.; VIEBRANTZ, C.; GIRARDI, L. B.; MAYER, A. R.; CASASSOLA, A. Vigor e viabilidade de sementes de soja em resposta a umidade durante o processo de armazenagem. **Brazilian Journal of Developed**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 342-350, 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003.** Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm> Acesso em: jan. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004.** Aprova o Regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças – SNSM, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5153.htm> Acesso em: jan. 2020.

BRASMAX. **Cultivares da região do cerrado: Produtividade.** 2019. Disponível em: <http://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-cerrado/> Acesso em: 10, jan., 2020.

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.

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

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, safra 2018/19, v. 7, n. 4 – Sétimo levantamento, Brasília, jan. 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 10 jan. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil 2017**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 22 out. 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SILVA, G. H. **Milho - cultivares para 2012/2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

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 Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 231-237, 2015.

FERREIRA, F. C.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; SOARES, V. N. Cooling of soybean seeds and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 385-392, 2017.

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

FONTES, R. A.; MANTOVANI, B. H. M. **Armazenamento de sementes**. Sete Lagoas: Embrapa-CNOMS, 1993, p. 61. (Circular Técnica 19).

GARCIA, R. A.; CECCON, G.; SUTIER, G. A. S.; SANTOS, A. L. F. Soybean-corn succession according to seeding date. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 1, p. 22-29, 2018.

GAVIOLI, I. L. C.; LEMOS, L. B.; FARINELLI, R.; CAVARIANI, C. Desempenho agrônômico e tecnológico de cultivares de soja convencional e com características especiais para a alimentação humana. **Journal of Agronomic Science**, Umuarama, v. 1, n. 1, p. 84-99, 2012.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C.; RIBEIRO, G. P.; SEIBEL, N. F. Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars. **BBR- biochemistry and biotechnology reports**, Londrina, 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.

GUIMARÃES, F. S.; REZENDE, P. M.; CASTRO, E. M.; CARVALHO, E. A.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 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**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 267–275, 2016.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: Noções gerais**. 2 ed., Embrapa Soja: Londrina, 2005, 52 p.

KARAM, D; GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L. A nova era biotecnológica na agricultura: situação dos novos eventos. **Revista Plantio Direto**, Caxias do Sul, v. 25, n. 145/156, p. 9-15, 2015.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LAVORO. **Portfólio de variedades Lavoro Agro**. 2019. Disponível em: https://lavoroagro.com.br/wp-content/uploads/2019/05/portfolio_sementes_lavoro_agro.pdf Acesso em: 10, jan., 2020.

LIU, W.; ZHANG, Z.; LIU, X.; JIN, W. iTRAQ-based quantitative proteomic analysis of two transgenic soybean lines and the corresponding non-genetically modified isogenic variety. **The Journal of Biochemistry**, Oxford, v. 167, n. 1, p. 67-78, 2019.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. 22p. (Circular Técnica 22).

MARDEGAN, F. U.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, E. F.; SILVA, J. A. V.; **Comparação da composição química entre cultivares de soja isogênicas convencionais e transgênicas**. Documentos 286, Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2008, p. 140-145.

MARINCEK, A.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; MACHADO, J. C. Qualidade de sementes de milho durante o armazenamento: efeito da época de colheita e tratamento com fungicida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 285, p. 495-511, 2002.

MATEUS, R. G.; PEREIRA, L. C.; JADOSKI, C. J.; GUILHERME, D.; ALVES, R. T. B. Composição químico-bromatológica de diferentes subprodutos da soja. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 11, n. 1, p. 79-85, 2018.

MICHELON, C.; BONETTI, L. P. Variação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares transgênicas de soja em decorrência do tempo de armazenamento. **Ciência & Tecnologia**, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 8-12, 2019.

NOGUEIRA, E.; OLIVEIRA, E.; DIAS, G.; ATTIE, J.; CUNHA, J.; PAIVA, V.; GALVÃO, A. **Adoção de biotecnologia 2016/17**. Céleres: Informativo biotecnologia IB17.01, Uberlândia, 2017.

OLIVEIRA, D. F. A. **Envolvimento das reações hidrolíticas na deterioração das sementes de *Moringa oleífera* Lam. durante o armazenamento.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2017.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. 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.

PARTENIANI, E. Uma percepção crítica sobre técnicas de manipulação genética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 77-84, 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017.** 2016. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 28 p. (Documento 202).

PIONEER. **Híbridos de Milho: 30S31, 30S31 VYHR.** 2019. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30s31> Acesso em: 10, jan. 2020.

REIS, L.S.; PEREIRA, M.G.; SILVA, R.F.; MEIRELES, R.C. Efeito da heterose na qualidade de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.2, p.310 - 315, 2011.

ROCHA, G. C.; RUBIO NETO, A.; CRUZ, S. J. S.; CAMPOS, G. W. B.; CASTRO, A. C. O.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Científic@- Multidisciplinary Journal**, Goianésia, v. 1, n. 5, p. 50-65, 2017.

SALES, V. H. G.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P.; SALES, P. V. G. Teor de óleo e proteína em grãos de soja em diferentes posições da planta. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p.22-29, 2016.

SCHONS, A.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; SILVA, A. V.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p. 109-121, 2018.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI FILHO, E.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha – RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

SCHEEPENS, P.; HOEVERS, R.; ARULAPPAN, F. X.; PESCH, G. **Armazenamento de produtos agrícolas.** ed. 3. Wageningen: Fundação Agromisa/CTA. 2011. 84p.

SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 45- 56, 2010.

SILVA NETO, S. P. da; SILVA, S. A. **Plantio da soja na época certa**. Embrapa cerrados. Planaltina, DF, 2010. Disponível em:
<<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/254/>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

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.

THURGOOD, J.; WARD, R.; MARTINI, S. Oxidation kinetics of soybean oil / anhydrous milk fat blends: A differential scanning calorimetry study. **Food Research International**, Burlington, v. 40, n. 8, p. 1030-1037, 2007.

TIECKER JUNIOR, A.; GUIMARÃES, L. E.; FERRARI FILHO, E.; CASTRO, B.; DEL PONTE, E. M.; DIONELLO, R. G. Qualidade físico-química de grãos de milho armazenados com diferentes umidades em ambientes hermético e não hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 174-186, 2014.

USDA. United States Department of Agriculture. **World agricultural supply and demand estimates**. Washington, D.C, jan. 2020, 40 p. Disponível em:
<<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0120.pdf>> Acesso em: 10, jan., 2020.

VAZQUEZ, G. H.; CARDOSO, R. D.; PERES, A. R. Tratamento químico de sementes de milho e o teste de condutividade elétrica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 773-781, 2014.

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE SEMENTE DE SOJA COM TECNOLOGIA IPRO DURANTE O ARMAZENAMENTO COM E SEM CONTROLE AMBIENTAL

Priscylla Martins Carrijo Prado¹; Marivone Moreira dos Santos¹; Márcio Caliarí²; Manoel
Soares Soares Júnior^{1,2}

¹Setor de Agricultura, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

²Setor de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

RESUMO

PRADO, P. M. C. Propriedades fisiológicas e físico-químicas de semente de soja com tecnologia IPRO durante o armazenamento com e sem controle ambiental. 2020. 22 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

As sementes de soja com tecnologia IPRO possuem resistência ao herbicida glifosato e as principais lagartas da cultura, e tem se destacado na cadeia produtiva da soja, ocupando áreas de plantio cada vez maiores no Brasil e no mundo. Devido a existência de poucos estudos relacionados à pós-colheita de sementes da soja com tecnologia IPRO, esta pesquisa objetivou avaliar se o tempo de armazenamento e as condições de armazenamento afetam as propriedades físico-químicas e fisiológicas de sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO. Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com esquema fatorial 2x5, sendo duas condições de armazenamento (com controle: 12 °C ± 2 e 70% ± 5 de UR, e sem controle ambiental) e cinco períodos de avaliações, a cada 90 dias por 360 dias. O tempo e a condição de armazenamento provocam alteração na maioria das características físico-químicas e em todas as propriedades fisiológicas avaliadas das sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO. O tempo de armazenagem influencia as propriedades fisiológicas, assim como no teor de cinzas, pH e luminosidade. A condição de armazenamento sem controle reduz o vigor, a viabilidade, a germinação, a umidade, a atividade de água e afeta a cor das sementes. As condições ambientais da região de Goiânia não conservam as propriedades fisiológicas da semente de soja da cultivar NS 7780 IPRO por um período maior que 90 dias, e apesar da germinação permanecer adequada até o final do armazenamento com controle ambiental, o vigor fica dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para comercialização apenas até 180 dias de armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.Merr.), NS 7780 IPRO, pós-colheita, composição centesimal, germinação, vigor

¹Orientador: Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

Coorientadores: Profª Drª Marivone Moreira dos Santos e Profº Drº Márcio Caliar

ABSTRACT

PRADO, P. M. C. Physiological and physicochemical properties of soybean seed with IPRO technology during storage with and without environmental control. 2020. 22 f. Dissertation (Masters in Agronomy: Vegetables Production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

Soybean seeds with IPRO technology have resistance to the herbicide glyphosate and the main caterpillars of the crop, and have stood out in the soybean production chain, occupying increasingly larger planting areas in Brazil and worldwide. Due to the existence of few studies related to post-harvest soybean seeds with IPRO technology, this research aimed to evaluate whether the storage time (360 days, with evaluations every 90 days) and the storage conditions (with control: 12 ° C $\pm$ 2 and 70% $\pm$ 5 RH, and without environmental control) affect the physical, chemical and physiological properties of soybean seeds of cultivar NS 7780 IPRO. A completely randomized design was used, with a 2x5 factorial scheme. The storage time and condition caused changes in most of the physicochemical characteristics and in all the physiological properties evaluated of soybean seeds of cultivar NS 7780 IPRO. Storage time negatively influences physiological properties, as well as ash content, pH and luminosity. The condition of uncontrolled storage, in addition to negatively influencing vigor, viability and germination, also influences moisture, water activity and seed color, demonstrating that uncontrolled storage provides faster change of these parameters. The environmental conditions in the Goiânia region were not appropriate to maintain the physiological properties of the soybean seed of cultivar NS 7780 IPRO for a period longer than 90 days, and although germination remained adequate until the end of storage with environmental control, the vigor it was within the standards established by Brazilian legislation for commercialization only up to 180 days of storage.

Key words: *Glycine max* (L.Merr.), NS 7780 IPRO, postharvest, proximate composition, germination, vigor

¹ Advisor: Prof^o Dr^o Manoel Soares Soares Júnior

Co-advisor: Prof^a Dr^a Marivone Moreira dos Santos e Prof^o Dr^o Márcio Caliari

2.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.Merr.)) é a leguminosa mais importante para o agronegócio brasileiro, sendo destaque entre as principais plantas oleaginosas do mundo. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, atingindo cerca de 115 milhões de toneladas na safra 2018/19, sendo o primeiro os Estados Unidos e em terceiro a China (Conab, 2020).

A soja tem usos variados para o consumo humano e animal, o que a tornou o alvo principal para manipulação genética. Tais procedimentos têm sido mais proeminentes desde o início das sequências do genoma em 2010, e as manipulações de genes para a composição do óleo e proteína foram intensamente investigadas (Roesler, 2016). Na safra 2017/18 cerca de 50% da área de soja no Brasil foi ocupada pela cultivar Intacta (IPRO), 45% com a tecnologia resistente ao herbicida Roundup Ready (RR) e 5% de soja convencional (Conab, 2019).

A tecnologia Intacta RR2 PRO foi lançada pela empresa Monsanto nos mercados da América do Sul, em que há maior incidência de lagarta. Essa biotecnologia combina três soluções em um produto: controlar as principais lagartas da soja e suprimir outras lagartas, como *Helicoverpa zea* e *Helicoverpa armigera*; tolerância ao glifosato (tecnologia RR) e alta produtividade (Uarrota et al., 2019). Apesar das vantagens desta tecnologia, estudos relacionados às cultivares recém-lançadas ainda são escassos.

Além do uso de novas tecnologias, outro fator importante para o sucesso do cultivo da soja é o uso de sementes de alta qualidade, que geram plantas de alto vigor, permitindo acesso aos avanços genéticos, com garantias de tecnologias de qualidade e adaptação nas diversas regiões, assegurando maior produtividade. Portanto, a qualidade da semente é um fator essencial para o estabelecimento de culturas com alto potencial produtivo. Porém condições adversas durante a pós-colheita podem reduzir a qualidade fisiológica das sementes (França Neto et al., 2016).

A degradação das propriedades fisiológicas da semente depende das condições de temperatura e umidade de armazenamento, podendo levar a alterações enzimáticas e/ou processos oxidativos, capazes de inviabilizá-la (Ziegler et al., 2016). O teste de tetrazólio é mais preciso para determinar o vigor e a viabilidade das sementes, por ser menos influenciado pela umidade das sementes e por patógenos, como fungos contaminantes, que podem mascarar resultados em outros tipos de teste. O teste de tetrazólio ainda fornece

dados das causas que reduziram a qualidade da semente, como danos por umidade, danos mecânicos e danos causados por percevejos. A condutividade elétrica dos exsudados das sementes demonstra a permeabilidade das membranas; quanto maior o resultado, mais nutrientes são lixiviados e menor a qualidade fisiológica das sementes (Coradi et al., 2015). Além disso, a composição físico-química da semente está diretamente relacionada com a sua capacidade de mobilização de reservas durante a germinação. Desta forma, sementes com altos teores de nutrientes indicam maior qualidade fisiológica (Henning et al., 2010).

Devido à existência de poucos estudos relacionados à pós-colheita de sementes da soja com tecnologia IPRO e, com intuito de verificar a viabilidade do armazenamento deste material por pequenos produtores, que poderiam guardar parte da sua produção para próxima safra em condições ambientais, e comparar a qualidade destas com as de sementes armazenadas por empresas do ramo, que mantêm em câmeras frias, com controle da temperatura e umidade relativa do ar, esta pesquisa objetivou avaliar se o tempo e as condições de armazenamento (com e sem controle ambiental) afetam as propriedades fisiológicas e físico-químicas de sementes da cultivar NS 7780 IPRO.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Material

As sementes de soja cultivar NS 7780 IPRO foram produzidas no município de Formoso, Tocantins, Brasil, colhidas em 01/08/2018, e beneficiadas em Vianópolis, Goiás, Brasil, na empresa Sementes Brasília, que gentilmente colaborou com a doação do material.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Ensaio de armazenamento

Inicialmente, as sementes foram homogeneizadas e divididas em duas partes que foram colocadas em sacos de polipropileno trançado. Em seguida, foram submetidas a análises iniciais das propriedades físico-químicas e fisiológicas, e armazenadas em duas condições: ambiente controlado em câmara fria, sob temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade

relativa do ar (UR) de $70\% \pm 5$; e ambiente sem controle, dentro da sala de arquivo do laboratório de sementes, um local sem climatização, com condições ambientais monitoradas pela estação meteorológica localizada na Escola de Agronomia (Anexo 1).

As amostras foram monitoradas por 360 dias, com avaliações periódicas a cada 90 dias. A primeira, denominada de tempo zero, indicou a qualidade das sementes antes de serem submetidas às condições do experimento. Delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2×5 foi utilizado, sendo duas condições de armazenamento e cinco tempos de avaliação, entre 08 de outubro de 2018 a 06 de outubro de 2019.

No Laboratório de Sementes (Lasem) foram realizadas as análises das propriedades fisiológicas, enquanto as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais (Labdarsa), ambos localizados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG).

2.2.2.2 Propriedades fisiológicas das sementes

Os testes fisiológicos tiveram a finalidade de verificar o vigor, a viabilidade e a germinação das sementes para a semeadura, e também foi verificada a condutividade elétrica dos exsudados das sementes.

a) Vigor e viabilidade das sementes

A avaliação da viabilidade foi realizada de acordo com a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009), enquanto o vigor e a identificação dos danos nas sementes pela metodologia de França Neto et al. (1998), sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

Para o teste de tetrazólio foram utilizadas 100 sementes, divididas em duas sub-amostras de 50 sementes, em triplicata. As sementes passaram pelo processo de pré-condicionamento, sendo envolvidas em papel Germitest umedecido e mantidas em 25°C por 16 h. Em seguida, as sementes foram colocadas em recipientes de plásticos e submersas na solução de trabalho de tetrazólio (0,075%), sendo 75 mL da solução estoque (10 g de sal de tetrazólio em 1L de água destilada) em 925mL de água destilada. Quando a semente é imersa na solução incolor de tetrazólio, a mesma difunde através dos tecidos, ocorrendo nas células vivas uma reação de redução, que resulta na formação de um

composto vermelho, estável e não difusível, indicando que há atividade respiratória nas mitocôndrias, e que existe viabilidade celular e dos tecidos. Após a coloração as sementes foram lavadas com água comum e mantidas submersas por até 12 h no refrigerador ($5^{\circ}\text{C} \pm 1$). Durante a leitura, as sementes foram cortadas transversalmente e foram avaliadas as superfícies externa e interna dos cotilédones.

As sementes foram separadas por classes, de 1 a 8, sendo as classes 1, 2 e 3 as vigorosas, e a somatória das três classes, multiplicada por dois resultou no percentual de vigor; as classes 4 e 5 possuem baixo vigor porém ainda apresentam potencial de germinação, a somatória dos seus resultados multiplicada por dois, determinou o percentual de viabilidade do lote; e as classes 6, 7 e 8 são as sementes mortas, duras ou dormentes. A coloração do tecido varia de vermelho carmim, que indica tecido vivo e vigoroso; vermelho carmim forte é o tecido em deterioração; e branco leitoso indicando tecido morto. A variação da coloração também está associada as lesões características por danos que afetam a qualidade da soja, como: i) Danos mecânicos: resultam de impactos físicos durante as operações de colheita, trilha, secagem, beneficiamento, transporte e semeadura formando rachaduras, amassamento e abrasões de coloração vermelho escura; ii) Deterioração por umidade: resultante da exposição das sementes a ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na pré-colheita, apresentam coloração vermelho intenso ou branca e rugas; iii) Danos de percevejos, que ao se alimentarem das sementes, inoculam a levedura *Nematospora coryli*, que coloniza os tecidos das semente causando lesões circulares de coloração esbranquiçada, amarelada ou as vezes esverdeada.

b) Germinação das sementes

O teste de germinação padrão, com resultados expressos em porcentagem (%), foi realizado com 8 repetições de 50 sementes, distribuídas uniformemente em folhas de papel *Germitest*, umedecidas com água destilada. O volume de água aplicado foi calculado pelo peso das folhas utilizadas por amostra, multiplicado por 2,5. Em seguida, as sementes foram cobertas com mais uma folha e enroladas, permanecendo em formato cilíndrico. As amostras envoltas no papel foram mantidas em câmara de germinação a 25°C por 8 dias.

Na leitura foram separadas as plântulas normais, aquelas que demonstraram potencial para continuar o desenvolvimento e dar origem a uma planta normal, as anormais, e as mortas ou dormentes. As plântulas normais foram classificadas em: i)

Intactas, com todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e sadias; ii) Com pequenos defeitos, apresentados em suas estruturas essenciais, que não impedem seu desenvolvimento normal; iii) Com infecção secundária, deterioradas, mas não sendo a própria semente a fonte de infecção e contendo todas as estruturas essenciais. Enquanto, as sementes anormais foram aquelas que não demonstraram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a uma planta normal, sendo classificadas em: i) Deformadas, com qualquer uma das estruturas essenciais ausentes ou danificadas, impedindo seu desenvolvimento; ii) Infeccionadas, deterioradas ou doentes, com qualquer uma das estruturas essenciais deterioradas por fungos ou bactérias, resultando em infecção primária. Além das normais e anormais foram quantificadas as sementes duras, que não absorveram água, apresentando aspecto de recém-colocadas; as dormentes, que absorveram água mas não germinam nem deterioraram nas condições do teste; e as mortas, que não germinaram, nem estavam duras ou dormentes, e normalmente apresentaram ataque de microrganismos. O percentual de germinação foi calculado como a somatória das plântulas normais e anormais e o resultado multiplicado por dois.

c) Condutividade elétrica dos exsudados das sementes

Quatro repetições com 50 sementes cada foram realizadas. As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em copos de plástico (200 mL) com 75 mL de água destilada ($<2,0 \mu\text{S cm}^{-1}$). Em seguida, foram mantidas em câmara de germinação a 25°C por 16 h. Após o período de condicionamento, a condutividade elétrica da solução ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) foi medida em condutivímetro (ION, DDS-12DW, Jundiaí, Brasil), de acordo com a metodologia descrita por Brandão Júnior et al. (1997).

2.2.2.3 Características físico-químicas das sementes

A composição centesimal das sementes foi determinada de acordo com as metodologias recomendadas pela Association of Official Agricultural Chemistry (AOAC, 2016), em triplicata: a umidade pelo método de secagem em estufa a 105°C até peso constante (método 925.45b); o teor de lipídios com éter de petróleo em extrator *Soxhlet* (método 920.39); o teor de nitrogênio total pelo Método de Kjeldahl, que multiplicado por 6,25 resultou na estimativa do teor de proteína bruta (método 960.52); o teor de cinzas por

incineração da amostra em forno mufla a 550°C até completa carbonização (método 923.03); e o teor de carboidratos totais foi obtido pela diferença entre 100 e a somatória dos demais componentes, seguindo metodologia da FAO (2003).

Também foram determinados a atividade de água, pelo equipamento digital Aqualab (Decagon Devices, Series 3TE, São José dos Campos, Brasil); a cor instrumental, com colorímetro portátil (Konica Minolta, CR-10, Osaka, Japão), utilizando espaço de cor L*, a* e b* (luminosidade, coordenada vermelho⁺/verde⁻, coordenada amarelo⁺/azul⁻, respectivamente), a partir dos parâmetros calculou-se os valores do ângulo Hue (Eq. 2.1); o pH, misturando-se 2,5 g de amostra em 25 mL de água destilada e fazendo medição em potenciômetro digital (método 981.12 da AOAC, 2016); e a acidez total titulável, acrescentando-se duas gotas de fenolftaleína na mistura, após medição do pH, para titulação com hidróxido de sódio (NaOH 0,1 mol L⁻¹) até coloração rósea persistente (método 947.05 da AOAC, 2016). O índice de acidez foi calculado pela equação 2.2.

$$\text{Ângulo Hue} = (\text{ATAN}(\frac{b^*}{a^*})) / (6,2832) \times 360 \quad (\text{Equação 2.1})$$

$$\text{Acidez (\%)} = \left(\frac{V_{\text{NaOH}} \times f_c \times 0,1}{M} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 2.2})$$

Em que: V_{NaOH} é o volume (mL) de NaOH gasto na titulação; f_c é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio; 0,1 é a molaridade do hidróxido de sódio; e M é a massa da amostra (g); a* e b* são as coordenadas de cor.

2.2.2.4 *Análise estatística*

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de correlação de Pearson, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Análise de regressão foi realizada para construção de modelos ajustados e de cada propriedade fisiológica e físico-química avaliada das sementes. Também foi realizada análise de componentes principais (ACP).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das características físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO armazenadas durante 360 dias sob condições com controle (UR de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$), e sem controle, estão apresentados nos apêndices 1.1, 1.2 e 1.3. De acordo com a análise de variância fatorial (Apêndices 2.1, 2.2 e 2.3), os efeitos lineares do tempo e da condição de armazenamento e a interação tempo*condição foram significativos ($p \leq 0,01$) para umidade, acidez total, atividade de água, luminosidade, ângulo Hue, vigor, viabilidade e germinação das sementes. Para o teor de cinzas, pH e condutividade elétrica, somente o efeito linear do tempo e a interação tempo*condição de armazenamento foram significativos ($p \leq 0,01$). Para as variáveis respostas carboidratos totais e proteína, somente o efeito linear do tempo de armazenagem foi significativo ($p \leq 0,01$), enquanto que o teor de lipídios não foi afetado por nenhuma variável ou interação entre as mesmas.

Já de acordo com as análises de regressão (Apêndice 4), umidade, cinzas, pH, acidez total, luminosidade, ângulo Hue, vigor, viabilidade, germinação e condutividade elétrica das sementes de soja armazenadas com e sem controle (c/c e s/c, respectivamente) apresentaram modelos ajustados significativos ($p \leq 0,01$). Devido à condição de armazenamento não ser significativa ($p > 0,05$) para carboidratos (Apêndice 2.1), o modelo de regressão ajustado foi único.

O tipo de modelo mais ajustado, considerando o maior coeficiente de correlação ajustado (R_{aj}), foi quadrático para cinzas (s/c), atividade de água (c/c), ângulo Hue (c/c), vigor (c/c), germinação (c/c) e modelo cúbico para os demais, e explicaram de 41% a 99% das respostas (Tabela 1).

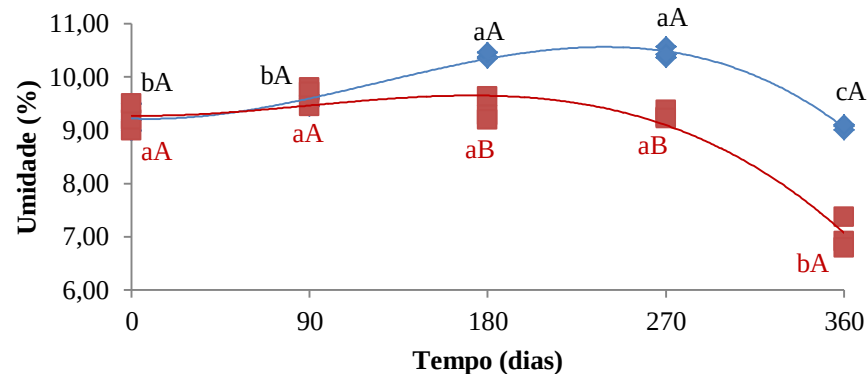
A umidade das sementes da cultivar NS 7780 IPRO armazenadas sob condição controlada ($12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e $70\% \pm 5$ UR) aumentou significativamente ($p \leq 0,01$) após 90 dias e reduziu após 270 dias, permanecendo abaixo dos valores encontrados anteriormente (0 a 270 dias). Entretanto, a umidade das sementes armazenadas sem controle ambiental se manteve até 270 dias, diminuindo significativamente ($p \leq 0,01$) em seguida (Figura 3.1). A partir dos 180 dias, as sementes sob diferentes condições de armazenagem diferiram entre si em relação ao teor de água. No final do armazenamento as sementes armazenadas sem controle apresentaram redução no teor de umidade de quase 2% em relação às sementes armazenadas em ambiente controlado, que apesar da oscilação entre os meses, quase mantiveram a umidade inicial.

A queda da umidade na condição sem controle se deve provavelmente ao período de seca da região (Anexo 1), em que as sementes buscaram estabelecer equilíbrio com a umidade relativa do ar. Wang et al. (2010) observaram que sementes de soja tendem a perder água para o meio quando apresentam alto teor de umidade inicial e estão expostas ao ar seco, com maiores perdas em URs abaixo 18,78%, e indicaram que as condições ótimas para um armazenamento seguro de sementes de soja são teor de umidade inicial menor que 12%, umidade relativa do ar maior que 60% e temperatura do ar menor que 15 °C, condições verificadas nesta pesquisa em ambiente controlado.

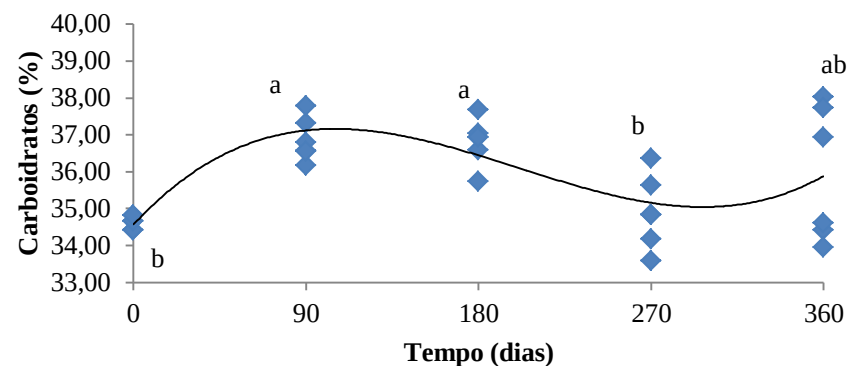
Tabela 1 Modelos matemáticos ajustados para as propriedades físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO armazenadas durante 360 dias sob condições com controle (umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5 e temperatura de 12°C $\pm$ 2) e sem controle ambiental

Variável	Controle	Modelo	R ²	R _{aj} ²	P
Umidade ¹	Com	$y = -2E^{-7}x^3 + 8E-05x^2 - 0,0014x + 9,22$	0,96	0,95	0,00
Umidade ¹	Sem	$y = -2E^{-7}x^3 + 4E-05x^2 - 0,0006x + 9,28$	0,93	0,92	0,00
Cinzas ²	Com	$y = -4E^{-8}x^3 + 2E-05x^2 - 0,0043x + 5,38$	0,64	0,54	0,00
Cinzas ²	Sem	$y = 3E^{-6}x^2 - 0,0015x + 5,39$	0,81	0,77	0,00
Carboidratos ²	-	$y = 6E^{-7}x^3 - 0,0004x^2 + 0,0561x + 34,56$	0,47	0,41	0,00
pH ³	Com	$y = -8E^{-8}x^3 + 5E-05x^2 - 0,0098x + 7,06$	0,96	0,95	0,00
pH ³	Sem	$y = -2E^{-8}x^3 + 2E-05x^2 - 0,0061x + 7,06$	0,92	0,90	0,00
Acidez Total ⁴	Com	$y = 6E^{-7}x^3 - 0,0003x^2 + 0,0287x + 12,14$	0,96	0,95	0,00
Acidez Total ⁴	Sem	$y = 1E^{-6}x^3 - 0,0005x^2 + 0,0528x + 12,13$	0,99	0,99	0,00
Ativ. de água ³	Com	$y = -1E^{-6}x^2 + 0,0005x + 0,60$	0,71	0,66	0,00
Ativ. de água ³	Sem	$y = -6E^{-9}x^3 + 1E-06x^2 + 8E-05x + 0,60$	0,99	0,98	0,00
Luminosidade ³	Com	$y = 2E^{-7}x^3 - 8E-05x^2 - 0,0004x + 84,11$	0,91	0,88	0,00
Luminosidade ³	Sem	$y = 4E^{-7}x^3 - 0,0001x^2 - 0,0027x + 84,13$	0,96	0,95	0,00
Ângulo Hue ⁵	Com	$y = 1E^{-5}x^2 - 0,0015x + 84,82$	0,99	0,98	0,00
Ângulo Hue ⁵	Sem	$y = 2E^{-7}x^3 - 6E-05x^2 + 0,0008x + 84,71$	0,93	0,92	0,00
Vigor ⁴	Com	$y = -0,0003x^2 + 0,0894x + 80,23$	0,43	0,33	0,03
Vigor ⁴	Sem	$y = 5E^{-6}x^3 - 0,0032x^2 + 0,3167x + 79,40$	0,99	0,99	0,00
Viabilidade ⁴	Com	$y = 1E^{-6}x^3 - 0,0008x^2 + 0,1097x + 95,36$	0,68	0,60	0,00
Viabilidade ⁴	Sem	$y = 1E^{-6}x^3 - 0,0015x^2 + 0,1643x + 94,66$	0,96	0,95	0,00
Germinação ⁴	Com	$y = 0,0003x^2 - 0,106x + 99,708$	0,41	0,31	0,04
Germinação ⁴	Sem	$y = 4E^{-6}x^3 - 0,0023x^2 + 0,0336x + 99,95$	0,95	0,94	0,00
Cond. Elétrica ⁶	Com	$y = 1E^{-5}x^3 - 0,0061x^2 + 0,0093x + 271,57$	0,85	0,81	0,00
Cond. Elétrica ⁶	Sem	$y = -7E^{-6}x^3 + 0,0063x^2 - 1,5839x + 259,28$	0,84	0,79	0,00

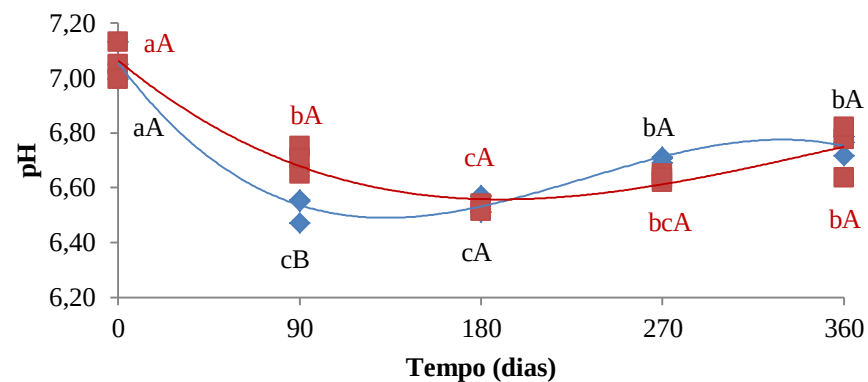
¹ % (base úmida); ² % (base seca); ³ adimensional; ⁴%; ⁵grau (°); ⁶μScm⁻¹g⁻¹; R²:coeficiente de determinação; R²aj: coeficiente de determinação ajustado; p: nível de significância



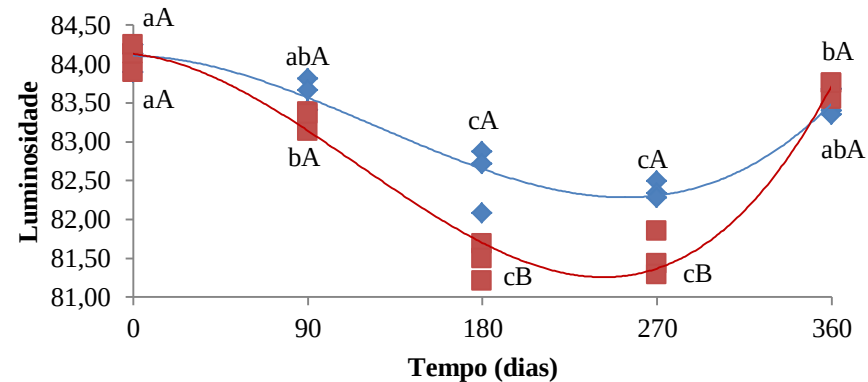
◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Média das condições de armazenamento



◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle

Figura 3.1 Umidade, carboidratos, pH e luminosidade (L^*) das sementes de soja, cultivar NS 7780 IPRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) e sem controle, durante 360 dias. Letras maiúsculas diferentes representam que as médias nas duas condições de armazenamento diferiram ($p \leq 0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, enquanto as letras minúsculas diferentes indicam que as médias nos tempos de armazenamento diferiram ($p \leq 0,05$) na mesma condição de armazenamento de acordo com o teste Tukey

O aumento no teor de umidade durante o armazenamento pode ser devido tanto à respiração dos grãos, quanto a microflora associada a eles, embora a taxa respiratória dos grãos geralmente não seja tão intensa quanto o desenvolvimento dos microrganismos. A transpiração do grão é maior devido ao seu maior teor de umidade, embora a temperatura, a UR e as condições de armazenamento também possam influenciar o metabolismo do grão (Pomeranz & Zeleny, 2009; Muir & White, 2000). De acordo com Weber (2005), a UR afetou mais o teor de umidade das sementes do que a temperatura, o que demonstra a importância da UR na manutenção da umidade das sementes durante o armazenamento, conforme observado neste estudo.

O teor de cinzas das sementes de soja variou entre $5,11\% \pm 0,02$ e $5,39\% \pm 0,06$, sendo até 0,18% menor no final do ensaio de armazenamento em relação à condição inicial. Kibar & Kibar (2019) observaram redução no teor de cinzas em sementes de feijão armazenadas a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ e $65\% \pm 5$ de UR por 12 meses. Na condição ambiental controlada houve redução significativa ($p \leq 0,01$) do teor de cinzas das sementes aos 90 dias de armazenagem, quando diferiu significativamente da condição sem controle ($p \leq 0,01$), e após este período aumentou, permanecendo com médias estatisticamente iguais ($p > 0,05$) as sementes sem controle até os 360 dias de armazenamento (Apêndices 1.1 e 3). Para a condição sem controle de temperatura e de UR, o teor de cinzas reduziu até o fim do armazenamento. Segundo Muir, Jaya & White (2000), o teor de cinzas aumenta na mesma proporção que a matéria orgânica é consumida através da atividade metabólica e por microrganismos associados. Neste estudo, a redução do teor de cinzas indicou reduzida atividade metabólica e conservação da qualidade durante o armazenamento, ao contrário do que foi reportado para grãos de milho por Tiecker Junior et al. (2014). O que provavelmente possa ser explicado pelos baixos teores de umidade nas sementes de soja durante o presente ensaio de armazenamento.

O teor de lipídios apresentou pouca variação, de $23,41\% \pm 1,68$ a $24,96\% \pm 0,05$, não diferindo significativamente ($p > 0,05$) entre as sementes armazenadas sob diferentes condições e tempos de armazenamento. Tiecker Junior et al. (2014) também não observaram tendência definida no teor de lipídios ao longo do armazenamento de grãos de milho, conforme observado neste trabalho com sementes de soja. A redução ou aumento no teor de lipídios das sementes durante o armazenamento podem ser justificados de acordo com Rupollo et al. (2004), que reportaram que processos bioquímicos (oxidação ou respiração) podem promover a redução desses compostos; enquanto List & Mounts (1993)

afirmaram que o aumento do teor de lipídios ocorre devido à destruição de fosfolipídios durante o armazenamento dos grãos, que leva a formação de compostos solúveis em solventes apolares. Portanto, a estimativa do aumento ou diminuição do teor de lipídios durante o armazenamento de grãos depende do método de determinação de lipídios utilizado.

O teor de proteína das sementes de soja variou entre $32,71\% \pm 0,15$ e $37,55\% \pm 0,27$, reduziu aos 90 dias, em seguida aumentou ($p \leq 0,01$) até 270 dias, e permaneceu constante até o fim do armazenamento, não diferindo do teor apresentado no início do ensaio. A tendência de redução do teor de proteína em soja durante o armazenamento apresenta relatos na literatura. Lee & Cho (2012), Liu et al. (2008) e Khan, Kumar & Bala (2016) observaram redução significativa no teor de proteína em grãos de soja armazenados de 120 dias a um ano, em diferentes condições de armazenamento. Raniet al. (2013) também observaram a mesma tendência para grãos de feijão, em diferentes condições de armazenamento, em discordância com os resultados obtidos nesta pesquisa, provavelmente devido aos valores altos dos desvios-padrões verificados principalmente aos 360 dias de armazenamento neste estudo.

Os carboidratos das sementes de soja apresentaram médias de $34,62\% \pm 0,32$ a $37,05\% \pm 0,53$ durante o armazenamento. Houve aumento significativo do teor de carboidratos aos 90 e 180 dias de estocagem (Figura 3.1). Variação do teor de carboidratos também foi observada por Thiecker Júnior et al. (2014) em grãos de milho, que relataram uma redução de 83% para 81% após 6 meses de armazenamento e até o oitavo mês. A variação no teor de carboidratos está relacionada à variação dos demais compostos químicos existentes nas sementes (Elias, Oliveira & Paraginski, 2013). O aumento no teor de carboidratos pode ter se dado devido à redução dos demais compostos, pois pela análise de correlação (Apêndice 5) foi possível observar que o teor de carboidratos tem uma associação negativa alta com o teor de proteína (-0,78) e mais baixa com cinzas (-0,44) e lipídios (-0,54), ou seja, à medida que o teor de carboidratos aumenta o teor de proteína, cinzas e lipídios reduzem, em concordância com Wang et al. (2019), que também observaram que os carboidratos nas sementes estão correlacionados negativamente com o teor de proteína.

Independentemente da condição de armazenamento, o pH das sementes de soja reduziu durante o armazenamento, variando entre $6,52 \pm 0,01$ e $7,06 \pm 0,06$. Para ambas condições de armazenamento houve redução significativa até 180 dias e em seguida as

médias aumentaram, porém continuaram estatisticamente inferiores ao pH inicial, demonstrando que as sementes tenderam à se acidificar durante os 360 dias de armazenamento. Apesar da oscilação ao longo do tempo, o pH das sementes nas duas condições de armazenagem só diferiam aos 90 dias, em que a condição com controle de temperatura e umidade relativa apresentou pH inferior, quando comparada a condição sem controle (Figura 3.1). O pH se correlacionou positivamente com o teor de cinzas (0,78) e de proteína (0,64), e negativamente com o teor de carboidratos disponíveis (-0,55) (Apêndice 5). A diminuição do valor do pH foi resultado de um aumento notável na acidez total, e pode ter ocorrido devido à hidrólise de lipídios neutros em ácidos graxos ou devido a oxidação dos ácidos graxos durante o armazenamento (Hou & Chang, 1998; 2005). Além disso, os fitatos presentes no grão de soja podem hidrolisar em condições adversas de armazenamento, o que favorece o aumento da acidez total (Hou & Chang, 2003).

A avaliação da acidez total titulável confirmou a acidificação das sementes, pelo seu aumento significativo ao longo do armazenamento. As médias de acidez total variaram de $11,61\% \pm 0,11$ a $17,76\% \pm 0,21$ com as duas condições de armazenagem apresentando o mesmo comportamento. Houve aumento significativo da acidez aos 90 dias e em seguida retomou-se a médias estatisticamente iguais a inicial, até 270 dias. No último tempo de avaliação (360 dias) as médias aumentaram significativamente para as duas condições. Porém o armazenamento sem controle apresentou acidez total cerca de 2% maior que a condição com controle. Esses resultados corroboram com os encontrados por Alencar (2006), que observando os valores de acidez total nas temperaturas de armazenamento de 30 e 40 °C constatou que, independentemente, do teor de água dos grãos de soja, ocorreu aumento do percentual de ácidos graxos livres do óleo extraído desses grãos, ao longo de 180 dias de armazenamento.

A acidez total titulável das sementes apresentou forte correlação negativa com o teor de água (-0,76), em que a acidez aumenta quando há uma redução na umidade, sendo possível observar claramente neste ensaio esta correlação na fase final do armazenamento (Apêndice 5). O alto teor de água dos grãos, a alta temperatura e a elevada atividade de fungos podem ter influenciado no aumento significativo do teor de acidez nos grãos de soja armazenados. Segundo Copeland (1976), estes fatores combinados constituem os principais fatores que contribuem para o aumento do valor de ácidos graxos, resultando na acidificação das amostras.

A atividade de água variou de $0,508 \pm 0,00$ a $0,672 \pm 0,01$ e apresentou comportamento semelhante à umidade ao longo do armazenamento, demonstrando correlação positiva alta (0,90) (Apêndice 5). Para a condição de armazenamento com controle, a atividade de água aumentou gradualmente até 180 dias ($p \leq 0,01$), em seguida reduziu significativamente até 270 dias e manteve a média aos 360 dias, mas permanecendo acima das médias iniciais. Na condição sem controle ambiental a média foi constante nos primeiros 90 dias, aumentou estatisticamente aos 180 e em seguida reduziu significativamente até o fim do armazenamento, acompanhando o teor de água das sementes e a umidade relativa do ar nos últimos meses de avaliação (Anexo 1).

Quanto à cor instrumental, as sementes armazenadas apresentaram oscilações que indicam perda da cor. A luminosidade das sementes de soja variou de $81,47 \pm 0,20$ a $84,09 \pm 0,15$, com o mesmo comportamento para as duas condições de armazenamento, reduzindo estatisticamente ($p \leq 0,00$) até 180 dias e mantendo a média aos 270 dias, o que indicou escurecimento. Na última avaliação, aos 360 dias, a luminosidade das sementes voltou a aumentar, permanecendo com média estatisticamente igual aos dois primeiros tempos (0 e 90 dias) para a condição sem controle ambiental, enquanto para a condição controlada houve escurecimento em relação as sementes no início do ensaio e não diferiu da luminosidade verificada aos 90 dias (Figura 3.1).

Para o ângulo Hue, que indica a coloração entre vermelho (0°), amarelo (90°), verde (180°) e azul (270°), a variação foi de $83,49^\circ \pm 0,18$ a $86,19^\circ \pm 0,18$, indicando que as sementes são amareladas. Ao longo do armazenamento e na condição com controle de temperatura e umidade, o ângulo Hue das sementes aumentou significativamente ($p \leq 0,00$) até os 360 dias, se aproximando mais da coloração amarela pura. No entanto, para a condição sem controle o ângulo Hue reduziu estatisticamente aos 180 dias, mantendo a média aos 270 dias, indicando uma tendência a um tom de amarelo mais alaranjado, e aos 360 dias não diferiu do valor inicial (Apêndices 1, 2 e 3).

A mudança na cor da soja armazenada pode ser atribuída a reações não enzimáticas. O escurecimento não enzimático é resultado da reação de Maillard, que envolve as interações entre proteínas e açúcares redutores, e tem sido a hipótese de ser o principal fator contribuinte para a reação de escurecimento da soja (Narayan, Chauhan & Verma, 1988). Kong et al. (2008) também observaram alterações similares, como o declínio do L^* , para grãos de soja armazenados (50°C e 70% UR). Eles também observaram que a UR de 70% favorece maior alteração na coloração do que a 65%, sendo

que nesse estudo utilizou-se 70%, o que pode ter favorecido a mudança dos parâmetros de cor. Além disso, relataram que apenas a 4°C aos 360 dias não se observou alteração em nenhum parâmetro de cor do grão.

A análise de correlação demonstrou que a luminosidade das sementes de soja durante o armazenamento se associou positivamente com o teor de cinzas (0,47), pH (0,64) e acidez (0,44) (Apêndice 5). Apesar de não serem correlações altas, foi possível observar que estas características das sementes apresentaram comportamento semelhante ao longo do tempo de armazenamento. O ângulo Hue apresentou correlação positiva com atividade de água (0,37) e luminosidade (0,37).

O vigor e a viabilidade das sementes de soja armazenadas, determinados pelo teste de tetrazólio, variaram de $94,00\% \pm 4,00$ a $3,00\% \pm 0,81$ e de $100,00\% \pm 0,00$ a $26,00\% \pm 3,27$, respectivamente, diminuindo durante o armazenamento (Apêndices 1.3 e Figura 3.2). O maior percentual de danos observados nas sementes foi por umidade, aumentando de 97% no início do armazenamento a 100% no final, enquanto que os danos mecânicos reduziram de 1% a 0% e não foi observado dano por percevejo ao longo do experimento. Para o ambiente controlado, o vigor das sementes de soja aumentou gradualmente até 180 dias, diminuindo em seguida, voltando a ficar estatisticamente semelhante à condição inicial, enquanto que para a condição sem controle ocorreu uma diminuição gradual do vigor a partir dos 180 dias. A viabilidade se manteve até 180 dias de armazenamento, caindo em seguida, independentemente da condição de armazenamento.

O valor mínimo de vigor exigido para certificação de sementes de soja no Brasil é de 80% (Brasil, 2013). O vigor das sementes permaneceu acima de 80% até 180 dias de armazenamento, e após este tempo de armazenamento, apesar das médias de vigor não diferirem estatisticamente em relação à condição inicial das sementes, as sementes apresentaram valores abaixo de 80%. Já para a condição sem controle ambiental as sementes de soja mantiveram o vigor mínimo para comercialização somente até 90 dias de armazenamento.

O teste de germinação padrão apresentou resultados que variaram de $98,25\% \pm 2,54$ a $14,00\% \pm 1,41$ para as sementes de soja armazenadas em condições com e sem controle ambiental. Para a condição controlada as sementes tiveram sua germinação preservada até o final do armazenamento, apesar de que no tempo de 180 dias houve uma queda estatisticamente significativa ($p \leq 0,01$), contudo permaneceu dentro dos padrões exigidos para comercialização, que também é de 80% (Brasil, 2013). No armazenamento

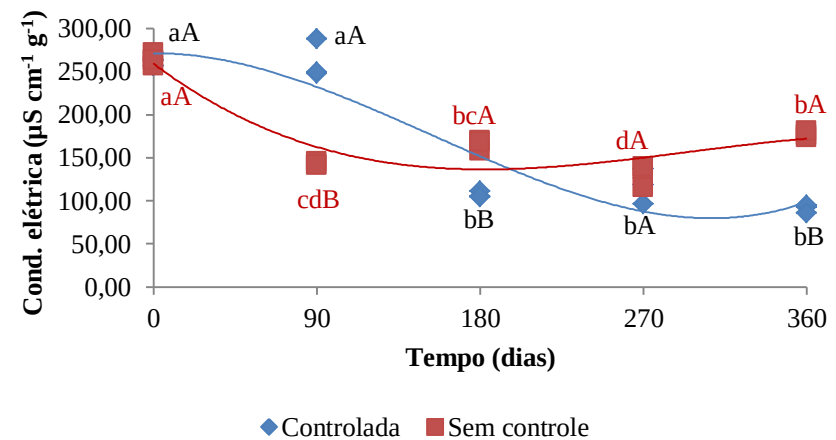
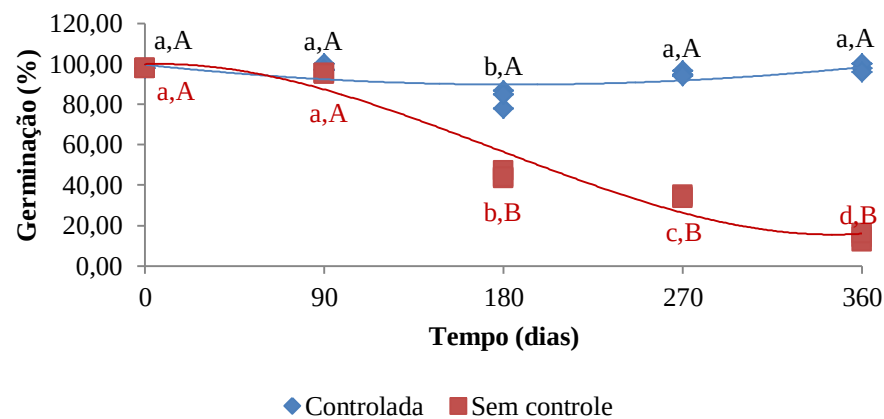
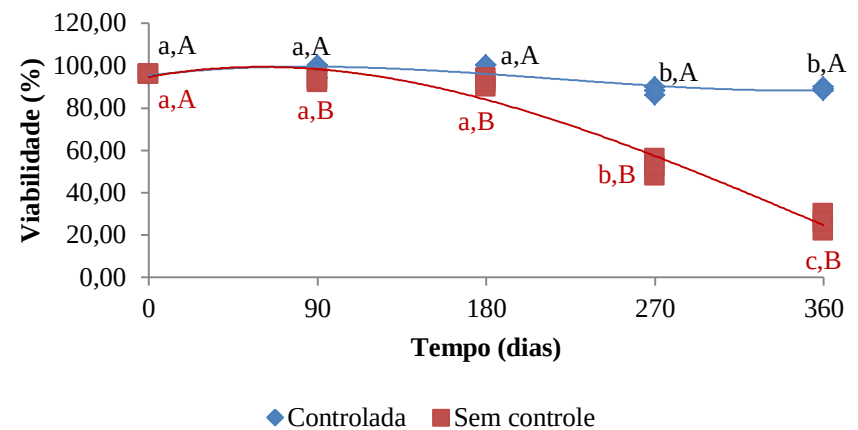
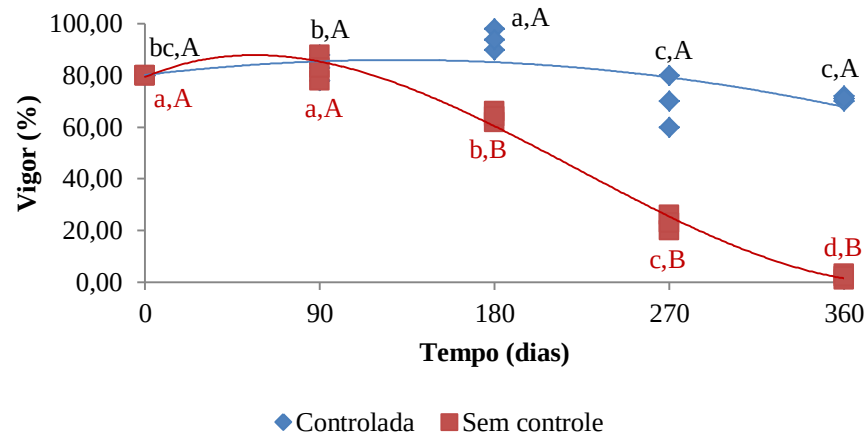


Figura 3.2 Vigor, viabilidade, germinação e condutividade elétrica das sementes de soja, cultivar NS 7780 IPRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias. Letras maiúsculas diferentes representam que as médias nas duas condições de armazenamento diferiram ($p \leq 0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, enquanto as letras minúsculas diferentes indicam que as médias nos tempos de armazenamento diferiram ($p \leq 0,05$) na mesma condição de armazenamento de acordo com o teste Tukey

sem controle, assim como para o vigor, a germinação reduziu significativamente após 90 dias, até o fim do experimento, demonstrando que as condições ambientais da região não foram apropriadas para manter as propriedades fisiológicas da semente de soja da cultivar NS 7780 IPRO por um período maior que 90 dias. Estes resultados corroboraram com os de Balesevic-Tubic et al. (2010) que observaram que a germinação da soja, na Sérvia, declinou mais em sementes armazenadas em armazéns convencionais, permanecendo abaixo de 80%, devido à variabilidade de temperatura e de UR, do que em ambiente controlado, após 180 dias de armazenamento. Por outro lado, Schons et al. (2018) no Piauí, encontraram maior porcentagem de sementes normais (% de viabilidade), cerca de 70%, em condição de armazenamento de armazém (ambiente), quando comparado com ambientes de câmara fria (10 °C e 70% UR) e silo bolsa (hermético), que obtiveram médias variando em torno de 55% após 180 dias. Contudo explicaram que o menor teor de água das sementes na condição ambiente pode ter proporcionado a melhor conservação da qualidade.

A condutividade elétrica variou de $264,15 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1} \pm 6,23$ a $91,15 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1} \pm 3,98$. No armazenamento das sementes de soja com controle das condições ambientais, a condutividade se manteve estável até os 90 dias, em seguida, reduzindo significativamente, apresentando médias que não diferiram até o fim do armazenamento. Para a condição sem controle houve redução significativa nos primeiros 90 dias, e depois as médias oscilaram, porém permaneceram inferior à inicial.

A condutividade elétrica quantifica a lixiviação de substâncias ionizantes, que ocorre nos grãos em função dos danos mecânicos e, ou térmicos causados na estrutura celular. Quanto maior a quantidade de nutrientes lixiviados, maior a deterioração das estruturas externas, consequentemente, menor a qualidade fisiológica (Coradi et al., 2015). Observou-se, que houve aumento da deterioração dos grãos, pelo teste de condutividade elétrica, a partir de 180 dias para a condição controlada e de 90 dias para a condição sem controle.

Smaniotto et al. (2014) avaliaram a qualidade fisiológica de soja durante o armazenamento e descobriram que na temperatura de 20 °C, os grãos se mantiveram com melhor qualidade, em função do teste de condutividade elétrica, comparado com o grão armazenado em temperaturas mais altas. Segundo Alencar (2006), o aumento da condutividade elétrica é mais expressivo à medida que se aumenta a temperatura e o teor de água dos grãos, para temperaturas acima de 30 °C, pela desorganização de membranas,

que, possivelmente, foi causada por oxidação dos lipídios de membrana. No presente estudo, também foi possível observar que em temperaturas do ar mais elevadas (outubro de 2020), determinaram-se valores mais altos de condutividade elétrica no ambiente sem controle, e que no armazenamento em temperaturas mais baixas houve redução dos valores. Esta redução indica que as sementes melhoraram a qualidade fisiológica com o tempo de armazenamento, no ambiente controlado, porém Szemruch et al. (2015) explicaram que o armazenamento em baixas temperaturas pode influenciar na capacidade do teste, devido a uma reorganização das estruturas externas das membranas das sementes, resultando em menor vazamento de exsudatos.

Todos os testes indicam a qualidade fisiológica das sementes, contudo Michelin e Bonneti (2019) compararam quatro cultivares transgênicas, sendo duas RR e duas IPRO, durante 150 dias, e observaram melhores resultados pelo teste de Tetrazólio seguido pelo teste Oficial (germinação padrão), demonstrando que outros testes, como o de condutividade elétrica, podem apresentar mais erros pela influência de condições externas.

Pela análise de correlação de Pearson (Apêndice 5) observou-se que, dentre os parâmetros avaliados, a umidade apresentou destaque, com correlação positiva alta com três das quatro propriedades fisiológicas, sendo o vigor (0,75), a viabilidade (0,76) e a germinação (0,63). O pH se correlacionou positivamente com a condutividade elétrica (0,48); a acidez apresentou correlação negativa com vigor (-0,52) e viabilidade (-0,61); a atividade de água obteve alta associação positiva com vigor (0,82), viabilidade (0,85) e germinação (0,65); a luminosidade se correlacionou positivamente com germinação (0,45) e condutividade elétrica (0,57); e ângulo Hue apresentou correlação positiva com vigor (0,40) e germinação (0,68). Além disso, as propriedades fisiológicas se correlacionam entre si, o vigor com a viabilidade (0,98), ambos pela análise de tetrazólio, e com a germinação (0,88) e a viabilidade com a germinação (0,85).

A análise de componentes principais (ACP) (Figura 3.3 e Apêndice 6) demonstrou que o primeiro componente (CP_1) correspondeu com 36,86% das variações, o segundo componente (CP_2) com 28,56% e o terceiro com 13,07%, juntos foram responsáveis por 78,49% das variáveis totais. Os vetores próximos apresentaram correlação positiva, como a umidade com a atividade de água e o vigor com a viabilidade. Os vetores opostos demonstraram correlação negativa, como carboidratos com proteína e umidade com acidez.

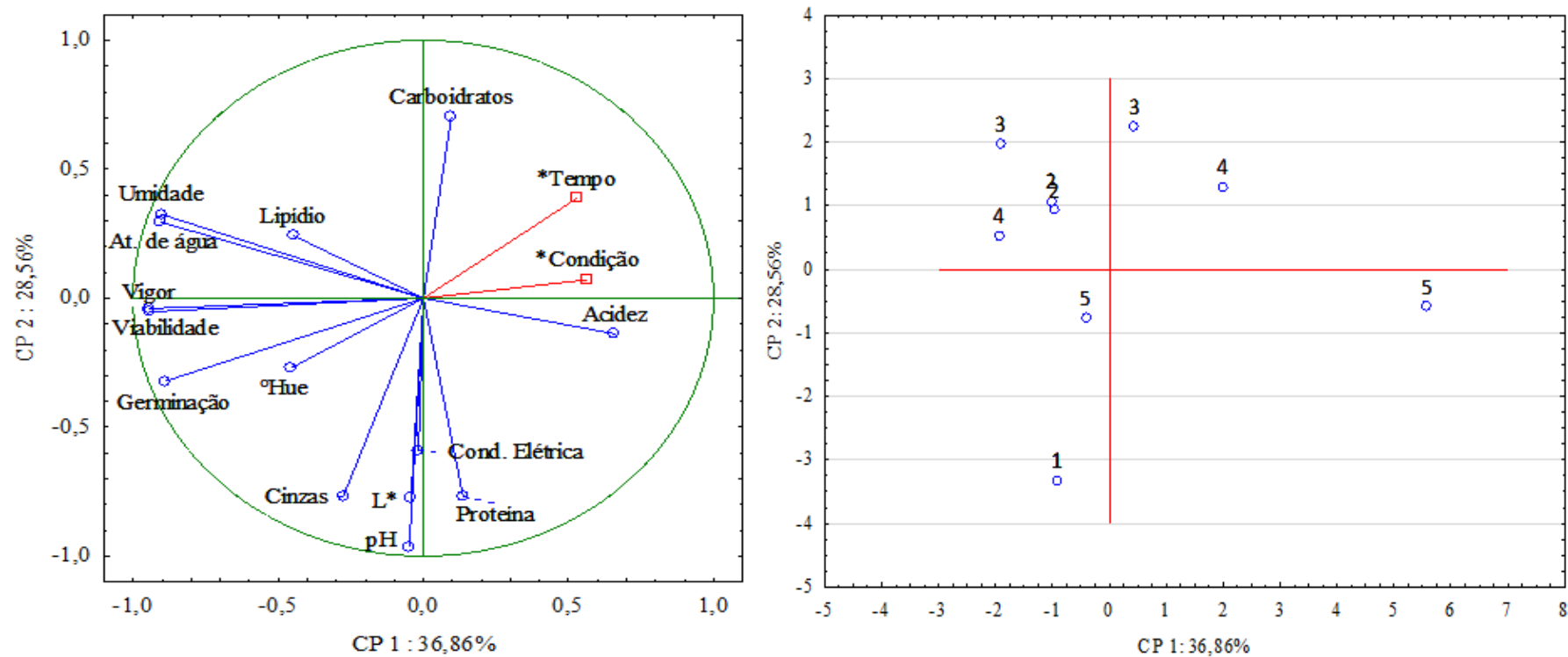


Figura 3.3 Análise de componentes principais das propriedades físico-químicas e fisiológicas de sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12\text{ °C} \pm 2$) e sem controle, durante 360 dias, com cinco tempos de avaliação

Os pontos da CP₁ foram obtidos pela Equação (1) e CP₂ pela Equação (2), nas quais as variáveis X₁-X₁₆ foram respectivamente: umidade, cinzas, lipídio, proteína, carboidratos totais, pH, acidez total titulável, atividade de água, luminosidade, ângulo hue, vigor, viabilidade, germinação, condutividade elétrica, tempo de armazenagem e condição de armazenamento.

$$CP_1 = -0,904X_1 - 0,275X_2 - 0,447X_3 + 0,136X_4 + 0,096X_5 - 0,0487X_6 + 0,659X_7 - 0,905X_8 - 0,043X_9 - 0,455X_{10} - 0,945X_{11} - 0,946X_{12} - 0,889X_{13} - 0,017X_{14} + 0,528X_{15} + 0,566X_{16}$$

(Equação 1)

$$CP_2 = 0,326X_1 - 0,765X_2 + 0,242X_3 - 0,766X_4 + 0,703X_5 - 0,964X_6 - 0,138X_7 + 0,295X_8 - 0,774X_9 - 0,270X_{10} - 0,053X_{11} - 0,040X_{12} - 0,321X_{13} - 0,593X_{14} + 0,387X_{15} + 0,072X_{16}$$

(Equação 2)

De acordo com a ACP, o tempo de armazenagem apresentou influência inversamente proporcional (vetores opostos e correlação negativa) com o vigor, a viabilidade e a germinação, assim como no teor de cinzas, pH e luminosidade, demonstrando que ao longo do tempo esses parâmetros reduziram. A condição de armazenamento além de reduzir o vigor, viabilidade e germinação, também influenciou na umidade, atividade de água e ângulo Hue, demonstrando que o armazenamento sem controle proporcionou redução desses parâmetros.

Dos tempos de avaliação na ACP (Figura 2.3) observa-se que o 2 (90 dias), 3 (180 dias) e 4 (270 dias) se concentraram no primeiro e segundo quadrantes, influenciando mais nas respostas das propriedades químicas, como carboidratos, umidade e lipídios, enquanto que o tempo 1 (0 dias) se manteve no terceiro quadrante, tendo maior influência em propriedades físico-químicas como pH, luminosidade e ângulo Hue. O tempo 5 (360 dias) como ficou mais próximo do eixo x, pode ter pouca influencia nas respostas, ou apresentou influência nas propriedades com vetores próximos ao eixo, como as propriedades fisiológicas e a acidez.

2.4 CONCLUSÃO

O tempo e a condição de armazenamento provocam alteração na maioria das características físico-químicas e em todas as propriedades fisiológicas avaliadas das

sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO. O tempo de armazenagem influencia as propriedades fisiológicas, assim como no teor de cinzas, pH e luminosidade. A condição de armazenamento sem controle reduz o vigor, a viabilidade, a germinação, a umidade, a atividade de água e afeta a cor das sementes. As condições ambientais da região de Goiânia não conservam as propriedades fisiológicas da semente de soja da cultivar NS 7780 IPRO por um período maior que 90 dias, e apesar da germinação permanecer adequada até o final do armazenamento com controle ambiental, o vigor fica dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para comercialização apenas até 180 dias de armazenamento.

2.5 REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. DA; LACERDA FILHO, A. F.; FERREIRA, L. G.; MENEHITT, M. R. Influence of different storage conditions on soybean grain quality. 9th International Working Conference on Stored Product Protection. **Anais...** Campinas, São Paulo, Brazil: 2006.

AOAC –Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**, ed. 19. Gaithersburg, 2016. 3000p.

BALESEVIC-TUBIC, S.; TATIC, M.; DORDEVIC, V.; NIKOLIC, Z.; DUKIC, V. Seed viability of oil crops depending on storage conditions. **HELIA**, Novi Sad, v. 33, n. 52, p. 153-160, 2010.

BRANDÃO JUNIOR, D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNARDINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. G. G. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.7, n. 1/2, p.184, 1997.

BRASIL. **Instrução normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**: Padrão para Produção e Comercialização de Sementes de Soja. Brasília: D.O.U., 2013. 38p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 397 p.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, safra 2018/19, v. 6, n. 11 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, ago. 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 07 set. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, safra 2018/19, v. 7, n. 4 – Sétimo levantamento, Brasília, jan. 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 10 jan. 2020.

COPELAND, L. O. **Principles of seed science and technology**. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1976. 360p.

CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; PRADO, R. L. F.; FERNANDES, T. C. Qualidade de grãos de soja armazenados em baixas temperaturas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 9, n. 3, p. 197–208, 2015.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M de; PARAGINSKI, R. T. **Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil**. Pelotas: Santa Cruz, 2013. 491 p.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Food Energy – Methods of analysis and conversion factors**. FAO: Food and Nutrition, Roma, 2003, p. 77,

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 116).

FRANÇA-NETO, J. DE B; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **High quality soybean production technology**. 2016.
Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf>>. Acesso em: jan. 2020.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 727-733, 2010.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Yield and quality of soft tofu as affected by soybean physical damage and storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 4798–805, 1998.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Yield and textural properties of tofu as affected by the changes of phytate content during soybean storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 4, p. 1185– 91, 2003.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Storage affects color and chemical composition and tofu making quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, Nova Jersey, v. 28, p. 473–88, 2005.

KHAN, M. M. A.; KUMAR, A.; BALA, K. L. Effect of storage conditions on physio-chemical characteristics of tray and solar dehydrated health functionality indigenous fermented soybean Hawijar. **International Journal of Food and Fermentation Technology**, Nova Deli, v. 6, n. 1, p. 137–142, 2016.

KIBAR, H.; KIBAR, B. Changes in some nutritional, bioactive and morpho-physiological properties of common bean depending on cold storage and seed moisture contents. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdã, v. 84, s/n, p. 1-11, 2019.

KONG, F.; CHANG, S. K. C.; LIU, Z.; WILSON, L. A. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 3, p. 134–144, 2008.

LEE, J. H.; CHO, K. M. Changes occurring in compositional components of black soybeans maintained at room temperature for different storage periods. **Food Chemistry**, Barking, v. 1, n. 131, p. 161-169, 2012.

LIST, G. R.; MOUNTS, T. L. Origin of the nonhydratable soybean phosphatides: whole beans or extraction? **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 70, p. 639-641, 1993.

LIU, C.; WANG, X.; MA, H.; ZHANG, Z.; WENRUI, GAO; XIAO, L. Functional properties of protein isolates from soybeans stored under various conditions. **Food Chemistry**, Barking, v. 11, n. 1, p. 29-37, 2008.

MICHELON, C.; BONETTI, L. P. Variação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares transgênicas de soja em decorrência do tempo de armazenamento. **Ciência & Tecnologia**, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 8-12, 2019.

MUIR, W. E.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain Preservation Biosystems**. Manitoba: University of Manitoba, 2000. cap. 19, 20 p.

MUIR, W.E.; WHITE, N. D.G. **Microorganisms in stored grain**. In: MUIR, W.E. (Ed.), **Grain Preservation Biosystems**: Manitoba, p. 1-17. 2000.

NARAYAN, R.; CHAUHAN, G.S.; VERMA, N.S. Changes in the quality of soybean during storage. Part 2 – Effect of soybean storage on the sensory qualities of the products made therefrom. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, California, v. 30, p. 181-190, 1988.

POMERANZ, Y.; ZELENY, L. Biochemical and functional changes in stored cereal grains. **CRC - Critical Reviews in Food Technology**, Oxfordshire, v. 2, n. 1, p. 45-80, 2009.

RANI, P. R.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; KAVITHA-ABIRAMI, C. V. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdã, v. 52, n. 3, p. 78-85, 2013.

ROESLER, K.; SHEN, B.; BERMUDEZ, E.; LI, C.; HUNT, J.; DAMUDE, H. G.; RIPP, K. G.; EVERARD, J. D.; BOOTH, J. R.; CASTANEDA, L.; FENG, L.; MEYER, K. An improved variant of soybean type 1 diacylglycerolacyltransferase increases the oil content and decreases the soluble carbohydrate content of soybeans. **Plant Physiology**, Rockville, v. 171, n. 2, p. 878-893, 2016

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L.J.; ELIAS, M.C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

SCHONS, A.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; SILVA, A. V.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p. 109-121, 2018.

SMANIOTTO, T. A. DE S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. DE; 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.

SZEMRUCH, C.; LONGO, O. DEL; FERRARI, L.; RENTERIA, S.; MURCIA, M.; CANTAMUTTO, M.; RONDANINI, D. Ranges of vigor based on the electrical conductivity test in dehulled sunflower seeds. **Research Journal of Seed Science**, Nova York, v. 8, n. 1, p. 12–21, 2015.

TIECKER JUNIOR, A.; GUIMARÃES, L. E.; FERRARI FILHO, E.; CASTRO, B. DE; DEL PONTE, E. M.; DIONELLO, R. G. qualidade físico-química de grãos de milho armazenados com diferentes umidades em ambientes hermético e não hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 174–186, 2014.

UARROTA, V. G.; SEGATTO, C.; VOYTENA, A. P. L.; MARASCHIN, M.; AVILA, L. V.; KAZAMA, D. C. S.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. Metabolic fingerprinting of water- stressed soybean cultivars by gas chromatography, near- infrared and UV- visible spectroscopy combined with chemometrics. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Oxford, v. 205, p. 141–156, 2019.

WANG, J.; JIANG, P.; LI, D.; MA, Q.; TAI, S. J.; ZUO, Z. P.; SUN, Q. Q.; DONG, L. H. Moisture variation and modeling of cotton and soybean seeds under different storage conditions. **Acta Agronomica Sinica**, Beijing, v. 36, n. 7, p. 1161–1168, jul. 2010.

WANG, J.; ZHOU, P.; SHI, X.; YANG, N.; YAN, L.; ZHAO, Q.; YANG, C.; GUAN, Y. Primary metabolite contents are correlated with seed protein and oil traits in near-isogenic lines of soybean. **Crop Journal**, Beijing, v. 7, n. 5, p. 651–659, 2019.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Canoas: Salles, 2005. 586p.

ZIEGLER, V.; MARINI, L. J.; FERREIRA, C. D.; BERTINETTI, I. A.; SILVA, W. S. V.; GOEBEL, J. T. S.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality evaluation parameters of soybean grain and oil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 131-144, 2016.

CAPÍTULO 3

PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE SEMENTES DE SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA DURANTE O ARMAZENAMENTO COM E SEM CONTROLE AMBIENTAL

Priscylla Martins Carrijo Prado¹; Marivone Moreira dos Santos¹; Márcio Caliari²; Manoel
Soares Soares Júnior¹²

¹ Setor de Agricultura, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

²Setor de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

RESUMO

PRADO, P. M. C. Propriedades fisiológicas e físico-químicas de sementes de soja convencional e transgênica durante o armazenamento com e sem controle ambiental. 2020. 23 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

Informações sobre o pós-colheita de sementes de soja transgênicas ainda são escassas, entretanto são importantes, uma vez que alterações fisiológicas e físico-químicas, ao longo do tempo, podem inviabilizar o lote de sementes. A partir disso, o objetivo deste estudo foi avaliar e comparar as alterações nas propriedades fisiológicas e físico-químicas durante o armazenamento com e sem controle ambiental de sementes de soja (cultivares convencional e transgênica) durante 360 dias. Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com esquema fatorial 2x2x5, sendo duas cultivares (BRS 284 e Desafio RR), duas condições de armazenamento (com controle: 12°C ± 2 e 70% ± 5 UR; sem controle ambiental) e cinco tempos de avaliações, com intervalos de 90 dias a partir do início do armazenamento. O tempo de armazenagem reduz os valores das propriedades fisiológicas, a umidade, o teor de cinzas, pH e atividade de água das cultivares BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica). A condição de armazenamento sem controle proporciona mais rápida degradação do vigor, da viabilidade, da germinação, da atividade de água e do ângulo Hue das sementes das duas cultivares. A condição ambiental da região de estudo não conserva o potencial fisiológico das sementes de soja das cultivares BRS 284 e Desafio RR por um período maior que 180 dias. Em condições controladas a cultivar Desafio RR permanece com a viabilidade e germinação dentro dos padrões exigidos até o fim do armazenamento, enquanto que a cultivar convencional preserva a qualidade fisiológica somente até 90 dias de armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max* (L. Merr.); BRS 284; Desafio RR; pós-colheita, composição centesimal, germinação, vigor.

¹Orientador: Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

Coorientadores: Profª Drª Marivone Moreira dos Santos e Profº Drº Márcio Caliar

ABSTRACT

PRADO, P. M. C. Physiological and physicochemical properties of conventional and transgenic soybean seeds during storage with and without environmental control. 2020. 23 f. Dissertation (Masters in Agronomy: Vegetables production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

Information on the post-harvest of transgenic soybean seeds is still scarce, however they are important, since physiological and physicochemical changes, over time, can make the seed lot unfeasible. From this, the objective of this study was to evaluate and compare changes in physiological and physicochemical properties during storage with and without environmental control of soybean seeds (conventional and transgenic cultivars) for 360 days. A completely randomized design was used, with a 2x2x5 factorial scheme, with two cultivars (BRS 284 and Desafio RR), two storage conditions (with control: 12 ° C ± 2 and 70% ± 5 RH; without environmental control) and five evaluation times, with intervals 90 days from the start of storage. The storage time reduces the values of physiological properties, humidity, ash content, pH and water activity of BRS 284 (conventional) and Desafio RR (transgenic) cultivars. The condition of uncontrolled storage provides faster degradation of vigor, viability, germination, water activity and the Hue angle of the seeds of the two cultivars. The environmental condition of the study region does not conserve the physiological potential of soybean seeds of cultivars BRS 284 and Desafio RR for a period longer than 180 days. Under controlled conditions the Desafio RR cultivar remains viable and germinates within the required standards until the end of storage, while the conventional cultivar preserves physiological quality only up to 90 days of storage.

Key words: *Glycine max* (L. Merr.); BRS 284; Desafio RR; post-harvest, proximate composition, germination, vigor.

¹Advisor: Prof^o Dr^o Manoel Soares Soares Júnior

Co-advisor: Prof^a Dr^a Marivone Moreira dos Santos e Prof^o Dr^o Márcio Caliarí

3.1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja apresenta grande importância na economia brasileira, com mais de 115 milhões de toneladas na safra 2017/18 (Conab, 2020). Além do comércio mundial em alta, o constante aumento no cultivo dessa leguminosa também pode ser atribuído ao uso de materiais geneticamente modificados (GM), sendo que de 2003, ano em que foi autorizado o uso de GMs no Brasil, a 2014 houve um aumento de 1.306% na área cultivada com transgênico (Almeida et al., 2017). Na safra 2017/18 cerca de 50% da área de soja foi ocupada pela cultivar Intacta, 45% com a tecnologia RR e 5% de soja convencional (Conab, 2019). Apesar da expectativa de um manejo mais fácil da lavoura, maiores rendimentos e, conseqüentemente, maior lucratividade para o produtor, as informações sobre produção e principalmente pós-colheita dessa tecnologia ainda são escassas.

Para os produtores de sementes é comum durante a safra, e regulamentado na Lei Federal nº 10.711/2003 e no Decreto nº 5.153/2004 (Brasil, 2003; 2004), que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças, guardar uma parte da sua produção para semeadura na próxima safra. Porém, após a colheita o produto deve ser beneficiado e armazenado na própria fazenda, visando à conservação para o uso na próxima safra. Por outro lado, se o produtor adquire as sementes de uma empresa, o produto foi beneficiado e armazenado em Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS), com condições de temperatura, umidade relativa do ar (UR) e teor de água da semente (abaixo de 13%) dentro dos padrões exigidos para comercialização. No momento em que este material é transportado para a propriedade, se não forem semeadas em seguida, ou não serem armazenadas em locais adequados (ambiente climatizado, por exemplo), estarão suscetíveis a alterações fisiológicas reduzindo o potencial germinativo (Brandelero et al., 2019).

Além disso, ocorre a degradação das propriedades físico-químicas das sementes, que depende da temperatura e umidade de armazenamento, podendo levar a ações enzimáticas ou processos oxidativos capazes de inviabilizá-las (Ziegler et al., 2016). Segundo Belmiro et al. (2010), também durante o armazenamento, a acidez total apresentou tendência de aumento e o pH de redução, enquanto Donadon et al. (2015) reportaram que o armazenamento contribuiu para a redução do valor de algumas

propriedades físico-químicas, e esta deterioração está relacionada à degradação de proteínas e lipídios das reservas das sementes.

Trabalhos tem demonstrado que sementes de tecnologia transgênica vêm apresentando inferior poder fisiológico quando comparadas a cultivares convencional, apesar de apresentarem maior teor de lignina no tegumento, característica que influencia na resistência a danos (Carvalho, Oliveira & Caldeira, 2014; Carvalho et al., 2016). Desta forma, as informações pós-colheita de novos materiais genéticos de soja são de extrema importância para a conservação dos lotes e sucesso da safra seguinte. A partir desta problemática, este estudo objetiva avaliar aspectos físico-químicos e fisiológicos durante o armazenamento de sementes de soja com a tecnologia RR, a segunda mais plantada no Brasil, além de uma convencional, estocadas em câmara fria e sob condição ambiente, durante 360 dias, visando estimar o tempo ideal de armazenamento para cada cultivar em cada condição de armazenamento.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Material

As sementes da cultivar BRS 284, de tecnologia convencional, foram cultivadas em Mineiros/GO, enquanto as da cultivar Desafio RR(8473 RSF), de tecnologia RR (que indica resistência ao herbicida glifosato), em Chapadão do Céu/GO. As sementes foram colhidas entre 18 e 24 de fevereiro de 2018, e imediatamente transportadas para beneficiamento e armazenamento em câmara fria a 15 °C, em Chapadão do Céu/GO pela empresa de sementes Uniggel, até o início do ensaio.

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Ensaio de armazenamento

O ensaio foi conduzido na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), localizada em Goiânia-GO, entre 08 de outubro de 2018 e 08 de outubro de 2019. Inicialmente, as sementes foram homogeneizadas e divididas em sub-amostras, embaladas em sacos de polipropileno trançado, armazenadas sob diferentes condições, e

avaliadas a cada 90 dias em relação às propriedades fisiológicas e físico-químicas. Como as sementes são armazenadas para utilização na próxima safra, buscou simular as condições de temperatura e umidade relativa do ar, que ocorrem na armazenagem de produtores que não possuem locais com controle das condições de armazenamento e de empresas de sementes, que controlam estas condições, em câmaras fria por exemplo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2x2x5, sendo 2 cultivares; 2 condições de armazenamento (ambiente controlado e não controlado); e 5 avaliações periódicas, em três repetições originais. O armazenamento em ambiente controlado ocorreu em câmara fria, localizada no Setor de Melhoramento Genético, com temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa de $70\% \pm 5$. O armazenamento em ambiente não controlado, ocorreu na sala de arquivo do Laboratório de Análise de Sementes e Mudas (Lasem) e, por não possuir climatização, a temperatura e umidade relativa foram monitoradas pela estação meteorológica localizada na Escola de Agronomia, variando conforme os dados climáticos da região (Anexo 1). Neste laboratório também foram realizadas as análises das propriedades fisiológicas, enquanto as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais (Labdarsa).

3.2.2.2 *Propriedades Físico-químicas*

As análises seguiram as metodologias descritas na Association of Official Agricultural Chemistry (AOAC, 2016), em triplicata. A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105°C até peso constante (método 925.45b); o teor de lipídeos com éter de petróleo em extrator *Soxhlet* (método 920.39); o teor de nitrogênio total pelo Método de Kjeldahl, que multiplicado por 6,25 resultou no teor de proteína bruta (método 960.52); o teor de cinzas por incineração da amostra em forno mufla a 550°C até completa carbonização (método 923.03); e o teor de carboidratos totais foi obtido pela diferença entre 100 e a somatória dos demais componentes (FAO, 2003). Além da composição centesimal foram realizadas análises de atividade de água, pelo equipamento digital Aqualab (Decagon Devices, Series 3TE, São José dos Campos, Brasil); cor instrumental, com colorímetro portátil (Konica Minolta, CR-10, Osaka, Japão), utilizando espaço de cor L^* , a^* , b^* (luminosidade, coordenada vermelho/verde, coordenada amarelo/azul), e ângulo Hue (0° : vermelho e 90° : amarelo), calculado a partir das

coordenadas a^* e b^* (Eq. 3.1); pH, misturando 2,5 g de amostra em 25 mL de água destilada e fazendo medição em potenciômetro digital (método 981.12); acidez total titulável, acrescentando duas gotas de fenolftaleína na mistura, após medição do pH, para titulação com hidróxido de sódio (NaOH 0,1 M) até coloração rósea persistente (método 947.05). O índice de acidez foi calculado pela equação 3.2.

$$\text{Ângulo Hue} = (\text{ATAN}(\frac{b^*}{a^*}) / (6,2832) \times 360) \quad (\text{Equação 3.1})$$

$$\text{Acidez (\%)} = \left(\frac{V_{\text{NaOH}} \times f_c \times 0,1}{M} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 3.2})$$

Em que: V_{NaOH} é o volume (mL) de NaOH gasto na titulação; f_c é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio; 0,1 é a molaridade do hidróxido de sódio; e M é a massa da amostra (g); a^* e b^* são as coordenadas de cor.

3.2.2.3 Propriedades fisiológicas e condutividade elétrica

O vigor, a viabilidade e a germinação das sementes foram determinados segundo as metodologias descritas na Regra para Análise de Sementes (Brasil, 2009). O teste de tetrazólio foi utilizado para determinar o vigor e a viabilidade das sementes, além de fornecer dados das causas que reduziram a qualidade da semente, como danos por umidade, danos mecânicos e danos causados por percevejos. A determinação da viabilidade foi complementada pela metodologia de França Neto, Krzyzanowski & Costa (1998).

As sementes foram classificadas de 1 a 8, sendo o vigor calculado pela somatória das Classes 1, 2 e 3, multiplicada por dois; o percentual de viabilidade pela soma das Classe 4 e 5, multiplicada por dois. As Classes 6, 7 e 8 indicam sementes mortas, duras ou dormentes. As injúrias foram identificadas pela coloração, que varia de vermelho carmim, que indica tecido vivo e vigoroso; vermelho carmim forte é o tecido em deterioração; e branco leitoso indicando tecido morto. O teste de germinação padrão foi realizado com 400 sementes, sendo 8 repetições de 50 sementes. O volume de água utilizado para umedecer o papel Germitest foi calculado pelo peso das folhas utilizadas por amostra, multiplicado por 2,5. Durante a leitura as plântulas foram classificadas em normais, aquelas que demonstraram potencial para continuar o desenvolvimento e dar origem a uma

plântula normal; anormais, que não demonstraram potencial para dar origem a uma plântula normal; duras, que não absorveram água, apresentando aspecto de recém colocadas; dormentes, absorveram água, mas não germinaram nem deterioraram mesmo em condições ideais; ou mortas, não germinaram, nem se apresentaram duras ou dormentes, normalmente apresentando ataque de microrganismos. O percentual de germinação é determinado pela soma das plântulas normais e anormais.

No teste para determinação da condutividade elétrica foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, sendo estas pesadas e colocadas para embeber com 75 mL de água destilada. Em seguida foram mantidas em câmara de germinação a 25°C por 16 h e, após este período, a condutividade elétrica da solução foi medida por um condutímetro de bancada, de acordo com a descrição de Brandão Júnior et al. (1997).

3.2.2.4 *Análise estatística*

Os dados foram submetidos à análise de variância fatorial (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, e também a análise de regressão, análise de correlação de Pearson e análise de componentes principais (ACP).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados médios das propriedades físico-químicas e fisiológicas durante o armazenamento das sementes de soja das cultivares BRS 284 e Desafio RR estão presentes nos apêndices 7.1, 7.2, e 7.3. Além disso, estes apêndices também apresentam os desdobramentos do teste Tukey para os parâmetros com a interação cultivar*tempo*condição significativa ($p \leq 0,05$).

Por meio da análise de variância (apêndices 8.1; 8.2; 8.3 e 8.4) verificou-se que a cultivar, o tempo de armazenagem, a condição de armazenamento e as interações cultivar*tempo, cultivar*condição, tempo*condição e cultivar*tempo*condição foram significativas ($p \leq 0,01$) para germinação e condutividade elétrica das sementes. Não foi significativa ($p > 0,05$) a interação cultivar*condição para umidade, vigor e viabilidade; e também a cultivar para atividade de água. As interações cultivar*tempo e cultivar*condição não apresentaram efeitos significativos ($p > 0,05$) para os teores de proteína e carboidratos. Para pH, além da interação cultivar*condição, a interação das três

variáveis independentes também não foi significativa ($p>0,05$), enquanto para acidez, tanto a cultivar como a interação tempo*condição não foram significativas ($p>0,05$). As interações cultivar*condição e cultivar*tempo*condição não foram significativas ($p>0,05$) para a luminosidade, ângulo Hue e teor de lipídios, que também não foram afetados pela condição de armazenamento, cultivar e o tempo de armazenamento, respectivamente. Para cinzas, o efeito da condição de armazenamento e de suas interações com cultivar e com tempo de armazenagem também não apresentaram significância estatística ($p>0,05$).

De acordo com a análise de regressão (Apêndices 9.1; 9.2; 9.3), as variáveis dependentes umidade, cinzas, proteína, carboidratos, pH, acidez total, atividade de água, luminosidade, ângulo Hue, vigor, viabilidade, germinação e condutividade elétrica das sementes de soja de ambas cultivares armazenadas com ou sem controle, assim como lipídios para a cultivar BRS 284 armazenada sem controle das condições de armazenamento, apresentaram modelos ajustados significativos ($p\leq 0,01$). O teor de proteína das sementes de soja BRS 284 armazenadas sob controle de temperatura e UR apresentou modelo de regressão ajustado linear; a umidade, o vigor, a viabilidade e a germinação em ambas as condições de armazenamento e os lipídios e a acidez total da cultivar BRS 284 na condição sem controle apresentaram modelos quadráticos; enquanto os demais parâmetros avaliados apresentaram modelos cúbicos, que explicaram de 40% a 99% das respostas (Apêndices 10.1; 10.2; 10.3).

O teor de umidade das sementes é o que rege a qualidade das sementes armazenadas, ou seja, quanto maior a umidade maior será a perecibilidade e menor o tempo de armazenamento das mesmas. Entre 8 a 18% de umidade, o lote ainda está propício ao desenvolvimento de fungos que podem inviabilizar as sementes (Greggio; Bonini, 2014). A umidade das sementes de soja BRS 284, apesar da flutuação verificada, variou de 9,75% (no início) a 8,25% no final do armazenamento controlado, e 6,47% no final do sem controle; enquanto que na Desafio RR a variação de umidade foi de 9,99% no tempo zero a 9,17% e 7,85% nos ambientes com e sem controle, respectivamente (Apêndice 7.1). Portanto, ocorreu redução significativa ($p\leq 0,01$) da umidade das sementes após os 360 dias, em ambas as condições de armazenamento (Figura 4.1), mas em maior intensidade nas sementes da cultivar BRS 284 mantidas sem controle ambiental, que somente aos 90 dias na condição sem controle apresentou umidade superior a da cultivar Desafio RR. Coradi et al. (2015) também observaram redução da umidade em grãos de soja armazenados a 10 °C e UR de 60%, em seis meses de armazenamento, mesmo em

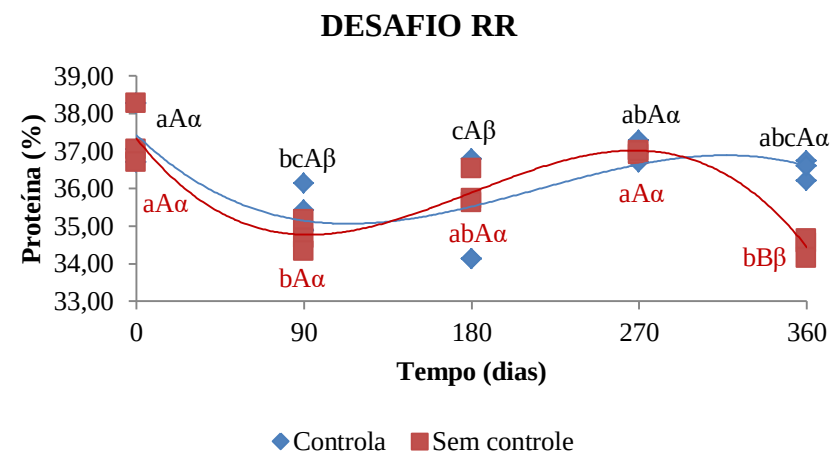
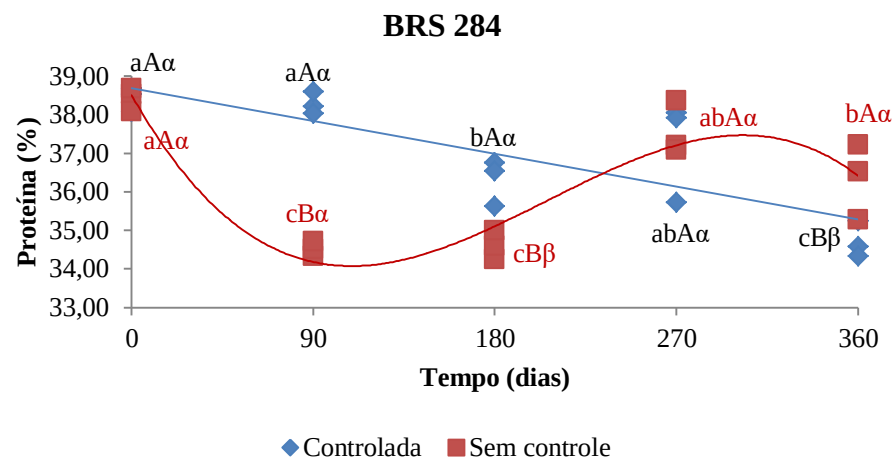
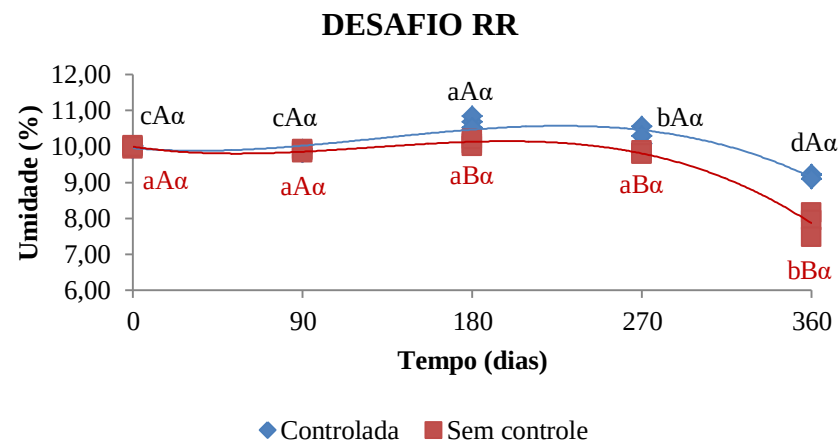
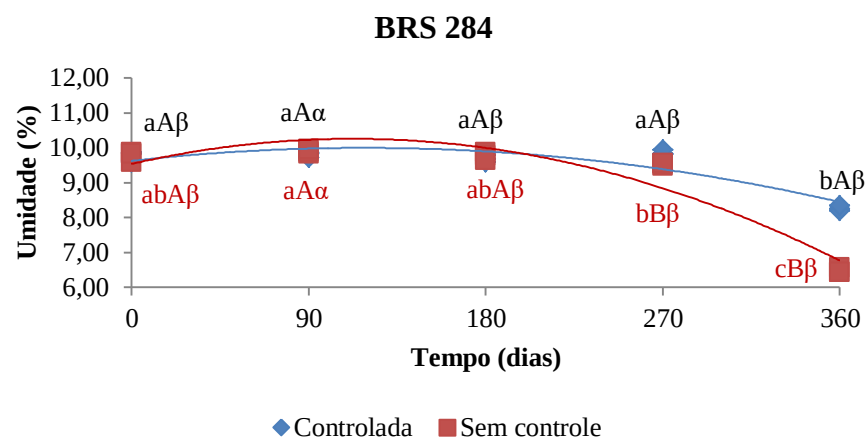


Figura4.1 Umidade e proteína das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle ambiental, durante 360 dias. Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$)

condições controladas, o teor de água reduziu de 10,31% para 9,20%, tendendo a entrar em equilíbrio com o meio. Os autores ainda armazenaram os grãos a 20°C e 80% de UR, contudo houve aumento de umidade ao longo do armazenamento, demonstrando que é mais indicado armazenagem com umidade abaixo de 80%, em concordância com a UR utilizada neste estudo de armazenamento ($70\% \pm 5$).

O teor médio de cinzas das sementes de soja BRS 284, armazenadas em ambas as condições ambientais, reduziu de 5,35% (tempo zero) a 4,79% (360 dias), não apresentando diferenças estatísticas entre as condições de armazenamento; enquanto para a cultivar transgênica variou de 5,78% a 5,17% e 5,07% na condição controlada e no ambiente sem controle, respectivamente (Apêndices 7.1 e 11.1). A cultivar transgênica apresentou teor de cinzas maior, contudo a redução ao longo do tempo foi similar para as duas cultivares e um pouco maior para o armazenamento sem controle (Desafio RR). Valores inferiores foram observados por Gonçalves et al. (2014), que quantificaram o teor de cinzas na BRS 284 de 4,60% e na cultivar BMX Potência RR de 4,79%.

O teor médio de lipídios para as sementes de soja BRS 284 variou pouco em relação ao tempo e condição de armazenamento, de 23,09% a 23,77%, sendo que esta variação não foi significativa ($p > 0,05$). Valores acima dos reportados por Alves et al. (2011), que avaliaram oito cultivares de soja convencional da Embrapa, de 18,76% para as sementes de soja BRS 258 e 22,45% para a cultivar Embrapa 48. Já os lipídios da soja Desafio RR oscilaram entre 22,25% a 22,69% na condição com controle, e de 21,09% a 22,64% na condição sem controle, sendo maior ($p \leq 0,05$) aos 90 e 180 dias na condição controlada, e aos 360 dias na sem controle. Quando se compararam as duas cultivares, verificou-se que o teor de lipídios foi maior nas sementes de soja da cultivar BRS 284 no início do ensaio, aos 270 e 360 dias de armazenamento, e não diferiu nos demais tempos (Apêndices 1.1 e 5.1). Do mesmo modo, Gonçalves et al. (2014) também observaram teor de lipídios 0,82% inferior para a cultivar transgênica (BMX Potência) com tecnologia RR (Roundup Ready), quando comparada à cultivar BRS 284. Hartmann Filho et al. (2016) obtiveram redução de 2,71% no teor de lipídio após 180 dias de armazenamento em recipientes metálicos não herméticos sob condição ambiental, e concluíram que os fatores de armazenagem (condição e tempo) influenciam para a redução de matéria seca, sendo lipídios e proteína os principais constituintes. A diferença verificada nas alterações dos lipídios obtidas neste ensaio em relação ao trabalho citado, provavelmente se deve às

características de cada cultivar, que podem utilizar diferentes substratos e vias metabólicas nas reações bioquímicas que ocorrem durante o armazenamento.

Os teores de proteína das cultivares ao longo do armazenamento apresentaram oscilações nos valores, contudo ambas apresentaram tendência de redução após 360 dias (Figura 4.1). No ambiente controlado para as sementes da BRS 284 houve redução significativa de 38,43% no início do armazenamento para 34,71% aos 360 dias, enquanto para a Desafio RR houve redução significativa até 180 dias, de 37,34% para 35,02%, em seguida aumentou aos 270 dias e voltou a reduzir aos 360 dias, permanecendo no fim do armazenamento com 36,52% de proteína. O ambiente sem controle reduziu o teor de proteína nos primeiros 90 dias, em seguida aumentou até 270 dias e também voltou a reduzir. A cultivar BRS 284 permaneceu com 36,34% e a Desafio com 34,46% de proteína aos 360 dias. Os teores iniciais de proteína se apresentaram dentro da faixa encontrada por Oliveira, Mandarino & Leite (2018) para sementes de soja da safra 2016/17, que variou de 35,96% a 39,01% no sudoeste goiano. No entanto, com o armazenamento houve a deterioração das reservas, assim como na pesquisa de Hartmann Filho et al. (2016), em que ocorreu uma redução de 0,8% em proteínas de grãos de soja após 180 dias em condição ambiente; e na pesquisa de Lee & Cho (2012), que também avaliaram o armazenamento de soja sem controle, e observaram redução 43% a 38,30% após um ano. Coradi et al. (2015) observaram redução média de 6% no teor de proteína em diferentes temperaturas de armazenamento (3, 10 e 23 °C), e concluíram que a composição química da soja reflete diretamente a sua condição, e que tanto a temperatura de secagem, quanto a temperatura, UR e o tempo de armazenamento da soja podem afetar negativamente a sua composição.

Dentre as cultivares, a BRS 284 apresentou teores de proteína inferiores aos 90 e 180 dias na condição sem controle, e aos 360 dias no ambiente controlado. Somente aos 270 dias, as sementes de ambas cultivares armazenadas sob condição controlada apresentaram teor de proteína igual. Nas demais condições e tempos de armazenamento, verificou-se que a BRS 284 obteve maiores teores de proteína (Figura 4.1). Natarajan et al. (2013) afirmaram não haver diferença entre o teor de proteína entre soja convencional e transgênica RR, em desacordo com os dados obtidos neste trabalho. Provavelmente, por se tratar de diferentes materiais genéticos estudados. Contudo, no estudo de Mardegan et al. (2008), as cultivares RR apresentaram resultados de proteína mais baixos que as convencionais, concordando com o verificado nos teores de proteína no tempo zero desta pesquisa.

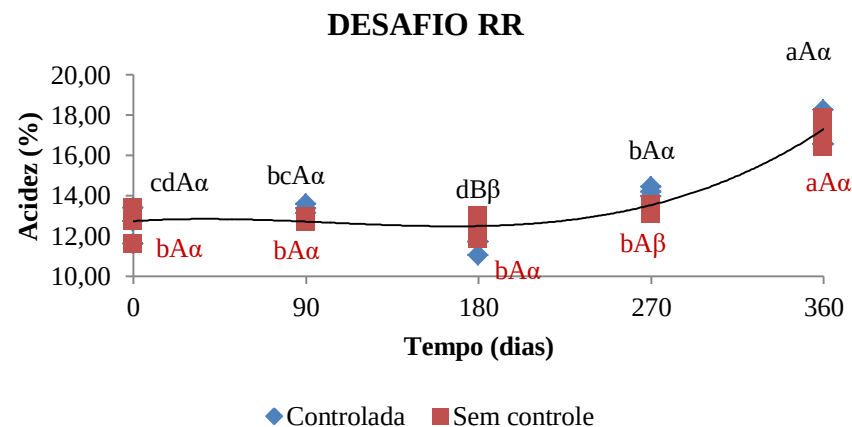
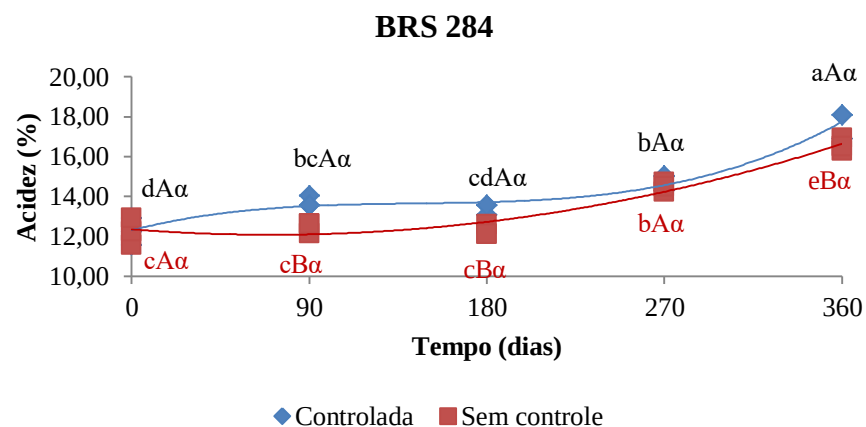
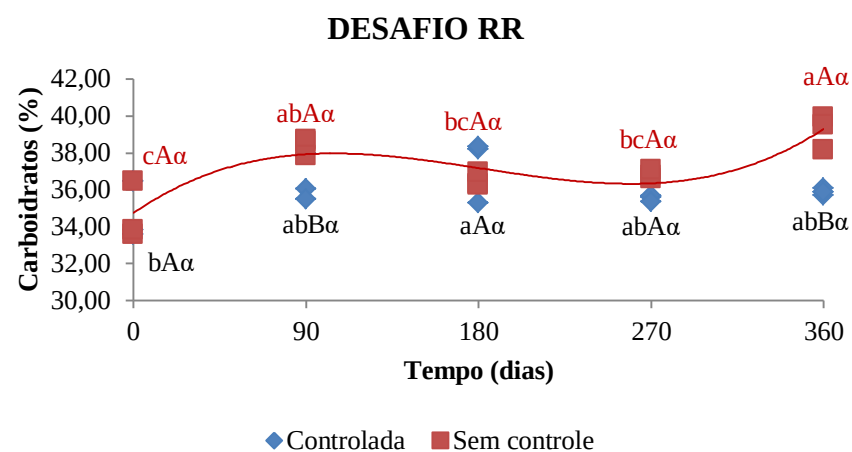
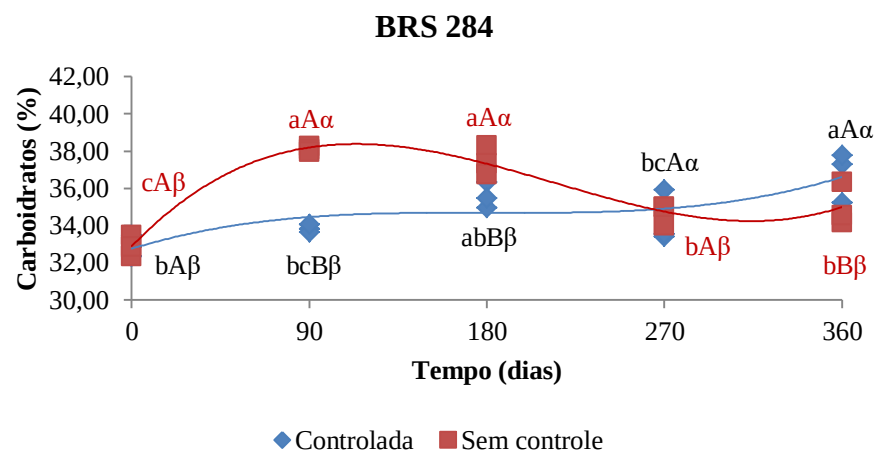


Figura 4.2 Carboidratos disponíveis e acidez das sementes de soja das cultivares BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle ambiental, durante 360 dias. Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$)

Por ser calculado pelo método da diferença, o teor de carboidratos totais apresentou tendência de aumento ao longo do armazenamento (Figura 4.2), uma vez que houve redução dos teores de umidade, proteína e cinzas. Diferenças significativas também foram verificadas em relação às condições de armazenamento e entre os materiais genéticos. A condição de armazenagem com controle aumentou o teor de carboidratos nas sementes da BRS 284 de 32,90% (início do ensaio) para 36,76% (final do ensaio), e de 34,63% para 35,88% na Desafio RR (Apêndice 7.1). No ambiente sem controle, verificou-se nas sementes da BRS 284 um aumento no teor de proteína, apesar das oscilações ocorridas. Aos 90 dias se observou uma elevação, depois queda até 270 dias e novo aumento aos 360 dias, com teor de carboidratos variando na faixa entre 32,90% e 38,10%. No entanto, para as sementes da Desafio RR a redução dos carboidratos foi verificada apenas entre 90 e 180 dias, ocorrendo um aumento significativo após, até o final do armazenamento, com oscilação de 34,63% a 39,20%.

Os valores de carboidratos disponíveis obtidos foram superiores aos reportados por Gonçalves et al. (2014), que observaram teores de 31,63% para a cultivar BRS 284, diferença que certamente se deve às condições edafoclimáticas das regiões de cultivo, assim como as de manejo. Estes autores não constatarem diferenças significativas para o teor de carboidratos entre as cultivares convencional e a transgênica RR, assim como neste estudo aos 90 e 180 dias na condição sem controle e aos 270 e 360 dias da condição controlada, em que as sementes BRS 284 e Desafio RR não diferiram entre si em relação ao teor de carboidratos. Fracasso et al. (2015), ao caracterizar a cultivar BRS 225 RR, e Quin et al. (2012), ao avaliar quatro cultivares transgênicas, obtiveram teores de carboidratos inferiores ao deste estudo, entre 21,91% e 23,07%, e também não constatarem diferenças estatísticas entre cultivares convencional e transgênicas.

A análise de correlação de Pearson (Apêndice 6) demonstrou associação negativa do teor de carboidratos disponíveis com a umidade (-0,55) e com a proteína (-0,87). Moraes et al. (2006) também observaram alta correlação de carboidratos com proteína, ao avaliarem três linhagens de soja, e explicaram que o efeito do melhoramento genético, buscando materiais com altos teores de proteína, acabou reduzindo os teores de amido, fibras e de açúcares solúveis presentes na fração de carboidratos, além dos lipídios. Neste estudo, ao final do armazenamento das sementes de soja, de forma geral ocorreu redução dos teores de umidade, cinzas e proteína, com consequente aumento dos carboidratos.

O teor de carboidratos ainda apresentou alta correlação negativa com atividade de água (-0,75), que por sua vez obteve forte correlação positiva com a umidade (0,81) (Apêndice 11). A atividade de água é a relação entre a pressão de vapor do produto e a pressão de vapor da água destilada, nas mesmas condições, e afeta tanto as reações bioquímicas como o desenvolvimento microbiano. Os microrganismos são capazes de se desenvolver em diferentes níveis de atividades de água (A_w), como bolores e leveduras que se desenvolvem em valores acima de 0,6, o que acarreta aumento da respiração de produtos perecíveis vivos (como as sementes) e perdas em massa (Barbosa-Cánovas et al., 2007).

Durante o armazenamento das sementes de soja, houve variação significativa ($p \leq 0,01$) da atividade de água (Apêndice 7.2 e 11.2), seguindo o mesmo comportamento da umidade das sementes de soja. Para as sementes da cultivar BRS 284, ocorreu redução da atividade de água de 0,644 a 0,603 no armazenamento ambiente controlado, e para 0,498 em ambiente sem controle. Enquanto para a Desafio RR, a atividade de água das sementes oscilou, mas aumentou no final do ensaio, variando na faixa entre 0,636 para 0,652 em condição ambiente, enquanto para a condição com controle diminuiu aos 360 dias de armazenamento (0,510). As oscilações ocorreram na condição sem controle devido mudanças nas condições ambientais durante as estações do ano (Anexo 1), enquanto que no armazenamento sob condições controladas, provavelmente devido ao compartilhamento da câmara fria com outros produtos.

O pH das sementes de soja armazenadas reduziu durante os 360 dias para as cultivares nas duas condições de armazenamento, demonstrando que as sementes ficaram mais ácidas (Apêndices 7.2 e 11.2). As sementes da soja BRS 284 apresentaram no armazenamento redução do pH de 6,94 para 6,56 no ambiente controlado e para 6,45 no sem controle, enquanto a cultivar Desafio RR reduziu de 7,18 para 6,60 e para 6,47 nas condições com e sem controle, respectivamente. Durante todo o ensaio, o pH das sementes de soja não diferiu estatisticamente entre aquelas armazenadas sob condições com e sem controle ambiental, exceto aos 180 dias para as da Desafio RR e aos 360 dias para ambas cultivares, quando a condição com controle apresentou sementes com maior pH. Somente aos 90 dias de armazenamento na condição sem controle houve diferença significativa entre as cultivares, com maiores valores de pH para a cultivar transgênica.

Os valores de acidez total confirmaram os valores de pH dos materiais ao longo do armazenamento, portanto ocorreu acidificação das sementes. Na cultivar BRS

284 a acidez total aumentou de 12,25% (tempo zero) para 17,68% (tempo final) no ambiente com controle, e para 16,57% no armazenamento sem controle, sendo menor na condição de armazenamento sem controle aos 90, 180 e 360 dias, nos demais não houve diferenças estatísticas. As sementes da BRS 284 apresentaram maior acidez total que as da Desafio RR somente aos 180 dias na condição controlada e aos 270 dias na condição sem controle.

Para as sementes da soja Desafio RR, somente houve diferença entre as condições de armazenamento aos 180 dias, e a acidez total no início do ensaio foi de 12,57% e ao final a 17,14% (Figura 4.2). Belmiro et al. (2010) também observaram elevação da acidez em sementes de abóbora acondicionadas por 180 dias, e explicaram que em sementes oleaginosas ocorrem reações como a lipólise, que liberam ácidos graxos livres, que podem ser ocasionadas pelo aquecimento da massa dos grãos armazenados. Greggio & Bonini (2014) avaliaram a acidez do óleo de grãos de soja no momento do carregamento e depois de armazenados em silos e constataram aumento de quase 50% após o armazenamento. Ainda, os autores observaram correlação negativa alta entre a acidez e a umidade dos grãos (-0,81), e afirmaram que umidades extremas aumentaram o teor de acidez.

Nesta pesquisa, em que esta correlação também foi alta (-0,77) (Apêndice 12), ocorreram maiores teores de acidez total nos momentos onde as umidades das sementes também foram mais baixas, no último tempo de avaliação, período de baixa UR e altas temperaturas na região (Anexo 1). Da análise de correlação, ainda foi possível notar que a acidez total se associa negativamente com pH (-0,53), a medida que o pH reduziu a acidez total aumentou, e positivamente com carboidratos (0,48), pois a acidez e o teor de carboidratos aumentaram até o fim do armazenamento.

A luminosidade média das sementes de soja BRS 284 aumentou no armazenamento de 85,10 (início) para 90,21 (final), não apresentando diferença significativa entre as condições de armazenamento, exceto aos 180 e 270 dias de armazenamento, quando as cultivares BRS e Desafio RR, respectivamente, apresentaram-se mais claras na condição de armazenagem com controle. A luminosidade da cultivar transgênica (Desafio RR) aumentou de 84,68 para 86,21 na condição controlada e para 86,27 na condição ambiente, demonstrando que ocorreu um clareamento as sementes armazenadas, com maior intensidade para a cultivar convencional (Apêndices 7.2 e 11.3).

Para o ângulo Hue, nas sementes armazenadas com controle ambiental se verificou para a soja BRS 284 redução do valor de 84,37 para 84,25, e na Desafio RR aumento de 83,89 a 85,71; enquanto no ambiente sem controle houve redução de 84,37 a 82,72 para a cultivar convencional e de 83,89 a 83,73 para a cultivar transgênica, demonstrando que a BRS 284 iniciou o armazenamento com valores superiores e finalizou com resultados inferiores, quando comparada a Desafio RR nas duas condições. Quando o valor do ângulo Hue se aproxima de 90° as sementes se tornaram mais amareladas, e quando esse valor reduz, tendendo a 0°, mais alaranjadas. Bazoni et al. (2017) também observaram redução do ângulo Hue para a cultivar BRS 284, de 88,2 para 83,7 quando armazenada a 35 °C por 270 dias e obteve comportamento inverso ao deste estudo para a luminosidade que reduziu de 88,0 para 84,0. Estes autores explicaram que o aumento da temperatura leva a degradação mais rápida da cor, e as alterações podem estar relacionadas a reações não enzimáticas, como a de Maillard, que altera sabor, odor e cor dos produtos. Oliveira, Resende & Costa (2016) reportaram que a alteração na coloração de grãos está associada a perdas na qualidade, devido à desestruturação das membranas celulares, que afetam estas características.

A composição centesimal das sementes demonstra sua capacidade de mobilização de reservas durante a germinação, resultando em melhor desempenho na emergência da plântula, ou seja, sementes com altos teores de nutrientes indicam maior qualidade fisiológica (Henning et al., 2010). Nesse estudo observou-se uma redução de alguns componentes ao longo do armazenamento, com maior intensidade no ambiente sem controle das condições ambientais. Como as sementes foram armazenadas algum tempo antes do experimento na empresa, o vigor inicial se apresentava inferior a 80%. No entanto, sabe-se que o potencial fisiológico recomendado para a comercialização de sementes de soja é de 80% a 85% (Brasil, 2013). Contudo, a viabilidade inicial estava acima, 82% para a convencional e 91% para a transgênica (Apêndice 7.3 e Figura 4.3). Como a diferença de tempo entre a colheita e o início do ensaio foi a mesma para ambas cultivares, decidiu-se seguir em frente, visando comparar as condições de armazenamento e as cultivares em função do tempo de estocagem.

Variação significativa do vigor e da viabilidade das sementes foi observada durante todo o período do ensaio, sendo que o vigor subiu até 180 dias de estocagem no ambiente controlado (Apêndice 7.3 e Figura 4.3). Apesar da flutuação ocorrida no vigor e na viabilidade das sementes da BRS 284 na condição sem controle, ambos parâmetros

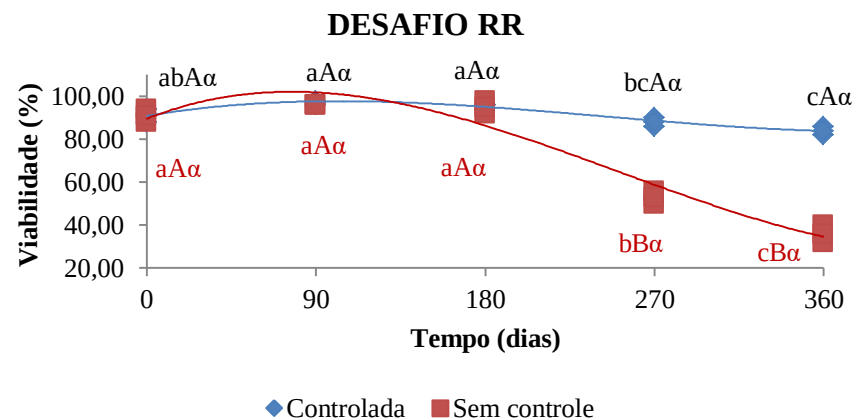
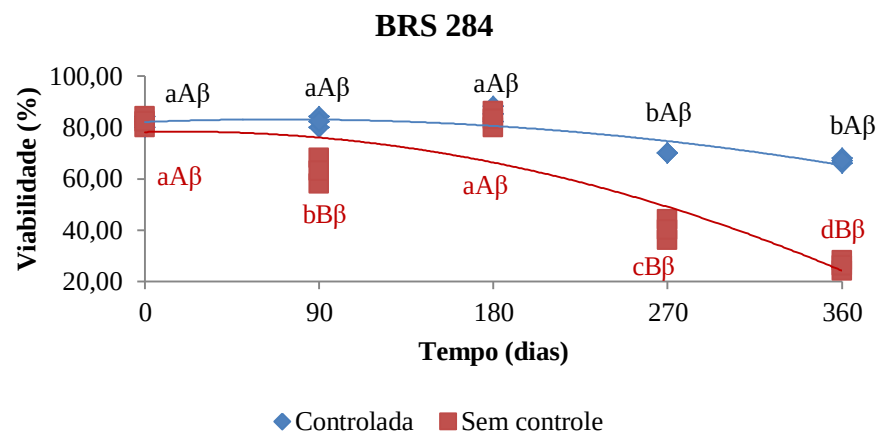
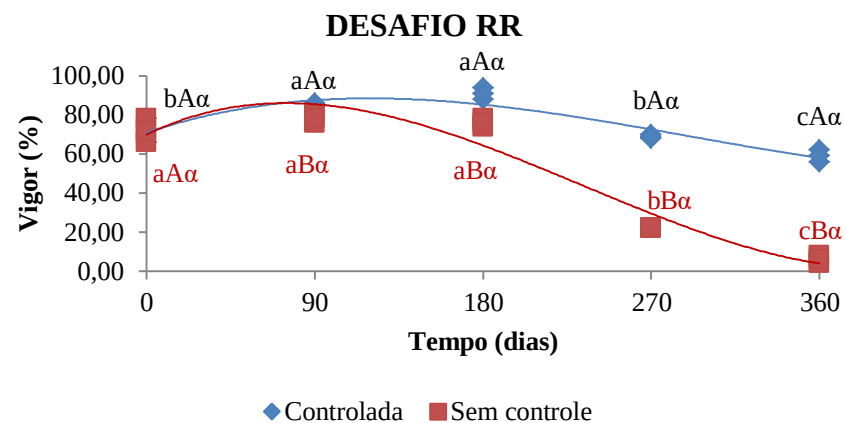
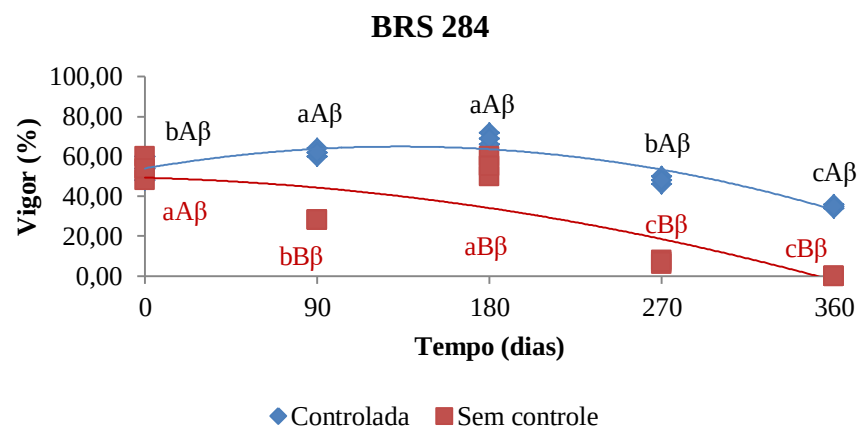


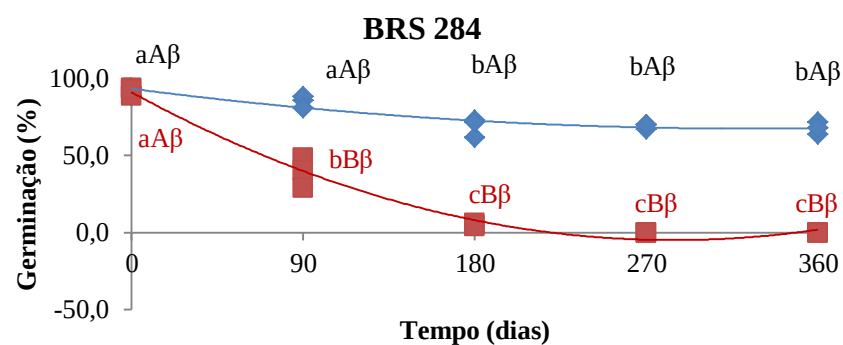
Figura 4.3 Vigor e viabilidade das sementes de soja, cultivar BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12°C $\pm$ 2 e umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5) e sem controle ambiental, durante 360 dias. Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$)

fisiológicos permaneceram aos 180 dias de estocagem estatisticamente iguais em relação aos valores verificados no tempo zero. E após este tempo, tanto o vigor quanto a viabilidade diminuíram, em ambas as condições de armazenamento e materiais genéticos. Alguns autores relataram aumento das propriedades fisiológicas no início armazenamento, seguido por um declínio mais acentuado, e explicam que possivelmente isto ocorre devido à redução da incidência de fungos de campo sobre as sementes, que perdem a atividade pelas condições de armazenamento inibirem as suas funções (Martins-Filho et al., 2001; Carvalho et al., 2014).

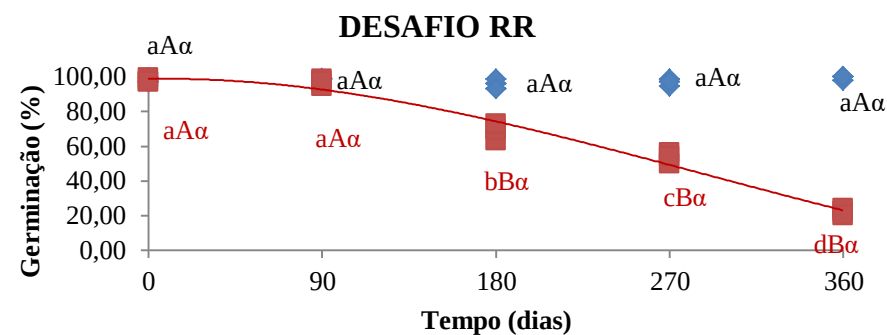
O vigor e a viabilidade das sementes de soja foram maiores na condição com controle em todo o período de armazenamento para ambas cultivares, e nas sementes da soja Desafio RR, devido seu vigor inicial ser maior (Figura 4.3 e Apêndice 7.3), demonstrando que a condição controlada dos lotes de sementes avaliadas contribuiu para a conservação da qualidade. Ferreira et al. (2017) demonstraram que o ambiente resfriado preserva a qualidade do produto por mais tempo (225 dias) quando comparado ao não resfriado, e afirmaram que sob condições controladas foi possível conservar o vigor de sementes de soja até 140 dias. Além disso, durante o teste, foram identificados danos por umidade, aumentando de 96% a 100% para as duas cultivares; danos mecânicos reduzindo de 3% a 1% na cultivar convencional e de 7% a 0% para a cultivar transgênica; e danos por percevejo variando de 3% a 8% e de 0 a 20%, nas sementes BRS 284 e Desafio RR, respectivamente.

A germinação das sementes diminuiu ($p \leq 0,05$) durante o armazenamento, exceto a da cultivar Desafio RR sob controle ambiental, cujos valores nesta condição ficaram entre 96,25% e 99,00%. Nas sementes da cultivar convencional, a partir de 90 dias de armazenamento sem controle ocorreu uma redução da germinação intensa, com resultados próximos a 0% a partir de 180 dias. Enquanto, as sementes da cultivar transgênica sofreram uma redução gradual da germinação a partir de 180 dias e o valor permaneceu próximo a 20% no fim do armazenamento sem controle de UR e temperatura. Na condição com controle houve redução de 92% para 68% para a BRS 284 (Figura 4.4). Com isso, considerando que o mínimo exigido para comercialização é de 80% (Brasil, 2013), observou-se que a cultivar transgênica preservou a germinação por 90 dias na condição sem controle.

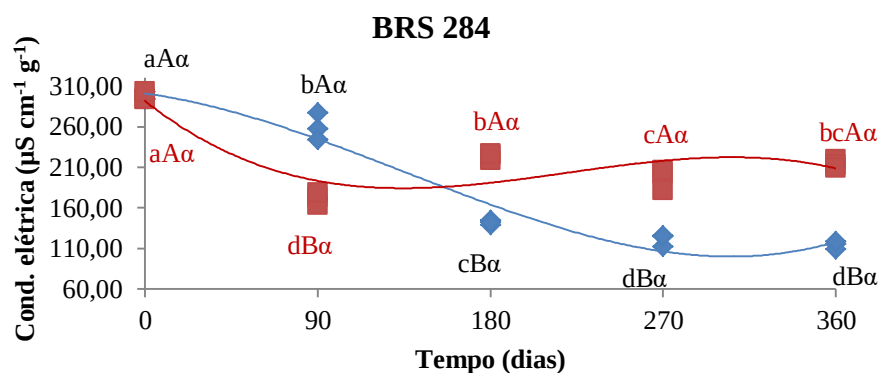
Conforme Melo et al. (2016), a germinação das sementes reflete na uniformidade e o estande em campo durante a implantação da cultura. E quanto maior a



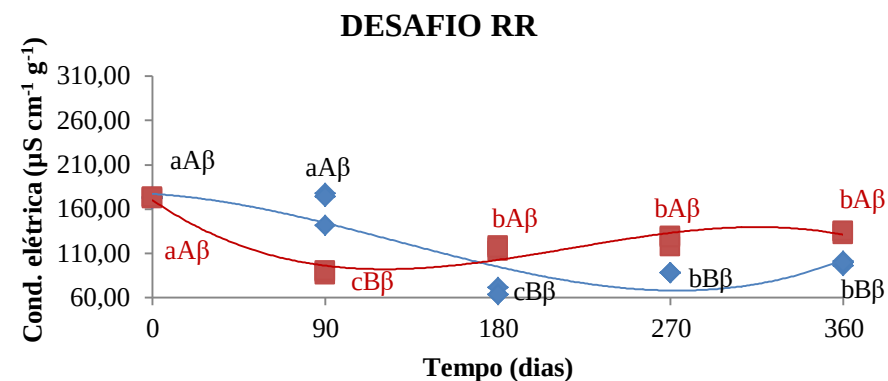
◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle

Figura 4.4 Germinação e condutividade elétrica das sementes de soja, cultivar BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle ambiental, durante 360 dias. Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$)

germinação, mais chances existem de aumentar a produtividade. Ávila et al. (2011) compararam cultivares convencionais e transgênicas (RR), e constataram redução de até 56% do potencial germinativo após 180 dias de armazenamento sob condição ambiente, apontando a mesma tendência observada neste estudo. E ainda explicaram que condições de armazenamento ambiente podem acelerar a deterioração das sementes, que causam alterações no metabolismo, quebra das membranas com consequente troca de água com o ambiente externo, prejudicando as propriedades fisiológicas.

A umidade e a atividade de água se correlacionaram positivamente com as três propriedades fisiológicas: vigor (0,72 e 0,68, respectivamente), viabilidade (0,76 e 0,75) e germinação (0,56 e 0,63). Altas correlações do vigor com a viabilidade (0,98), do vigor com a germinação (0,80) e da viabilidade com germinação (0,80) foram observadas (Apêndice 12). A correlação menor para a germinação pode ser explicada pelo fato do teste fornecer à semente a temperatura e as condições de umidade ideais para a germinação. Portanto, uma semente em processo de deterioração ainda pode produzir plântulas fracas no teste, devido às condições ideais para o embrião (Mbofung et al., 2013). Quanto à umidade das sementes, Pereira, Pereira & Dias (2013) observaram que independente do tamanho da semente, o vigor e a germinação foram reduzidos quando o potencial da água do solo diminuiu, elevando o nível de estresse. E ainda que, o tamanho menor da semente proporciona maior contato total da superfície com o solo úmido e em condições de restrição hídrica, as menores sementes podem ser menos afetadas, possivelmente por pouca água ser suficiente para ativar os processos fisiológicos, como no caso da cultivar Desafio RR, que era visivelmente menor em relação a cultivar BRS 284. Contudo, em relação ao efeito do tamanho da semente sobre o vigor, Pádua et al. (2010) verificaram que não houve diferença significativa entre as peneiras para formarem plântulas normais fortes.

A condutividade elétrica correlaciona a permeabilidade da membrana com o vigor do lote, ou seja, a maior liberação de eletrólitos das sementes aumenta a condutividade da solução, indicando perda de vigor e qualidade fisiológica durante o período de armazenamento (Smaniotto et al., 2014). A condutividade elétrica variou em função do tempo de armazenamento, diminuindo gradual e significativamente nas sementes da cultivar BRS 284, e oscilando na condição sem controle (Figura 4.4 e Apêndice 7.3). Dentre as cultivares analisadas, observou-se que a BRS 284 apresentou valores de condutividade elétrica maiores em todos os tempos e condições de armazenamento, confirmando a menor qualidade fisiológica deste lote de sementes.

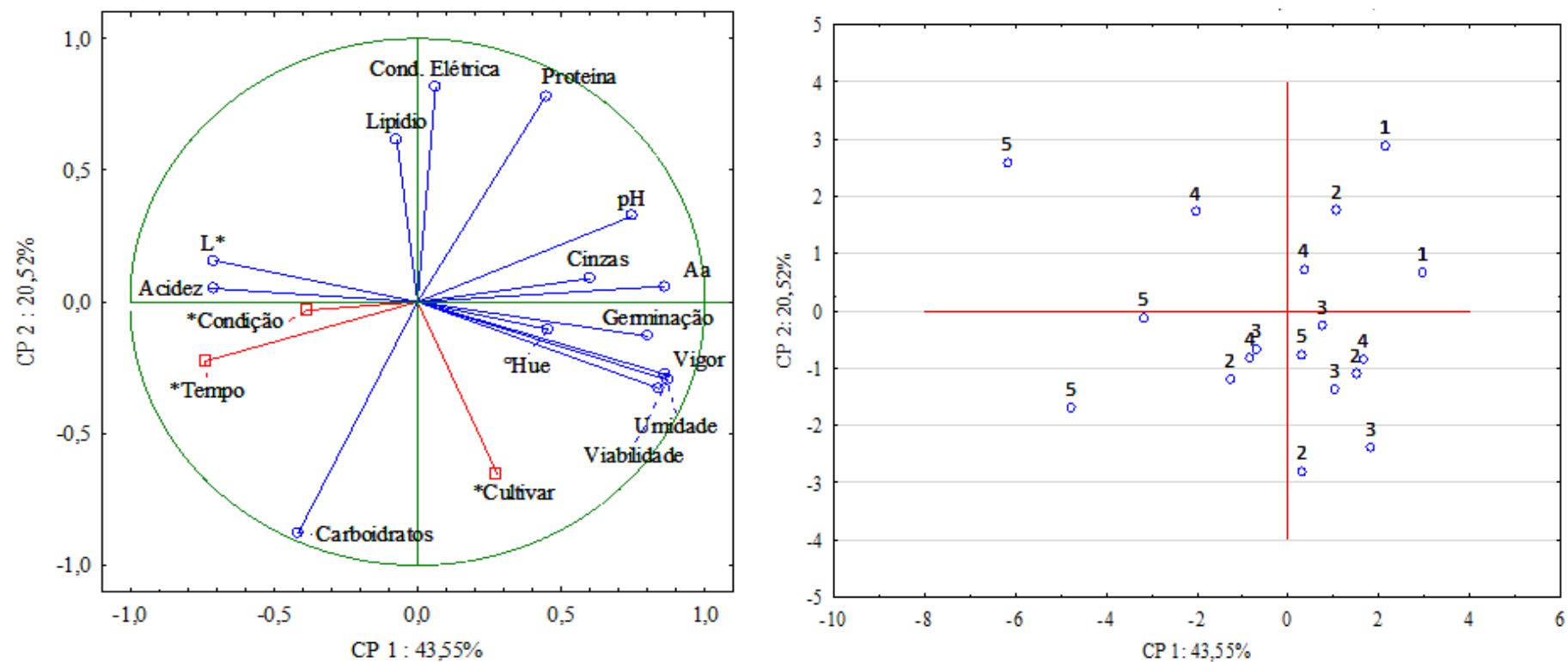


Figura 4.5 Análise de componentes principais das propriedades físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja da cultivares BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle, durante 360 dias, em cinco tempos de avaliação

A condutividade elétrica das sementes da BRS 284 e Desafio RR armazenadas na condição sem controle foi maior durante todo o ensaio, exceto aos 90 dias. Szemruch et al. (2015) reportaram valores mais altos no teste de condutividade elétrica ao monitorar a deterioração das sementes armazenadas a 25 °C, identificando menor vigor. E explicaram que a capacidade do teste de condutividade é questionada para monitorar a deterioração de sementes armazenadas em baixas temperaturas, sugerindo que ocorreu uma estabilização da membrana das sementes, o que resultou em menor vazamento de exsudatos. E ainda suportaram que a peroxidação lipídica, danos oxidativos e outras reações bioquímicas também afetam a funcionalidade da membrana, o que pode explicar a correlação significativa da condutividade, mesmo que baixa, com o teor de lipídios (0,44), proteína (0,55) e carboidratos disponíveis (-0,47).

Da análise de componentes principais (ACP) (Figura 4.5) verificou-se que o primeiro componente (CP₁) correspondeu com 43,55% das variações, o segundo componente (CP₂) com 20,52% e o terceiro com 13,25%, juntos foram responsáveis por 77,32% da variação total. Os vetores próximos apresentaram maior correlação, como a umidade com o vigor e a viabilidade, enquanto os parâmetros distantes ou opostos, demonstraram menor ou correlação negativa, como carboidratos com proteína e umidade com acidez.

CP₁ e CP₂ foram calculados pelas Equações 1 e 2, respectivamente, nas quais as variáveis X₁-X₁₇ são: umidade, cinzas, lipídio, proteína, carboidratos disponíveis, pH, acidez total titulável, atividade de água, luminosidade, ângulo Hue, vigor, viabilidade, germinação, condutividade elétrica, cultivar, tempo de armazenagem e condição de armazenamento.

$$CP_1 = 0,864X_1 + 0,602X_2 - 0,072X_3 + 0,445X_4 - 0,415X_5 + 0,749X_6 - 0,707X_7 + 0,862X_8 - 0,707X_9 + 0,452X_{10} + 0,841X_{11} + 0,870X_{12} + 0,799X_{13} + 0,063X_{14} + 0,277X_{15} - 0,738X_{16} - 0,385X_{17} \text{ (Equação 1)}$$

$$CP_2 = - 0,275X_1 + 0,089X_2 + 0,617X_3 + 0,780X_4 - 0,877X_5 + 0,327X_6 + 0,050X_7 + 0,060X_8 + 0,158X_9 - 0,104X_{10} - 0,328X_{11} - 0,296X_{12} - 0,130X_{13} + 0,819X_{14} - 0,652X_{15} - 0,225X_{16} - 0,032X_{17} \text{ (Equação 2)}$$

O tempo de armazenagem apresentou influência inversamente proporcional (vetores opostos e correlação negativa) com as propriedades fisiológicas, assim como umidade, teor de cinzas, pH e atividade de água, ou seja, ao longo do tempo esses parâmetros reduziram. A condição de armazenamento além de reduzir o vigor e a germinação, também influenciou na atividade de água e ângulo Hue, demonstrando que o armazenamento sem controle proporcionou redução desses parâmetros. A cultivar apresentou correlação negativa com lipídios e condutividade elétrica, e positiva com cinzas e germinação, em que a cultivar convencional apresentou resultados superiores para lipídio e condutividade e a cultivar transgênica foi superior em cinzas e germinação (Apêndice 12).

Dos tempos de avaliação da ACP (Figura 3.5) observa-se que a maioria dos dados dos tempos 1 (0 dias), 2 (90 dias) e 3 (180 dias) se concentraram nos quadrantes 1 e 4, demonstrando maior influência nas respostas das propriedades fisiológicas e físico-químicas, enquanto que os tempos 4 (270 dias) e 5 (360 dias) ficaram mais distribuídos indicando grande influência nas respostas.

3.4 CONCLUSÃO

O tempo de armazenagem reduz os valores das propriedades fisiológicas, a umidade, o teor de cinzas, pH e atividade de água das cultivares BRS 284 e Desafio RR. A condição de armazenamento sem controle proporciona mais rápida degradação do vigor, da viabilidade, da germinação, da atividade de água e do ângulo Hue das sementes das duas cultivares. A condição ambiental da região de estudo não conserva o potencial fisiológico das sementes de soja das cultivares BRS 284 e Desafio RR por um período maior que 180 dias. Em condições controladas a cultivar Desafio RR permanece com a viabilidade e germinação dentro dos padrões exigidos até o fim do armazenamento, enquanto que a cultivar convencional preserva a qualidade fisiológica somente até 90 dias de armazenamento.

3.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. E. S. de; FRIEDRICH, K.; TYGEL, A. F.; MELGAREJO, L.; CARNEIRO, F. F. Use of genetically modified crops and pesticides in Brazil: growing hazards. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 3333-3339, 2017.

ALVES, FERNANDA P.; OLIVEIRA, MARCELO A.; MANDARINO, J. M. G.; BENASSI, V. T.; LEITE, R. S.; SEIBEL, N. F. **Composição centesimal de grãos de soja de oito diferentes cultivares**. In: VI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. **Anais...**2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**, ed. 19. Gaithersburg, 2016. 3000p.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. DE L.; ALBRECHT, L. P.; SCAPIM, C. A.; MANDARINO, J. M. G.; BAZO, G. L.; CABRAL, Y. C. F. Efeito do período de armazenamento nos teores de isoflavonas e na qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 149–161, 2011.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, J. A.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Ames: Blackwell Publishing Profesional, 2007. 438 p.

BAZONI, C.H.V.; IDA, E. I.; BARBIN, D.; KUROZAWA, L. E. Near-infrared spectroscopy as a rapid method for evaluation physicochemical changes of stored soybeans. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdã, v. 73, s/n , p. 1-6, 2017.

BELMIRO, T. M. C.; QUEIROZ, A. J. DE M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. DA C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 1000–1007, 2010.

BRANDÃO JUNIOR, R. D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNARDINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. G. G. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 184, 1997.

BRANDELERO, W.; BARBACOV, A.; ROSBACH, M. G. O.; VIEBRANTZ, C.; GIRARDI, L. B.; MAYER, A. R.; CASASSOLA, A. Vigor e viabilidade de sementes de soja em resposta a umidade durante o processo de armazenagem. **Brazilian Journal of Developed**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 342-350, 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm> Acesso em: 10 jan. 2020.

BRASIL. **Decreto no 5.153, de 23 de julho de 2004.** Aprova o Regulamento da Lei no 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5153.htm> Acesso em: 10 jan. 2013.

BRASIL. **Instrução normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013:** Padrão para Produção e Comercialização de Sementes de Soja. Brasília: D.O.U., 2013. 38p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF, 2009. 397 p.

CARVALHO, E. R.; MAVAIÉ, 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.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR produzidas sob aplicação foliar de manganês. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

CARVALHO, T. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; OHLSON, O. C.; PANOBIANCO, M. Qualidade de sementes de soja convencional e RoundupReady (RR), produzida para consumo próprio e comercial. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 2, p. 300-309, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, safra 2018/19, v. 6, n. 11 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, ago. 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 07 set. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, safra 2018/19, v. 7, n. 4 – Sétimo levantamento, Brasília, jan. 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 10 jan. 2020.

CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; PRADO, R. L. F.; FERNANDES, T. C. Qualidade de grãos de soja armazenados em baixas temperaturas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 9, n. 3, p. 197-208, 2015.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. DE S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crame 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.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Food Energy – Methods of analysis and conversion factors.** FAO: Food and Nutrition, Roma, 2003, p. 77,

FRACASSO, A. F.; FRIZON, C. N. T.; JORGE, L. M. M.; JORGE, R. M. M. Hydration kinetics of transgenic soybeans. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 141-147, 2015.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Documento 116. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72p.

FERREIRA, F. C.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; SOARES, V. N. Cooling of soybean seeds and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 385-392, 2017.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C.; RIBEIRO, G. P.; SEIBEL, N. F. Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars. **BBR- biochemistry and biotechnology reports**, Londrina, 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.

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**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 267–275, 2016.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D.; Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 727-733, 2010.

LEE, J. H.; CHO, K. M. Changes occurring in compositional components of black soybeans maintained at room temperature for different storage periods. **Food Chemistry**, Barking, v. 1, n. 131, p. 161-169, 2012.

MARDEGAN, F. U.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, E. F.; SILVA, J. A. V.; **Comparação da composição química entre cultivares de soja isogênicas convencionais e transgênicas**. Documentos 286, Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2008, p. 140-145.

MARTINS-FILHO, S.; LOPES, J. C.; RANGEL, O. J. P.; TAGLIAFERRE, C. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em condições de ambiente natural em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 201-208, 2001.

MBOFUNG, G. C. Y.; GOGGI, A. S.; LEANDRO, L. F. S.; MULLEN, R. E. Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soybean seeds. **Crop Science**, Fitchburg, v. 53, n. 3, p. 1086-1095, 2013.

MELO, D. ; BRANDÃO, W. T. M.; NÓBREGA, L. H. P.; WERNCKE, I. Seeds quality of conventional and Roundup Ready (RR) soybeans produced for own and commercial consumption. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 2, p. 300-309, 2016.

MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G. B.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 715-729, 2006.

NATARAJAN, S. S.; LUTHRIA, D.; BAE, H.; LAKSHMAN, D.; MITRA, A. Transgenic soybeans and soybean protein analysis: An overview. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 48, p. 11736-11743, 2013.

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

OLIVEIRA, M. A.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S. Características físico-químicas das sementes de soja: teor de proteína, teor de óleo, acidez do óleo e teor de clorofila. In: **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - safra 2016/17**. Londrina: Embrapa Soja, Documento 403, p. 97–111, 2018.

PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 9–016, 2010.

PEREIRA, W. A.; PEREIRA, S. M. A.; DIAS, D. C. F. S. Influence of seed size and water restriction on germination of soybean seeds and on early development of seedlings. **Journal of Seed Science**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 316-322, 2013.

QIN, F.; KANG, L.; GUO, L.; LIN, J.; SONG, J.; ZHAO, Y. Composition of transgenic soybean seeds with higher γ -linolenic acid content is equivalent to that of conventional control. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 9, p. 2200-2204, 2012

SMANIOTTO, T. A. DE S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. DE; 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.

SZEMRUCH, C.; DEL LONGO, O.; FERRARI, L.; RENTERIA, S.; MURCIA, M.; CANTAMUTTO, M.; RONDANINI, D. Ranges of vigor based on the electrical conductivity test in dehulled sunflower seeds. **Research Journal of Seed Science**, Nova York, v. 8, n. 1, p. 12–21, 2015.

ZIEGLER, V.; MARINI, L. J.; FERREIRA, C. D.; BERTINETTI, I. A.; SILVA, W. S. V.; GOEBEL, J. T. S.; OLIVEIRA, M.; CARDOSO ELIAS, M. Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality evaluation parameters of soybean grain and oil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 131-144, 2016.

CAPÍTULO 4

PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E QUÍMICAS DE SEMENTES DE MILHO (CONVENCIONAL E TRANSGÊNICAS) DURANTE O ARMAZENAMENTO COM E SEM CONTROLE AMBIENTAL

Priscylla Martins Carrijo Prado¹; Marivone Moreira dos Santos¹; Márcio Caliar²; Manoel Soares Soares Júnior¹²

¹ Setor de Agricultura, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil.

² Setor de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil

RESUMO

PRADO, P. M. C. Propriedades fisiológicas e químicas de sementes de milho (convencional e transgênicas) durante o armazenamento com e sem controle ambiental. 2020. 19 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

A cada ano, mais materiais de milho são melhorados geneticamente (transgênicos) para atender as necessidades de cada região e apresentar maiores rendimentos para o produtor. Porém, informações sobre as perdas pós-colheita dessas tecnologias ainda são escassas e pouco se sabe sobre a relação das propriedades químicas com o poder germinativo das sementes. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nas propriedades fisiológicas e químicas durante o armazenamento com e sem controle ambiental de sementes de milho de diferentes tecnologias. Delineamento inteiramente casualizado foi conduzido, com esquema fatorial 3x2x5, sendo três cultivares (30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO), duas condições de armazenamento (ambiente controlado – 12°C ± 2 e 70% ± 5; e sem controle de temperatura e umidade relativa do ar), e cinco tempos de avaliação (a cada 90 dias). Os dados foram avaliados com Anova Fatorial, análise de regressão e multivariada (componentes principais), enquanto as médias foram comparadas pelo teste Tukey (p<0,05). O tempo, a condição de armazenamento e a cultivar provocam alteração nos teores de umidade, cinzas e proteína e em todas as propriedades fisiológicas avaliadas. O tempo de armazenagem reduz o vigor, a viabilidade e a germinação. A condição de armazenamento sem controle além de prejudicar as propriedades fisiológicas, também reduz a umidade, demonstrando que o armazenamento sem controle proporciona mais rápida alteração destes parâmetros. A cultivar convencional é menos afetada pelo tempo de armazenamento, com viabilidade e germinação dentro dos padrões exigidos até os 360 dias em condição controlada e germinação pouco abaixo do exigido quando em condição sem controle, sendo indicada para as duas situações. Dentre as transgênicas, a cultivar com tecnologia PRO apresenta melhor qualidade em condições de armazenamento controladas, porém em condições ambientais os valores de viabilidade e germinação são inferiores, quando comparada à 30S31 VYHR.

Palavras-chave: *Zea mays* L; Leptra; pós-colheita; composição centesimal, germinação, vigor.

¹Orientador: Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

Coorientadores: Profª Drª Marivone Moreira dos Santos e Profº Drº Márcio Caliani

ABSTRACT

PRADO, P. M. C. Physiological and chemical properties of corn seeds (conventional and transgenic) during storage with and without environmental control. 2020. 19 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

Each year, more maize materials are genetically improved (transgenic) to meet the needs of each region and present higher yields for the producer. However, information on the post-harvest losses of these technologies is still scarce and little is known about the relationship between chemical properties and the germinative power of seeds. The aim of this study was to evaluate changes in physiological and chemical properties during storage with and without environmental control of corn seeds of different technologies. A completely randomized design was conducted, with a 3x2x5 factorial scheme, with three cultivars (30S31, 30S31 VYHR and AG 5055 PRO), two storage conditions (controlled environment - 12°C ± 2 and 70% ± 5 RH; and without temperature and relative humidity control), and five evaluation times (every 90 days). The data were evaluated using Factor Anova, regression analysis and multivariate (main components), while the means were compared using the Tukey test (p <0.05). Time, storage condition and cultivar cause changes in moisture, ash and protein contents and in all physiological properties evaluated. The storage time reduces vigor, viability and germination. The condition of uncontrolled storage, in addition to impairing physiological properties, also reduces humidity, demonstrating that uncontrolled storage provides faster change of these parameters. The conventional cultivar is less affected by the storage time, with viability and germination within the required standards up to 360 days in a controlled condition and germination slightly below that required when in an uncontrolled condition, being indicated for both situations. Among transgenics, the cultivar with PRO technology has better quality under controlled storage conditions, but in environmental conditions the values of viability and germination are lower, when compared to the 30S31 VYHR.

Palavras-chave: *Zea mays* L; Leptra; pós-colheita; composição centesimal, germinação, vigor.

¹ Advisor: Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

Co-advisor: Profª Drª Marivone Moreira dos Santos e Profº Drº Márcio Caliani

4.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o segundo grão mais produzido no Brasil, contribuindo significativamente na economia e garantindo parte da gastronomia nacional. Junto com a soja (*Glycine max* (L.) Merr) participaram com 90% da produção nacional de grãos, sendo que na safra 2018/2019 a produção foi de pouco mais de 100 milhões de toneladas. Para a safra 2019/20 estima-se aumento em área plantada, mas redução em produtividade e em produção (Conab, 2019).

Por ser produzido em dois períodos durante o ano, em primeira safra (setembro a dezembro) e segunda safra (fevereiro a maio), e ser uma cultura fisiologicamente mais resistente a estresses, o cultivo do milho se estendeu a diferentes localidades do país. O alto rendimento na produção, bem como o constante aumento em área plantada, está relacionado às novas técnicas de manejo, combinadas com o uso de cultivares específicas. As cultivares são melhoradas geneticamente para atender as necessidades de cada região, como ciclos mais longos, resistência a déficits hídricos, além de transgenias com tolerância a herbicidas e pragas, que mitigam parte dos efeitos adversos das mudanças climáticas (Martins; Tomasella; Dias, 2019).

Os transgênicos ocuparam 88,4% da área de milho plantada no Brasil (1ª e 2ª safras) na safra 2016/17, em que 63,9% das cultivares utilizadas apresentavam tecnologia resistente a insetos e tolerante a herbicidas, 20,7% resistência a insetos e 3,8% com a tecnologia tolerante a herbicida (Nogueira et al., 2017). Em materiais de milho, uma das transgenias mais utilizadas é a que utiliza a proteína Bt, tecnologias como a YieldGard e YieldGard VT PRO, que minimiza as perdas por lagartas da ordem Lepidoptera (lagarta-do-cartucho e lagarta-da-espiga), a partir da inserção do gene de *Bacillus thuringiensis*, reduzindo o uso de inseticidas e aumentando a produtividade (Parteniani, 2002). A tecnologia Leptra, uma das mais recentes do mercado, é a união de outras tecnologias (Agrisure, Viptera, YieldGard, Herculex, e Liberty Link), unindo a proteína Bt com a resistência a herbicidas à base de glifosato e glufosinato de amônio (Pereira Filho & Borgui, 2016). Apesar da elevada utilização dos materiais transgênicos, ainda se tem poucas informações sobre a longevidade no pós-colheita das sementes desses materiais.

As perdas durante o armazenamento podem ser categoricamente classificadas como: perda de peso devido à deterioração, perda de qualidade, perda nutricional, perda de viabilidade de sementes e perda comercial (Boxall, 2001). Com isso, o produtor que

adquire as sementes de uma empresa, ou aquele que guarda parte da sua produção para semeadura na próxima safra, o que é regulamentado em Lei Federal nº 10.711/2003 e Decreto nº 5.153/2004 (Brasil, 2003; 2004), não semear em seguida, ou não serem armazenadas em locais adequados (ambiente climatizado) até a semeadura, estarão suscetíveis a alterações fisiológicas e bioquímicas mais rápidas, capazes de inviabilizá-las (Brandelero et al., 2019).

Sabe-se que é imprescindível o controle das condições de armazenamento, devido a tendência de redução mais acelerada da qualidade fisiológica das sementes armazenadas por longos períodos (Schuh et al., 2011; Smaniotto et al., 2014), contudo trabalhos apontam que sementes de tecnologia transgênica tendem a ter uma maior capacidade de redução do potencial fisiológico, quando comparadas às cultivares convencionais. Isso vem ocorrendo mesmo com o melhoramento genético, que visa agregar maior teor de lignina no tegumento, o que deveria caracterizar maior resistência às adversidades (Carvalho; Oliveira; Caldeira, 2014; Carvalho et al., 2016).

Além disso, sabe-se que a maioria das sementes maduras contém dois ou mais compostos de reserva, incluindo carboidratos, lipídios e proteína, e que grande parte destes são sintetizados durante o desenvolvimento das sementes, especialmente durante o estágio de deposição da reserva (Bewley et al., 2013). No armazenamento, se as condições não forem propícias à conservação de produtos, podem ocorrer redução do teor de amido e açúcares e, em variedades com alto teor de óleo, o alto nível de umidade degrada o óleo vegetal e produz ácidos graxos, tendendo a rancidez (Kumar & Kalita, 2017). Reduções no teor de proteína e lipídios foram observadas durante o armazenamento de sementes de milho, devido à degradação por reações bioquímicas frente às condições desfavoráveis de armazenamento (Antunes et al., 2011; Coradi et al., 2015). O que demonstra que as informações pós-colheita, seja o tempo ou as condições de armazenagem, são importantes principalmente pela diversidade de tecnologias existentes no mercado de sementes do milho, visando garantir a conservação dos lotes e sucesso da próxima safra.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi de avaliar se a condição ambiental (com e sem controle de temperatura e umidade relativa do ar) durante o armazenamento causa alterações nas propriedades químicas e fisiológicas de sementes de milho convencional e com tecnologias YieldGard VT PRO e LEPTRA.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material

As sementes de cultivares de milho convencional e transgênicas (Quadro 4.1) foram produzidas na safra 2017/2018, e doadas por empresas de sementes da região.

Quadro 5.1 Cultivares, tipo e informações das sementes de milho utilizadas no ensaio, safra 2017/18.

Cultivar	Tipo	Informações
30S31	Convencional	- Produzida em Formosa/GO; - Empresa: Pioneer Sementes; - Permaneceu em câmara fria até o início do experimento; - Tratamento de semente com Poncho (<i>Clotianidina</i>).
30S31 VYHR	Tecnologia Leptra, que promove resistência aos herbicidas Glifosato e Glufosinato de Amônio e às principais lagartas da cultura	- Produzida em Formosa/GO; - Empresa: Pioneer Sementes; - Permaneceu em câmara fria até o início do experimento; - Tratamento de semente com Dermacor® (<i>Clorantraniliprole</i>) + Poncho (<i>Clotianidina</i>).
AG 5055 PRO	Tecnologia YieldGard VT PRO, que promove resistência as principais lagartas e brocas da cultura	- Produzida em Paracatu/MG; - Empresa: Sementes Agrocere; - Permaneceu em câmara fria até o início do experimento; - Tratamento de semente com Maxin® (<i>Fludioxonil</i>) + Poncho (<i>Clotianidina</i>).

4.2.2 Métodos

4.2.2.1 Ensaio

O ensaio foi conduzido em Goiânia-GO. Inicialmente, as sementes foram homogeneizadas e separadas em duas amostras, de aproximadamente 2,5 kg para as avaliações químicas e fisiológicas e, posteriormente, armazenamento em duas condições, ambiente controlado e não controlado.

O armazenamento em ambiente controlado foi realizado em câmara fria, localizada na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), com condições fixas de umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, a qual é usada na conservação de sementes e grãos utilizados nos experimentos realizados na universidade. Como as sementes são normalmente armazenadas para utilização na próxima safra, simularam-se as condições de temperatura e umidade relativa do ar utilizadas por produtores e por empresas de sementes. Embalagem de polipropileno trançado foi usada durante o armazenamento, e as amostras foram monitoradas por doze meses, de outubro de 2018 a outubro de 2019, com avaliações fisiológicas e químicas periódicas a cada 90 dias.

Delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial $3 \times 2 \times 5$ e três repetições originais foi utilizado, sendo 3 cultivares, uma convencional (30S31) e duas (30S31 VYHR e AG 5055 PRO) com transgenias diferentes; duas condições de armazenamento (ambiente controlado e não controlado); e 5 avaliações (a cada 90 dias).

O armazenamento em ambiente não controlado, ocorreu na sala de arquivo do Laboratório de Análise de Sementes e Mudanças (Lasem), com temperatura e umidade relativa variando conforme os dados meteorológicos da região (Anexo 1). Neste laboratório também foram realizadas as análises das propriedades fisiológicas das sementes, enquanto a composição centesimal foi determinada no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais (Labdarsa), ambos localizados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG).

4.2.2.2 *Análises fisiológicas*

Os testes constaram em determinar o vigor, viabilidade, germinação e condutividade elétrica das sementes, seguindo as metodologias descritas na Regra para Análise de Sementes (Brasil, 2009). O teste de germinação padrão foi utilizado para determinação do vigor (%), da viabilidade (%) e da germinação (%) das amostras de sementes. Utilizaram-se 400 sementes por amostra, divididas em 8 repetições de 50 sementes cada, que foram distribuídas em duas folhas de papel *Germitest*, umedecidas com água potável, e cobertas com mais uma folha. O conjunto foi enrolado em formato cilíndrico, e colocado em câmara de germinação com temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde

permaneceu por oito dias. O volume de água foi calculado a partir do peso das folhas utilizadas por amostra, multiplicando-o por 2,5.

A primeira leitura foi realizada após cinco dias do início do teste. Quantificaram-se as plântulas normais, que indicaram o percentual de vigor da amostra. Na segunda leitura, após oito dias, foram contabilizadas as plântulas normais, anormais, duras, dormentes e mortas. O total de plântulas normais na primeira e segunda leitura indicaram o percentual de viabilidade das amostras, e a somatória das normais e anormais, de todo o teste, indicou o percentual de germinação das amostras.

As plântulas classificadas como normais demonstraram potencial para continuar o desenvolvimento e dar origem a uma plântula normal, apresentando todas as estruturas essenciais sadias ou com infecções secundárias (a partir de outras sementes); as anormais não demonstraram potencial para dar origem a uma plântula normal, sendo deformadas, com estruturas ausentes, danificadas, ou infeccionadas; as duras, que não absorveram água, apresentaram o mesmo aspecto do início do teste; as dormentes, absorveram água, mas não germinaram nem se deterioraram, mesmo em condições ideais; e as mortas não germinaram, nem estão duras ou dormentes, e normalmente apresentaram ataque de microrganismos.

A condutividade elétrica foi realizada a partir de quatro repetições de 50 sementes, pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos com 75 mL de água destilada. A solução foi mantida em câmara de germinação, a 25°C por 16 h e, após este período, a condutividade elétrica foi medida em condutivímetro de bancada (ION, DDS-12DW, Jundiaí, São Paulo, Brasil), como descrito por Brandão Junior et al. (1997).

4.2.2.3 *Análise da composição centesimal*

Todas as análises seguiram as metodologias descritas pela Association of Official Agricultural Chemistry (AOAC, 2012), em triplicata. A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105 °C até peso constante (método 925,45b); o teor de lipídeos com éter de petróleo em extrator *Soxhlet* (método 920,39); o teor de nitrogênio total pelo Método de micro Kjeldahl, que multiplicado por 6,25 resultou na estimativa do teor de proteína bruta (método 960,52); e o teor de cinzas por incineração da amostra em forno mufla a 550 °C até completa carbonização (método 923,03).

4.2.2.4 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância fatorial ($p < 0,05$). Quando constatado efeito da interação entre cultivar*condição ambiental*tempo, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Análise de regressão foi realizada e modelos preditivos ajustados foram construídos, para avaliar o comportamento de cada cultivar em cada condição ambiental durante o tempo de armazenamento. Análise dos componentes principais (ACP) e correlação de Pearson também foram executadas para demonstrar a relação entre os parâmetros e a importância deles nas respostas. O aplicativo Statistica 7.10 (Stasoft, Tulsa, EUA) foi utilizado para a realização das análises estatísticas, e o Excell 2010 (Microsoft, Redmond, EUA) para elaboração dos gráficos.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias $\pm$ desvio padrão das propriedades químicas e fisiológicas durante o armazenamento com e sem controle ambiental das sementes de milho das cultivares 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO estão presentes nos apêndices 13.1 e 13.2, assim como os desdobramentos do teste Tukey para as características que apresentaram efeito da interação cultivar*condição*tempo significativo ($p \leq 0,05$). Pela análise de variância (Apêndices 14.1 e 14.2) observou-se que as variáveis independentes cultivar, tempo de armazenamento e condição de armazenagem e as interações cultivar*tempo, cultivar*condição, tempo*condição e cultivar*tempo*condição foram significativas ($p \leq 0,01$) para umidade, proteína, vigor, viabilidade, germinação e condutividade elétrica. Para o teor de cinzas, apenas a interação tripla (cultivar*tempo*condição) não foi significativa ($p = 0,052$), enquanto para lipídios não foi significativa à condição ambiental ($p = 0,25$) e as interações cultivar*condição ($p = 0,91$), condição*tempo ($p = 0,16$) e cultivar*tempo*condição ($p = 0,41$).

Quanto à análise de regressão, modelos ajustados foram obtidos para umidade, proteína, vigor, viabilidade e condutividade elétrica das sementes de milho armazenadas nas condições com (c/c) e sem (s/c) controle, para todas as cultivares avaliadas (Apêndices 15.1 e 15.2). As sementes do milho convencional (30S31) não apresentaram modelo ajustado para cinzas das sementes armazenadas na condição s/c, e para germinação na condição c/c, e o teor de lipídios não se ajustou em nenhuma condição.

Para viabilidade das sementes de milho da cultivar 30S31 armazenadas na condição s/c, germinação na condição s/c da cultivar 30S31 VYHR e condutividade elétrica na condição c/c da cultivar 30S31, modelos lineares foram mais ajustados. Para as cinzas das sementes da 30S31 na condição c/c e da AG 5055 PRO na condição s/c; para proteína das sementes da 30S31 na condição s/c e da 30S31 VYHR na condição c/c; e para viabilidade da cultivar 30S31 na condição c/c e para cultivares 30S31 VYRH e AG 5055V PRO na condição s/c modelos quadráticos foram melhor ajustados. Para os demais parâmetros que apresentaram modelos significativos, os modelos do tipo cúbico foram mais ajustados (Apêndices 16.1 e 16.2).

A umidade das sementes de milho no ambiente controlado apresentou comportamento semelhante para as três cultivares, pois houve aumento significativo ($p \leq 0,01$) até 270 dias e, em seguida, um retorno à condição e inferior à inicial para as demais situações (Figura 5.1). Os resultados variaram entre $10,37\% \pm 0,13$ a $12,31\% \pm 0,02$ para a cultivar 30S31, de $10,15\% \pm 0,07$ a $12,16\% \pm 0,05$ para a cultivar 30S31 VYHR e de $10,23\% \pm 0,22$ a $12,46\% \pm 0,08$ para a AG 5055 PRO (Apêndice 13.1).

A umidade durante todo o armazenamento foi maior na condição c/c para todas as cultivares, e houve oscilação da umidade entre as cultivares em cada tempo e condição de armazenamento. As sementes de milho, como outros produtos armazenados, são materiais higroscópicos (absorvem e perdem água). O conteúdo de água é muito importante no armazenamento de grãos. Nos grãos de milho, em regiões tropicais e subtropicais, umidade acima de 14% causa o aquecimento e a elevação da umidade devido ao aumento da taxa respiratória e à ação de fungos, levando a deterioração da massa de grãos armazenada (Suleiman, Rosentrater & Bern, 2013). Um estudo de dois meses conduzido por Reed et al. (2007), em três diferentes níveis de umidade das sementes de milho (baixo 15,0%, médio 16,0% e alto 18,0%) também demonstrou aumentos graduais no teor de umidade de $15,1 \pm 0,01\%$, $16,6 \pm 0,04\%$ e $18,2 \pm 0,03\%$, que foram classificados como baixo, médio e alto teor respectivamente, e os autores explicaram que a umidade das sementes são influenciadas pela temperatura e UR. O que explica o comportamento de todas as cultivares armazenadas na condição sem controle, em que houve a diminuição da umidade aos 360 dias em relação à umidade inicial. Pois, observou-se que a UR caiu drasticamente e a temperatura subiu neste período, de acordo com as condições climáticas registradas na estação de meteorológica existente no local que o ensaio foi conduzido (Anexo 1.)

O teor de cinzas apresentou comportamento diferente quanto a cultivar e as condições de armazenamento. Observou-se que dentre as cultivares, a transgênica 30S31 VYHR apresentou maiores valores de cinzas e a transgênica AG 5055 PRO menores resultados, considerando as duas condições de armazenamento (Apêndice 17). As cinzas variaram de $1,35\% \pm 0,01$ a $1,58\% \pm 0,03$ na cultivar 30S31, de $1,59\% \pm 0,13$ a $1,63\% \pm 0,01$ na cultivar 30S31 VYHR e de $1,15\% \pm 0,01$ a $1,47\% \pm 0,05$ para a AG 5055 PRO (Apêndice 13.1). Tais valores estão acima do encontrado por Rayan & Abbott (2015), que identificaram teor de cinzas de 1,26% para a cultivar convencional, 0,989% para a transgênica com tecnologia Roudup Ready (RR), 0,989% para tecnologia VT3 e 0,989% para VT3 PRO. Contudo, os dados estão dentro do intervalo indicado pelos autores, que reportaram que os valores de cinzas para o milho (transgênico e convencional) variaram de 1,1% a 3,9%. Ao longo do armazenamento, o teor de cinzas reduziu até 180 dias, em seguida aumentou até 360 dias na condição controlada da cultivar 30S31 e nas duas condições da cultivar AG 5055 PRO, porém permanecendo inferior a condição inicial. A cultivar 30S31 VYHR não obteve diferença entre as condições, reduzindo nos primeiros 90 dias, permanecendo constante até 270 dias e voltou a reduzir no fim do armazenamento. Segundo Tiecker Junior et al. (2014), à medida que a matéria orgânica é consumida, por atividade metabólica ou por ação de microrganismos, o teor de cinzas aumenta, o que pode ser observado nos últimos meses de avaliação para a cultivar convencional e a transgênica de tecnologia PRO.

O teor de lipídios, do início ao final do ensaio, aumentou de $3,88\% \pm 0,16$ para $3,93\% \pm 0,03$, e de $4,00\% \pm 0,21$ para a cultivar 30S31; reduziu de $3,75\% \pm 0,22$ para $3,17\% \pm 0,30$ na cultivar 30S31 VYHR; e aumentou de $5,00\% \pm 0,19$ para $5,59\% \pm 0,11$ para a cultivar AG 5055 PRO, nas condições com e sem controle, respectivamente (Apêndices 13.1 e 17), não apresentando diferença entre as condições avaliadas (Apêndice 14.1). Quirino et al. (2013) reportaram resultados semelhantes e também não constataram influência da temperatura de armazenamento para o teor de óleo dos grãos de milho, sendo 4,66% para o ambiente resfriado e 4,44% para a condição ambiente com aeração, ou seja, com uma circulação forçada do ar na massa de grãos. O teor de lipídios determinado no início do ensaio de armazenamento corroborou com o reportado por Shatta et al. (2016) para o milho convencional, em que o conteúdo de óleo bruto foi de 3,98%, contudo estes autores identificaram 4,39% de lipídio para milho transgênico, valor superior ao encontrado na cultivar 30S31 VYHR e inferior ao AG 5055 PRO, também transgênicas.

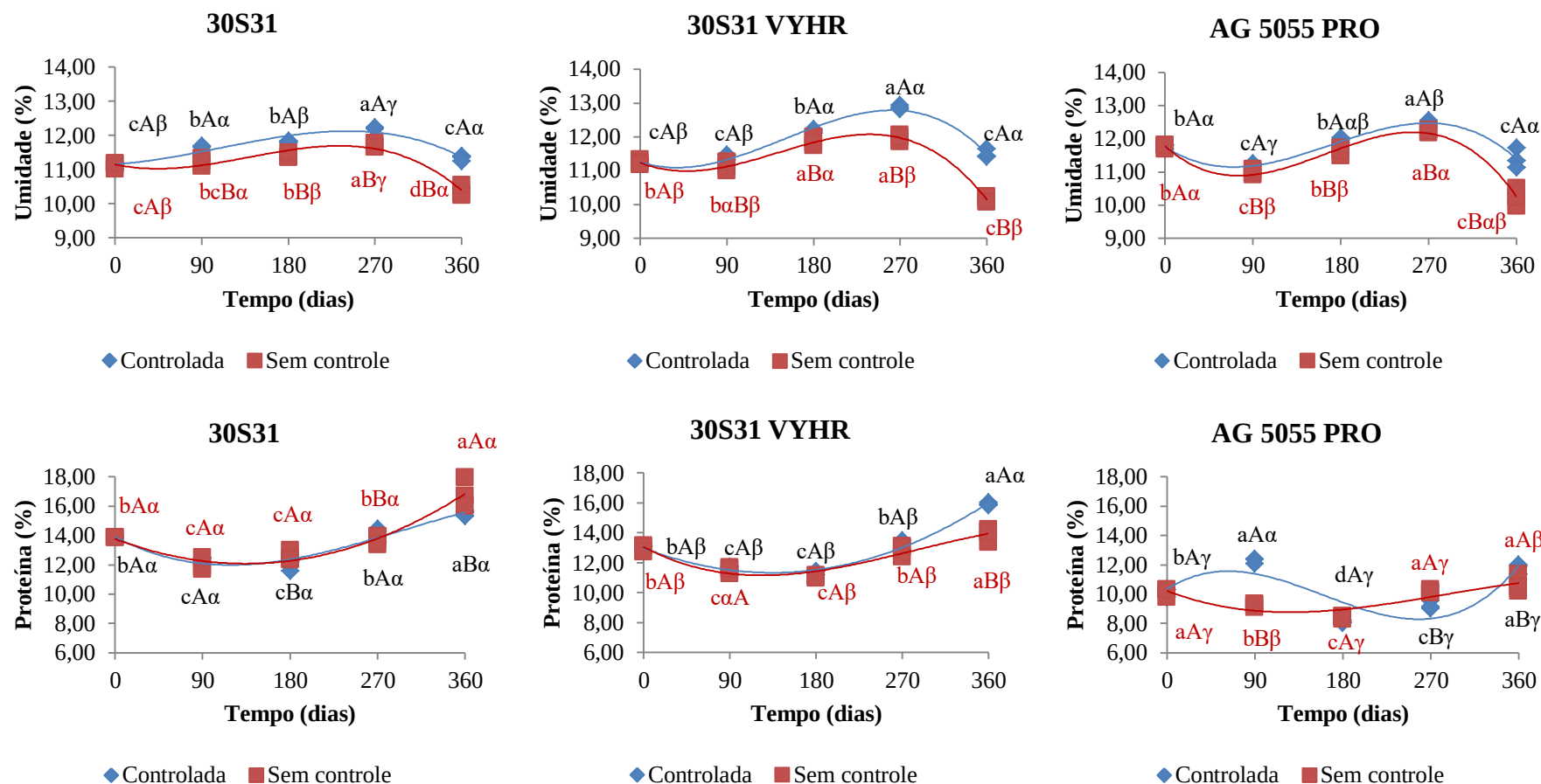


Figura 5.1 Umidade e proteína das sementes de milho da cultivares 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70 \pm 5\%$ e temperatura de $12 \pm 2^\circ\text{C}$) e sem controle, durante 360 dias. * Diferentes letras minúsculas na mesma cultivar e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); enquanto diferentes letras maiúsculas para cada cultivar no mesmo tempo indicam diferença significativa para as condições de armazenamento; e diferentes letras gregas para o mesmo tempo e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre as cultivares

Pela análise de correlação (Apêndice 18) foi possível observar forte associação negativa (-0,81) entre lipídios e cinzas, ou seja, à medida que o lipídio foi consumido durante a degradação de reservas, os minerais se tornaram mais evidentes. Com isso, para lipídios, a cultivar transgênica 30S31 VYHR apresentou resultados mais baixos e a transgênica AG 5055 PRO apresentou valores superiores. A modificação genética de sementes produz óleos com diferentes composições de ácidos graxos. Portanto, a estabilidade, a funcionalidade e a qualidade dos óleos podem ser afetadas pela modificação seletiva da composição de ácidos graxos, que consequentemente altera a distribuição de componentes menores da composição centesimal (Abidi, List & Rennick, 1999).

O teor de proteína apresentou comportamento semelhante entre as sementes de milho das cultivares 30S31 e 30S31 VYHR, reduzindo nos primeiros 90 dias e aumentando significativamente ($p \leq 0,01$) até o fim do armazenamento (Figura 5.1). Para a cultivar AG 5055 PRO na condição controlada ocorreu aumento do teor de proteínas nos primeiros 90 dias, redução aos 180 dias e novo aumento até os 360 dias. Contudo, foi possível observar que em todas as situações, o teor de proteína no fim do armazenamento foi maior que na condição inicial (Apêndice 5.1). A variação da proteína foi de $12,00\% \pm 0,31$ a $16,87\% \pm 0,81$; $11,07\% \pm 0,08$ a $15,93\% \pm 0,08$; e $8,11\% \pm 0,08$ a $12,27\% \pm 0,14$; para as cultivares 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO, respectivamente (Apêndice 13.1). Os valores mínimos encontrados no estudo corroboram com os dados de Shukla & Cheryan (2001), que reportaram que o teor de proteínas de diferentes variedades de milho foi de 6% a 12%, em base seca. Ao longo do armazenamento produtos da degradação proteica, como a proteína solúvel e a amônia-N, tendem a aumentar, em virtude da ação das proteases vegetais e microbianas (Der Bedrosian; Nestor Junior & Kung Junior, 2012).

Maior teor de proteína foi determinado na cultivar de milho convencional (Figura 5.1; Anexo 13.1), assim como no estudo de Shatta et al. (2016), que apesar de identificarem valores inferiores, constataram que a cultivar convencional apresentou 0,84% de proteína a mais, sendo 10,89% e 10,05% para as cultivares convencional e transgênica respectivamente. Ainda foi possível observar pela análise de correlação (Apêndice 18) considerável correlação negativa entre proteína e lipídios (-0,68), o que explica os menores resultados de proteína para a cultivar transgênica AG 5055 PRO, por apresentarem maior teor lipídico. Estudos demonstraram que a competição por esqueletos de carbono entre a síntese de proteína e a síntese de lipídios pode ser responsável pela relação negativa entre os teores de proteína e lipídios nas sementes. Além disso, o conteúdo total de proteína e

óleos pode estar associado à utilização de açúcar solúvel, como a glicólise, que alimenta a biossíntese de aminoácidos e lipídios (Wang et al., 2019; Hernández-Sebastià et al., 2005).

O vigor das sementes de milho reduziu significativamente ($p \leq 0,01$) para as três cultivares nas duas condições (Figura 5.2). A viabilidade na condição controlada foi mantida durante todo o armazenamento para a cultivar convencional, reduziu para $<80\%$ após de 90 dias para a cultivar transgênica 30S31 VYHR e após 180 dias para a AG 5055 PRO; enquanto que a condição sem controle apresentou resultados inferiores a 80% desde a avaliação aos 90 dias para as três cultivares. A germinação, considerando o padrão mínimo exigido de 85% (IMA, 2005), foi conservada no ambiente controlado por todo o armazenamento para as cultivares 30S31 e AG 5055 PRO (Figura 5.3), e após 270 dias houve redução significativa ($p \leq 0,01$) para a 30S31 VYHR. No ambiente sem controle observou-se que as cultivares transgênicas apresentaram uma redução intensa da germinação após 90 dias ($41,22\% \pm 2,73$ e $36,89\% \pm 3,19$), enquanto que a cultivar convencional, manteve a germinação em até $83,00\% \pm 2,94$ aos 360 dias de armazenamento.

Vários autores relataram declínios nas propriedades fisiológicas de sementes durante o armazenamento (Shah, Watson & Cabrera 2002; Belmiro et al., 2010; Bessa et al., 2015). Em sementes de milho, Costa (2014) estimou perdas pós-colheita de até $59,48\%$ após armazená-las por 90 dias em estruturas tradicionais de armazenamento (embalagens de polipropileno) em Uganda. Baoua et al. (2014) constataram uma redução de 26% na germinação de grãos de milho após 6,5 meses de armazenamento, no oeste da África. Abedin et al (2012) afirmaram que a UR e a temperatura são fatores cruciais que afetam a vida útil do armazenamento, ressaltando que a maioria dos fungos de armazenamento (mofos e bolores) crescem rapidamente a temperaturas de 20°C a 40°C e UR maior que 70% , condições observadas na região de estudo (Anexo 1), que podem ter afetado a qualidade das sementes de milho armazenadas na condição ambiente.

As sementes de milho das cultivares 30S31 e 30S31 VYHR apresentaram o mesmo comportamento para a condutividade elétrica, que apesar de algumas oscilações, sofreu redução ao longo do armazenamento (Figura 5.3). Enquanto, que para as sementes de milho AG 5055 PRO houve aumento até 270 dias, com maior intensidade na condição sem controle. Em seguida, aos 360 dias de armazenamento, o valor da condutividade elétrica desta cultivar reduziu quase ao valor inicial na condição s/c e abaixo deste na c/c. Coradi et al. (2015) também observaram que o armazenamento em ambiente natural

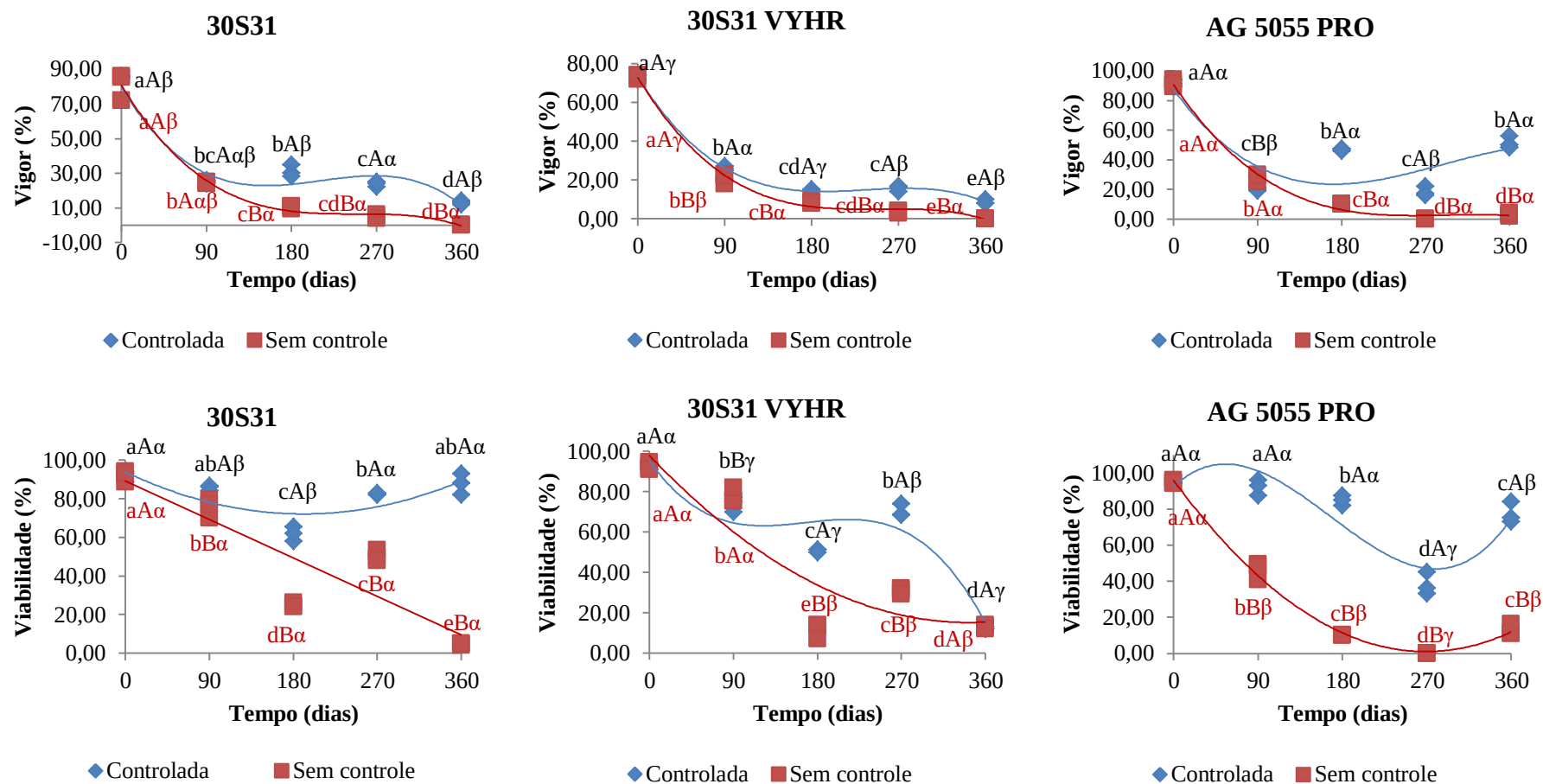


Figura 5.2 Vigor e viabilidade das sementes de milho das cultivares 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12^\circ\text{C} \pm 2$) e sem controle, durante 360 dias. * Diferentes letras minúsculas na mesma cultivar e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); enquanto diferentes letras maiúsculas para cada cultivar no mesmo tempo indicam diferença significativa para as condições de armazenamento; e diferentes letras gregas para o mesmo tempo e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre as cultivares

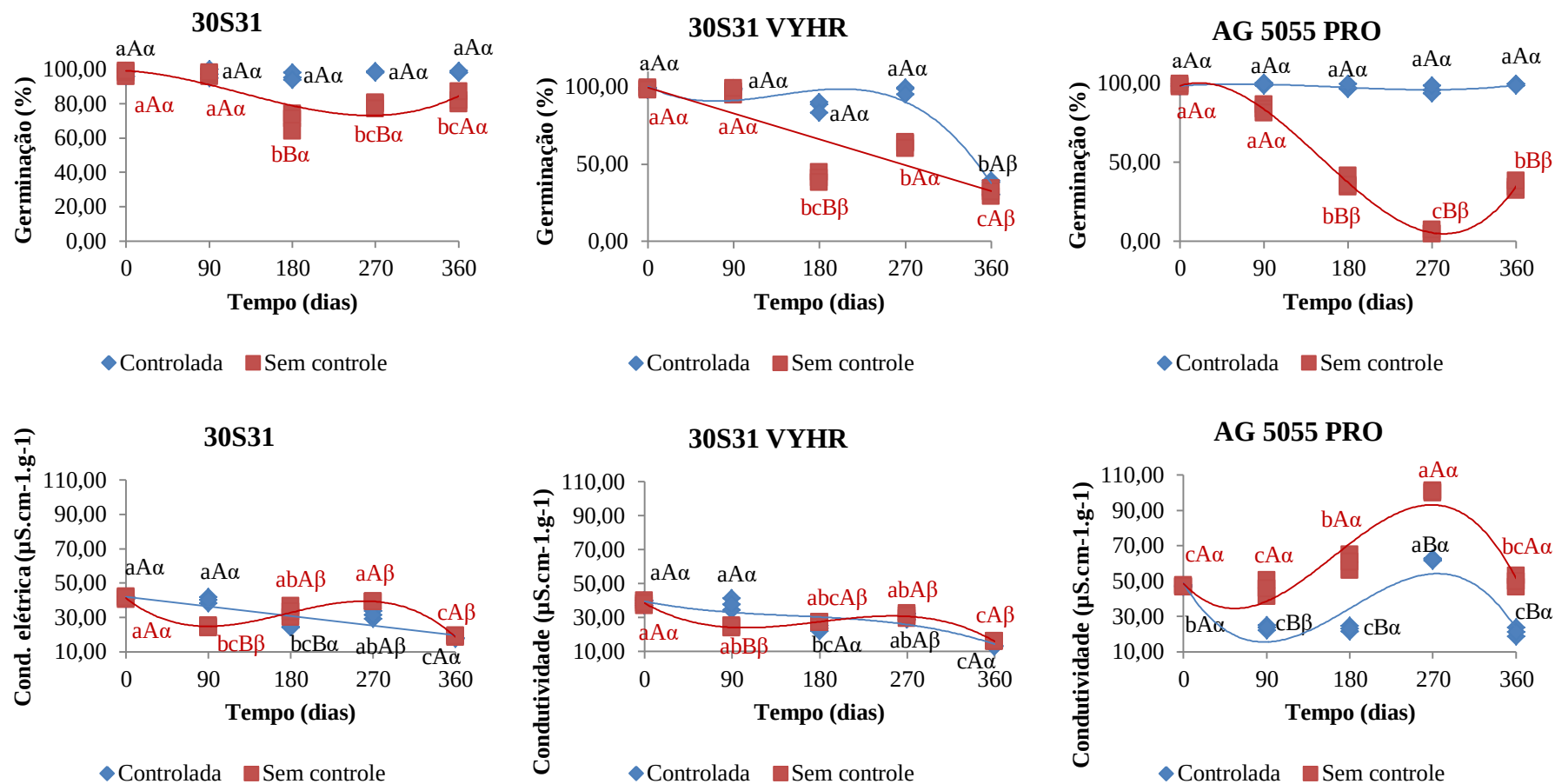


Figura 5.3 Germinação e condutividade elétrica das sementes de milho da cultivares 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70% ± 5 e temperatura de 12 °C ± 2) e sem controle, durante 360 dias. * Diferentes letras minúsculas na mesma cultivar e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); enquanto diferentes letras maiúsculas para cada cultivar no mesmo tempo indicam diferença significativa para as condições de armazenamento; e diferentes letras gregas para o mesmo tempo e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre as cultivares

(23°C) aumentou a liberação de exsudados dos grãos de milho, apresentando maiores valores de condutividade elétrica e em armazenamento resfriado (10 °C) reduziu os valores, após seis meses. Autores como Szemruch et al. (2015) ressaltaram que o teste de condutividade elétrica pode apresentar valores inconsistentes em sementes armazenadas em baixa temperatura, devido à estabilização da membrana, o que resulta em menor vazamento de exsudados.

Das análises fisiológicas verificou-se que a cultivar convencional foi menos afetada pelo tempo de armazenamento quando comparada as transgênicas, apesar do vigor e condutividade ter apresentado comportamento semelhante aos demais materiais, obteve sua viabilidade e germinação preservada na condição controlada até o fim do armazenamento e na condição sem controle apresentou germinação 50% maior que as cultivares transgênicas, pouco abaixo do padrão exigido para comercialização. Isto indica que a cultivar convencional pode ser favorável aos menores produtores, tanto pelo custo inferior quando por não precisar de câmara fria ou ambientes refrigerados para o armazenamento, ou para aqueles que guardam parte da sua produção em condições sem controle de temperatura e umidade relativa do ar para produção na próxima safra.

Entre as transgênicas a AG 5055 PRO também manteve a germinação preservada até os 360 dias de armazenagem e viabilidade 60% superior à cultivar 30S31 VYHR no fim do ensaio, sob condições controladas de temperatura e umidade relativa. Contudo em ambiente natural a transgênica PRO obteve resultados inferiores de viabilidade e germinação e resultados superiores de condutividade elétrica, demonstrando uma perda maior de qualidade. Estudos com sementes de soja também demonstraram maior potencial fisiológico em cultivares convencionais, com relação à materiais transgênicos (Carvalho; Oliveira; Caldeira, 2014; Carvalho et al., 2016), contudo em sementes de milho não foi encontrado trabalhos que constatarem esse fato, mas sim qualidade superior em transgênicos (Vazquez; Cardoso & Peres, 2014; Reis et al. 2011) devido aos ganhos genéticos ao combinar diversas linhagens.

Com relação à análise multivariada de componentes principais (ACP) (Figura 5.4) verificou-se que o primeiro componente (CP_1), eixo x, contribui com 36,26% das variações, o componente dois (CP_2) com 30,75% e o terceiro com 12,91%, que somados foram responsáveis por 79,92% das respostas totais. As equações (1) e (2) indicam os pontos das CP_1 e CP_2 , em que as variáveis X_1 - X_{11} são respectivamente: umidade, cinzas,

lipídio, proteína, vigor, viabilidade, germinação, condutividade elétrica, cultivar, tempo de armazenagem e condição de armazenamento.

$$CP_1 = 0,263X_1 - 0,796X_2 + 0,858X_3 - 0,798X_4 - 0,160X_5 - 0,334X_6 - 0,397X_7 + 0,729X_8 - 0,102X_9 + 0,714X_{10} + 0,118X_{11} \quad (\text{Equação 1})$$

$$CP_2 = - 0,278X_1 + 0,218X_2 - 0,279X_3 + 0,312X_4 - 0,810X_5 - 0,906X_6 - 0,826X_7 - 0,035X_8 + 0,666X_9 - 0,136X_{10} + 0,449X_{11} \quad (\text{Equação 2})$$

Observou-se correlação positiva entre os vetores mais próximos, como proteína e cinzas, e entre as propriedades fisiológicas (germinação, vigor e viabilidade); enquanto os parâmetros distantes e opostos demonstraram falta de associação e correlação negativa, respectivamente, como proteína e cinzas com umidade, e lipídios com condutividade elétrica. Também foi possível observar que a cultivar demonstrou correlação negativa com proteína e cinzas, e positiva com lipídios, ou seja, a cultivar convencional apresentou maiores teores de proteína e cinzas; e à medida que aumentava a transgenia os resultados de lipídios aumentavam.

O tempo de armazenagem diminui o vigor, viabilidade e germinação (vetores opostos), pois ao longo do tempo esses parâmetros reduziram. A condição de armazenamento não apresentou correlação positiva forte com nenhuma propriedade, contudo foi negativamente correlacionada com viabilidade, germinação, e vigor, demonstrando que o armazenamento sem controle proporcionou a redução desses parâmetros.

O tempo 5 (360 dias) está mais distribuído entre os quadrantes, indicando grande influência entre as respostas (Figura 5.4). Ainda é possível observar que os tempos 1 (0 dias), 2 (90 dias), 3 (180 dias) e 4 (270 dias) apresentaram a maioria dos dados no segundo e terceiro quadrantes, sendo mais influenciados pelas respostas de vigor, viabilidade, germinação, cinzas e proteínas.

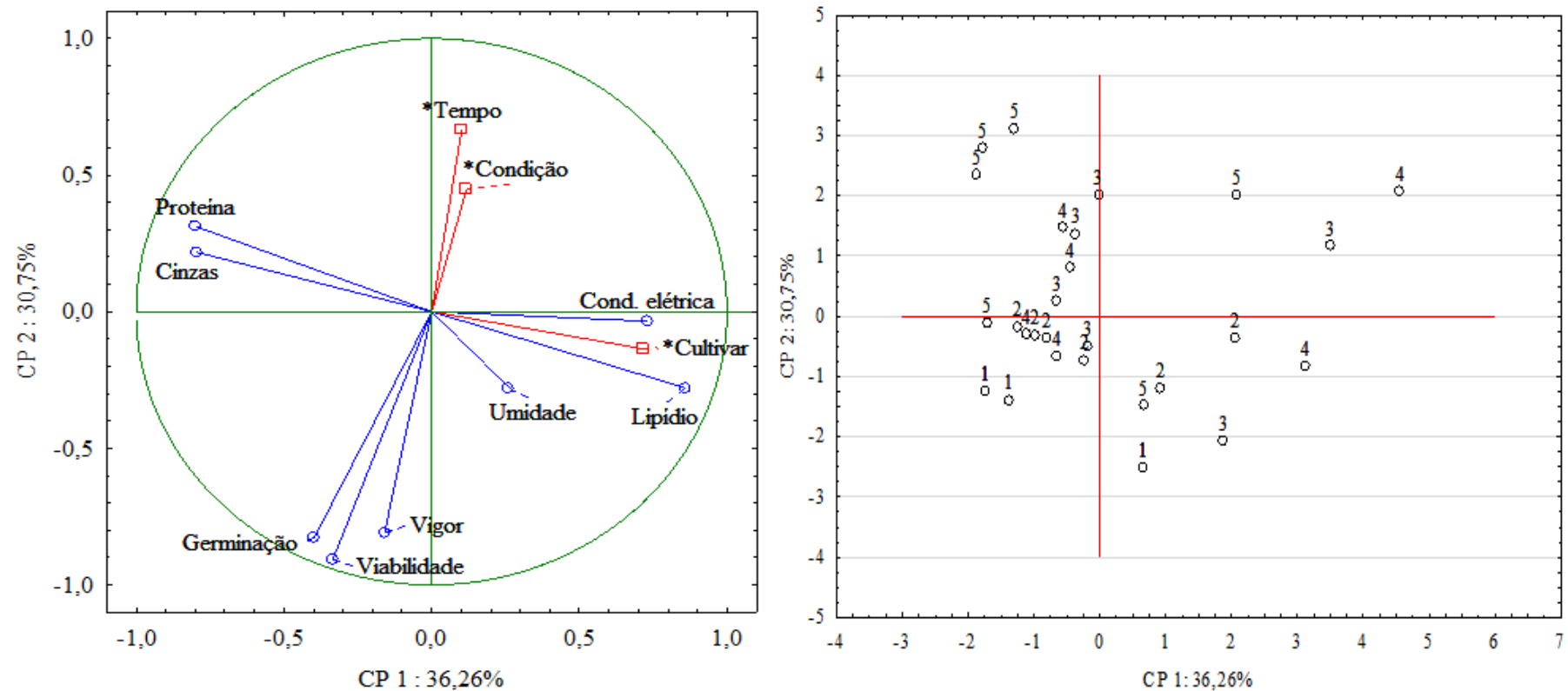


Figura 5.4 Análise de componentes principais das propriedades fisiológicas e físico-químicas das sementes de soja das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas) armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) e sem controle, durante 360 dias

4.4 CONCLUSÃO

O tempo, a condição de armazenamento e a cultivar provocam alteração nos teores de umidade, cinzas e proteína e em todas as propriedades fisiológicas avaliadas. O tempo de armazenagem reduz o vigor, a viabilidade e a germinação. A condição de armazenamento sem controle além de prejudicar as propriedades fisiológicas, também reduz a umidade, demonstrando que o armazenamento sem controle proporciona mais rápida alteração destes parâmetros. A cultivar convencional é menos afetada pelo tempo de armazenamento, com viabilidade e germinação dentro dos padrões exigidos até os 360 dias em condição controlada e germinação pouco abaixo do exigido quando em condição sem controle, sendo indicada para as duas situações. Dentre as transgênicas, a cultivar com tecnologia PRO apresenta melhor qualidade em condições de armazenamento controladas, porém em condições ambientais os valores de viabilidade e germinação são inferiores, quando comparada à 30S31 VYHR.

4.5 REFERÊNCIAS

ABEDIN, M.; RAHMAN, M.; MIA, M.; RAHMAN, K. In-store losses of rice and ways of reducing such losses at farmers' level: An assessment in selected regions of Bangladesh. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, Bangladesh, v. 10, p. 133–144, 2012.

ABIDI, S. L.; LIST, G. R.; RENNICK, K. A. Effect of genetic modification on the distribution of minor constituents in canola oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Hoboken, v. 76, p. 463-467, 1999.

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 615–620, 2011.

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**, ed. 19. Gaithersburg, 2012. 3000p.

BAOUA, I. B.; AMADOU, L.; OUSMANE, B.; BARIBUTSA, D.; MURDOCK, L. L. PICS bags for post-harvest storage of maize grain in West Africa. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 58, p. 20–28, 2014.

BELMIRO, T. M. C.; QUEIROZ, A. J. DE M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. DA C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 1000–1007, set. 2010.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. DE 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.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of develop-ment, germination and dormancy**. 3 ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

BOXALL; R. A. Post-harvest losses to insects: a world review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Manchester, v. 48, n. 1, p. 137–152, 2001.

BRANDÃO JÚNIOR. R. D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNARDINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. G. G. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 184, 1997.

BRANDELERO, W.; BARBACOV, A.; ROSBACH, M. G. O.; VIEBRANTZ, C.; GIRARDI, L. B.; MAYER, A. R.; CASASSOLA, A. Vigor e viabilidade de sementes de soja em resposta a umidade durante o processo de armazenagem. **Brazilian Journal of Developed**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 342-350, 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm> Acesso em: jan. 2020.

BRASIL. **Decreto no 5.153, de 23 de julho de 2004**. Aprova o Regulamento da Lei no 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças – SNSM, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5153.htm> Acesso em: jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 397 p.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR produzidas sob aplicação foliar de manganês. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

CARVALHO, T. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; OHLSON, O. C.; PANOBIANCO, M. Qualidade de sementes de soja convencional e Roundup Ready (RR), produzida para consumo próprio e comercial. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 2, p. 300-309, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, safra 2018/19, v. 6, n. 11 – Décimo primeiro levantamento,

Brasília, ago. 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 07 set. 2019.

CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; ANDRADE, M. G. D. O.; LIMA, R. E. Qualidade de Grãos de Milho após Secagem e Armazenamento em Ambiente Natural e Resfriamento Artificial. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 14, n. 3, p. 420–432, 2015.

COSTA, S. J. **Reducing food losses in sub-saharan africa (improving post-harvest management and storage technologies of smallholder farmers)**. UN World Food Programme, Kampala-Uganda, 2014.

DER BEDROSIAN, M. C.; NESTOR JUNIOR, K. E.; KUNG JUNIOR, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign-Illinois, v. 95, n. 9, p. 5115–5126, set. 2012.

HERNÁNDEZ-SEBASTIÀ, C.; MARSOLAIS, F.; SARAVITZ, C.; ISRAEL, D.; DEWEY, R. E.; HUBER, S. C. Free amino acid profiles suggest a possible role for asparagine in the control of storage-product accumulation in developing seeds of low- and high-protein soybean lines. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 417, p. 1951–1963, 2005.

IMA. **Instrução Normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005**. Instituto Mineiro de Agropecuária, 2005. Disponível em: <<https://www.ima.mg.gov.br/sanidade-vegetal/sementes-e-mudas/legislacao>>. Acesso em: jan. 2020.

KUMAR, D.; KALITA, P. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. **Foods**, Basileia, v. 6, n. 8, p. 2-22, 2017.

MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; DIAS, C. G. Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: Impacts and adaptation. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 216, p. 339–350, 2019.

NOGUEIRA, E.; OLIVEIRA, E.; DIAS, G.; ATTIE, J.; CUNHA, J.; PAIVA, V.; GALVÃO, A. **Adoção de biotecnologia 2016/17**. Céleres: Informativo Biotecnologia IB17.01, Uberlândia, 2017.

PARTENIANI, E. Uma percepção crítica sobre técnicas de manipulação genética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 77-84, 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 28 p. (Documento 202)

QUIRINO, J. R.; DE MELO, A. P. C.; VELOSO, V. R. S.; ALBERNAZ, K. C.; PEREIRA, J. M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 4, p.378-386, 2013.

RAYAN, A. M.; ABBOTT, L. C. Composition al analysis of genetically modified corn events (NK603, MON88017 x MON810 and MON89034 x MON88017) compared to conventional corn. **Food Chemistry**, Barking, v. 176, p. 99–105, 2015.

REED, C.; DOYUNGAN, S.; IOERGER, B.; GETCHEL, A. Response of storage molds to different initial moisture contents of maize (corn) stored at 25°C, and effect on respiration rate and nutrient composition. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 43, n. 4, p. 443–458, 2007.

REIS, L.S.; PEREIRA, M.G.; SILVA, R.F.; MEIRELES, R.C. Efeito da heterose na qualidade de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.2, p.310 - 315, 2011.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI FILHO, E.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha – RS , armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235–244, 2011.

SHAH, F. S.; WATSON, C. E.; CABRERA, E. R. Seed Vigor Testing of Subtropical Corn Hybrids. **Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station**, Mississippi, v. 23, n. 2, p. 1–5, 2002.

SHATTA A A; RAYAN A M; EL-SHAMEI Z S; GAB-ALLA A A; MOUSSA E A. Comparative Study of the Physicochemical Characteristics of Oil from Transgenic Corn (Ajeeb YG) with its Non-Transgenic Counterpart. **Austin Food Science**, Austin-Texas, v. 1, n. 5, 2016.

SHUKLA, R.; CHERYAN, M. ZEIN: The industrial protein from corn. **Industrial Crops and Products**, Amisterdã, v. 13, n. 3, p. 171–192, 2001.

SMANIOTTO, T. A. DE S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. DE; 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.

SULEIMAN, R.; ROSENTRATER, K. A.; BERN, C. Effects of deterioration parameters on storage of maize: A review. **Journal of natural sciences research**, Madison, v. 3, n. 9, p.147-165, 2013.

SZEMRUCH, C.; LONGO, O. DEL; FERRARI, L.; RENTERIA, S.; MURCIA, M.; CANTAMUTTO, M.; RONDANINI, D. Ranges of Vigor Based on the Electrical Conductivity Test in Dehulled Sunflower Seeds. **Research Journal of Seed Science**, Dubai, v. 8, n. 1, p. 12–21, 2015.

TIECKER JUNIOR, A.; GUIMARÃES, L. E.; FERRARI FILHO, E.; CASTRO, B. DE; DEL PONTE, E. M.; DIONELLO, R. G. qualidade físico-química de grãos de milho armazenados com diferentes umidades em ambientes hermético e não hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 174–186, 2014.

VAZQUEZ, G. H.; CARDOSO, R. D.; PERES, A. R. Tratamento químico de sementes

de milho e o teste de condutividade elétrica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 773-781, 2014.

WANG, J.; ZHOU, P.; SHI, X.; YANG, N.; YAN, L.; ZHAO, Q.; YANG, C.; GUAN, Y. Primary metabolite contents are correlated with seed protein and oil traits in near-isogenic lines of soybean. **Crop Journal**, Fitchburg, v. 7, n. 5, p. 651–659, 2019.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tempo e a condição de armazenamento afetaram a maioria das características físico-químicas e todas as propriedades fisiológicas avaliadas das sementes de soja e milho avaliadas, enquanto que o fator cultivar não influenciou a acidez total, a atividade de água e o ângulo Hue das cultivares de soja BRS 284 e Desafio RR. As condições ambientais em que as sementes foram submetidas preservou a germinação da cultivar de soja NS 7780 IPRO e as cultivares de milho 30S31 VYHR e AG 5055 PRO por apenas 90 dias; as cultivares de soja BRS 284 e Desafio RR por 180 dias; e a cultivar de milho convencional 30S31 não foi afetada durante os 360 dias de armazenamento, sendo mais indicada para quem não tem um ambiente com controle das condições de armazenamento. Em condições controladas houve a manutenção das propriedades fisiológicas da cultivar de soja NS 7780 IPRO, a viabilidade e germinação da cultivar de soja Desafio RR e das cultivares de milho 30S31 e AG 5055 PRO por todo período de armazenamento; a viabilidade da soja BRS 284 e do milho AG 5055 PRO e o vigor da Desafio RR (soja) foram conservados por 180 dias, e a germinação do milho 30S31 VYHR por 270 dias; enquanto que as demais propriedades permaneceram abaixo do exigido para comercialização desde os 90 dias. Entretanto, estudos com mais cultivares, diferentes tecnologias e diferentes temperaturas e umidades relativa do ar são necessários para esclarecer mais as mudanças que ocorrem durante o armazenamento destes materiais genéticos.

APÊNDICES

Apêndice 1.1 Umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos (média $\pm$ desvio-padrão) das sementes de soja da cultivar NS 7780 IPRO armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias

Tempo ^{1*}	Condição de Armazenagem	Umidade ²	Cinzas ³	Lipídios ³	Proteína ³	Carboidratos ³
0	Controlada	9,23 $\pm$ 0,21 ^{bA}	5,39 $\pm$ 0,06 ^{aA}	23,78 $\pm$ 0,20 ^{aA}	36,215 $\pm$ 0,07 ^{aA}	34,63 $\pm$ 0,17 ^{aA}
	Sem controle	9,23 $\pm$ 0,21 ^{aA}	5,39 $\pm$ 0,06 ^{aA}	23,78 $\pm$ 0,20 ^{aA}	36,215 $\pm$ 0,07 ^{aA}	34,63 $\pm$ 0,17 ^{aA}
90	Controlada	9,57 $\pm$ 0,08 ^{bA}	5,11 $\pm$ 0,02 ^{cB}	24,03 $\pm$ 0,29 ^{aA}	34,17 $\pm$ 0,42 ^{cA}	36,69 $\pm$ 0,48 ^{aA}
	Sem controle	9,65 $\pm$ 0,15 ^{aA}	5,29 $\pm$ 0,02 ^{abA}	24,40 $\pm$ 0,54 ^{aA}	33,26 $\pm$ 0,37 ^{cA}	37,05 $\pm$ 0,53 ^{aA}
180	Controlada	10,47 $\pm$ 0,05 ^{aA}	5,25 $\pm$ 0,02 ^{bA}	23,90 $\pm$ 0,14 ^{aA}	34,07 $\pm$ 0,79 ^{cA}	36,79 $\pm$ 0,80 ^{aA}
	Sem controle	9,37 $\pm$ 0,08 ^{aB}	5,21 $\pm$ 0,03 ^{bcA}	23,55 $\pm$ 0,31 ^{aA}	34,39 $\pm$ 0,15 ^{bcA}	36,86 $\pm$ 0,19 ^{aA}
270	Controlada	10,54 $\pm$ 0,15 ^{aA}	5,22 $\pm$ 0,05 ^{bcA}	24,96 $\pm$ 0,05 ^{aA}	35,21 $\pm$ 0,69 ^{abA}	34,62 $\pm$ 0,32 ^{aA}
	Sem controle	9,28 $\pm$ 0,04 ^{aB}	5,17 $\pm$ 0,05 ^{cA}	24,03 $\pm$ 0,22 ^{aA}	35,60 $\pm$ 0,40 ^{abA}	35,19 $\pm$ 1,18 ^{aA}
360	Controlada	9,07 $\pm$ 0,04 ^{cA}	5,26 $\pm$ 0,04 ^{bA}	23,41 $\pm$ 1,68 ^{aA}	35,64 $\pm$ 0,44 ^{abA}	35,68 $\pm$ 1,66 ^{aA}
	Sem controle	7,03 $\pm$ 0,25 ^{bB}	5,21 $\pm$ 0,05 ^{bcA}	23,51 $\pm$ 0,60 ^{aA}	35,06 $\pm$ 1,01 ^{abA}	36,20 $\pm$ 1,63 ^{aA}

¹dias; ² % (base úmida); ³ % (base seca); *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre as médias nos diferentes tempos em cada condição, e maiúsculas em cada coluna entre as condições de armazenagem em cada tempo, pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Apêndice 1.2 pH, acidez total, atividade de água (Aa), luminosidade (L*) e ângulo Hue (°H) (média ± desvio-padrão e Tukey) das sementes de soja, cultivar NS 7780 IPRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % ± 5 e temperatura de 12 °C ± 2) e sem controle, durante 360 dias.

Tempo ¹	Condição de Armazenagem	pH ³	Acidez total ²	Atividade de água ³	Luminosidade ³	Ângulo Hue ⁴
0	Controlada	7,06 ± 0,06 ^{aA}	12,10 ± 0,10 ^{cA}	0,605 ± 0,00 ^{dA}	84,09 ± 0,15 ^{aA}	84,67 ± 0,21 ^{cA}
	Sem controle	7,06 ± 0,06 ^{aA}	12,10 ± 0,10 ^{cA}	0,605 ± 0,00 ^{bA}	84,09 ± 0,15 ^{aA}	84,67 ± 0,21 ^{aA}
90	Controlada	6,53 ± 0,03 ^{cB}	13,19 ± 0,21 ^{bB}	0,622 ± 0,00 ^{cA}	83,64 ± 0,17 ^{abA}	85,30 ± 0,04 ^{bA}
	Sem controle	6,70 ± 0,04 ^{bA}	13,72 ± 0,28 ^{bA}	0,613 ± 0,00 ^{bB}	83,29 ± 0,11 ^{bA}	84,58 ± 0,14 ^{aB}
180	Controlada	6,55 ± 0,03 ^{cA}	11,97 ± 0,38 ^{cA}	0,672 ± 0,01 ^{aA}	82,56 ± 0,34 ^{cA}	84,51 ± 0,11 ^{cA}
	Sem controle	6,52 ± 0,01 ^{cA}	11,61 ± 0,11 ^{cA}	0,624 ± 0,01 ^{aB}	81,47 ± 0,20 ^{cB}	83,49 ± 0,18 ^{bB}
270	Controlada	6,70 ± 0,01 ^{bA}	12,27 ± 0,01 ^{cA}	0,642 ± 0,00 ^{bA}	82,37 ± 0,09 ^{cA}	85,71 ± 0,17 ^{abA}
	Sem controle	6,64 ± 0,01 ^{bcA}	11,66 ± 0,10 ^{cB}	0,589 ± 0,00 ^{cB}	81,52 ± 0,24 ^{cB}	83,68 ± 0,25 ^{bB}
360	Controlada	6,76 ± 0,03 ^{bA}	15,22 ± 0,71 ^{aB}	0,638 ± 0,00 ^{bA}	83,48 ± 0,15 ^{bA}	86,19 ± 0,18 ^{aA}
	Sem controle	6,74 ± 0,09 ^{bA}	17,76 ± 0,21 ^{aA}	0,508 ± 0,00 ^{dB}	83,68 ± 0,09 ^{abA}	84,22 ± 0,12 ^{aB}

¹dias; ²%; ³ adimensional; ⁴ grau (°);*Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre as médias nos diferentes tempos em cada condição, e maiúsculas em cada coluna entre as condições de armazenagem em cada tempo, pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Apêndice 1.3 Propriedades fisiológicas(média $\pm$ desvio-padrão e Tukey) das sementes de soja, cultivar NS 7780 IPRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias.

Tempo ¹	Condição de Armazenagem	Vigor ²	Viabilidade ²	Germinação ²	Condutividade elétrica ³
0	Controlada	80,00 $\pm$ 0,00 ^{bcA}	96,00 $\pm$ 0,00 ^{aA}	98,00 $\pm$ 1,41 ^{aA}	264,15 $\pm$ 6,23 ^{aA}
	Sem controle	80,00 $\pm$ 0,00 ^{aA}	96,00 $\pm$ 0,00 ^{aA}	98,00 $\pm$ 1,41 ^{aA}	264,15 $\pm$ 6,23 ^{aA}
90	Controlada	83,00 $\pm$ 5,00 ^{bA}	97,00 $\pm$ 2,45 ^{aA}	98,25 $\pm$ 2,54 ^{aA}	261,98 $\pm$ 18,48 ^{aA}
	Sem controle	83,00 $\pm$ 5,00 ^{aA}	93,00 $\pm$ 0,82 ^{aB}	95,25 $\pm$ 0,15 ^{aA}	143,05 $\pm$ 1,87 ^{cdB}
180	Controlada	94,00 $\pm$ 4,00 ^{aA}	100,00 $\pm$ 0,00 ^{aA}	83,00 $\pm$ 7,68 ^{bA}	107,09 $\pm$ 3,08 ^{bB}
	Sem controle	64,00 $\pm$ 2,00 ^{bB}	92,00 $\pm$ 2,00 ^{aB}	45,75 $\pm$ 5,78 ^{bB}	165,74 $\pm$ 5,21 ^{bcA}
270	Controlada	70,00 $\pm$ 10,00 ^{cA}	88,00 $\pm$ 1,63 ^{bA}	95,25 $\pm$ 1,98 ^{aA}	117,32 $\pm$ 16,76 ^{bA}
	Sem controle	23,00 $\pm$ 3,00 ^{cB}	52,00 $\pm$ 3,27 ^{bB}	34,00 $\pm$ 5,29 ^{cB}	130,71 $\pm$ 10,57 ^{dA}
360	Controlada	71,00 $\pm$ 0,82 ^{cA}	89,00 $\pm$ 0,82 ^{bA}	98,00 $\pm$ 1,41 ^{aA}	91,15 $\pm$ 3,98 ^{bB}
	Sem controle	3,00 $\pm$ 0,81 ^{dB}	26,00 $\pm$ 3,27 ^{cB}	14,00 $\pm$ 1,41 ^{dB}	177,12 $\pm$ 3,04 ^{bA}

¹dias; ²%; ³ $\mu\text{Scm}^{-1}.\text{g}^{-1}$; *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre as médias nos diferentes tempos em cada condição, e maiúsculas em cada coluna entre as condições de armazenagem em cada tempo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Apêndice 2.1 Análise de variância fatorial para a composição centesimal (b.s.), para a cultivar NS 7780 IPRO armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias.

Parâmetro	Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p
Umidade ¹	Interceptação	2610,182	1	2610,182	77210,28	0,000000
	Tempo	13,987	4	3,497	103,44	0,000000
	Condição	5,153	1	5,153	152,43	0,000000
	Tempo*Condição	4,711	4	1,178	34,84	0,000000
	Erro	0,676	20	0,034		
Cinzas ²	Interceptação	826,7145	1	826,7145	405605,3	0,000000
	Tempo	0,1507	4	0,0377	18,5	0,000002
	Condição	0,0006	1	0,0006	0,3	0,602362
	Tempo*Condição	0,0525	4	0,0131	6,4	0,001688
	Erro	0,0408	20	0,002		
Lipídio ²	Interceptação	17187,80	1	17187,80	24446,02	0,000000
	Tempo	0,19	1	0,19	0,26	0,612969
	Condição	4,08	4	1,02	1,45	0,254665
	Tempo*Condição	1,51	4	0,38	0,54	0,710796
	Erro	14,06	20	0,70		
Proteína ²	Interceptação	36712,89	1	36712,89	86826,43	0,000000
	Tempo	24,01	4	6,00	14,19	0,000012
	Condição	0,18	1	0,18	0,43	0,521795
	Tempo*Condição	1,95	4	0,49	1,15	0,362056
	Erro	8,46	20	0,42		
Carboidratos ²	Interceptação	38518,60	1	38518,60	31483,18	0,000000
	Tempo	26,28	4	6,57	5,37	0,004198
	Condição	0,69	1	0,69	0,56	0,461238
	Tempo*Condição	0,40	4	0,10	0,08	0,986978
	Erro	24,47	20	1,22		

¹ % (base úmida); ² % (base seca).

Apêndice 2.2 Análise de variância fatorial de cor instrumental e características físico-químicas da cultivar NS 7780 IPRO, armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias.

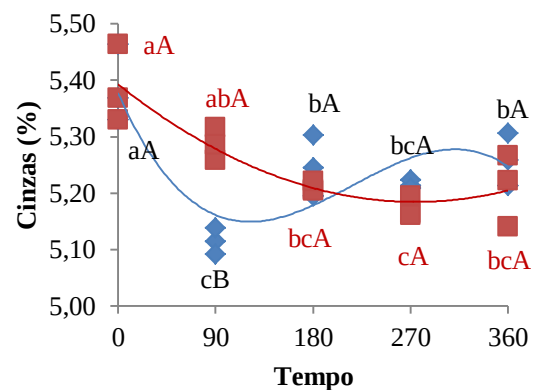
Parâmetro	Efeito	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
pH ¹	Interceptação	1356,769	1	1356,769	516700,3	0,000000
	Tempo	0,979	4	0,245	93,2	0,000000
	Condição	0,002	1	0,002	0,6	0,442318
	Tempo*Condição	0,053	4	0,013	5	0,005612
	Erro	0,053	20	0,003		
Acidez total ²	Interceptação	5194,552	1	5194,552	91719,42	0,000000
	Tempo	93,625	4	23,406	413,28	0,000000
	Condição	1,325	1	1,325	23,4	0,000100
	Tempo*Condição	9,584	4	2,396	42,3	0,000000
	Erro	1,133	20	0,057		
Atividade de água ¹	Interceptação	11,22653	1	11,22653	560625,7	0,000000
	Tempo	0,01765	4	0,00441	220,3	0,000000
	Condição	0,01752	1	0,01752	874,9	0,000000
	Tempo*Condição	0,01583	4	0,00396	197,7	0,000000
	Erro	0,0004	20	0,00002		
Luminosidade ¹	Interceptação	206758	1	206758	4120053	0,000000
	Tempo	22,9	4	5,7	114	0,000000
	Condição	1,3	1	1,3	25	0,000062
	Tempo*Condição	1,8	4	0,5	9	0,000247
	Erro	1	20	0,1		
Ângulo Hue ³	Interceptação	215229,5	1	215229,5	5000735	0,000000
	Tempo	4,8	4	1,2	28	0,000000
	Condição	9,9	1	9,9	230	0,000000
	Tempo*Condição	4,5	4	1,1	26	0,000000
	Erro	0,9	20	0		

¹adimensional; ² %; ³ grau (°)

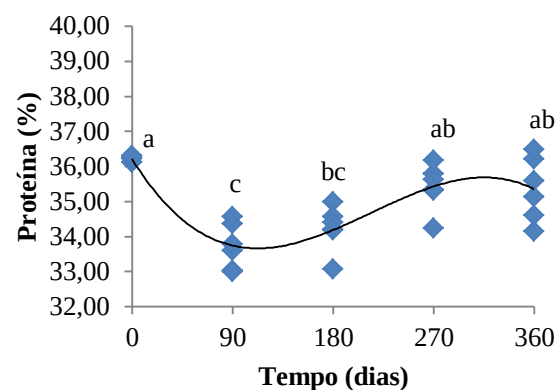
Apêndice 2.3 Análise de variância fatorial das características fisiológicas da cultivar NS 7780 IPRO, armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias.

Parâmetro	Efeito	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Vigor ¹	Interceptação	126750	1	126750	7002,762	0,000000
	Tempo	11397	4	2849,2	157,417	0,000000
	Condição	6394,8	1	6394,8	353,304	0,000000
	Tempo*Cond.	5410,2	4	1352,5	74,727	0,000000
	Erro	362	20	18,1		
Viabilidade ¹	Interceptação	206172,3	1	206172,3	40425,94	0,000000
	Tempo	7807,2	4	1951,8	382,71	0,000000
	Condição	3696,3	1	3696,3	724,76	0,000000
	Tempo*Cond.	4321,2	4	1080,3	211,82	0,000000
	Erro	102	20	5,1		
Germinação ¹	Interceptação	172622,0	1	172622,0	45031,82	0,000000
	Tempo	9508,3	4	2377,1	620,11	0,000000
	Condição	10416,0	1	10416,0	2717,23	0,000000
	Tempo*Cond.	7978,9	4	1994,7	520,37	0,000000
	Erro	76,7	20	3,8		
Condutividade elétrica ²	Interceptação	890033,2	1	890033,2	6765,181	0,000000
	Tempo	86551,3	4	21637,8	164,47	0,000000
	Condição	458,2	1	458,2	3,483	0,076735
	Tempo*Cond.	37273,4	4	9318,3	70,829	0,000000
	Erro	2631,2	20	131,6		

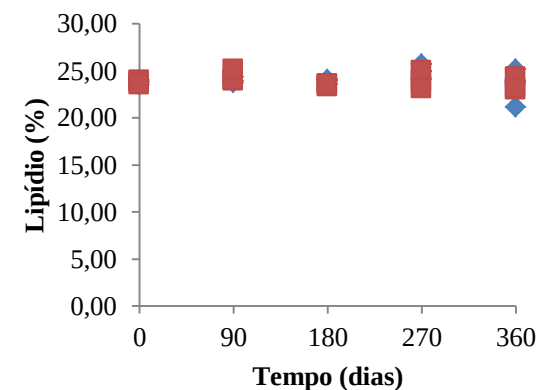
¹ %; ² $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$



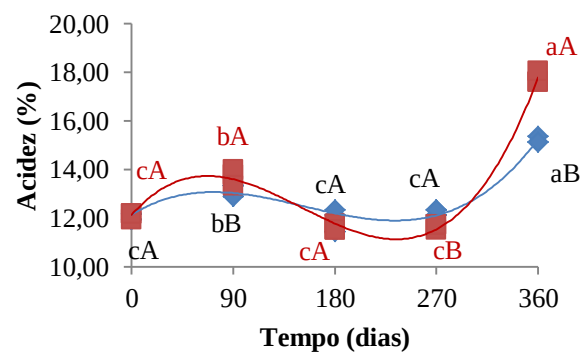
◆ Controlada ■ Sem controle



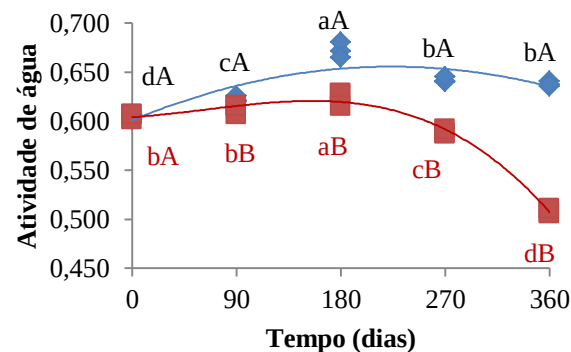
◆ Média das condições



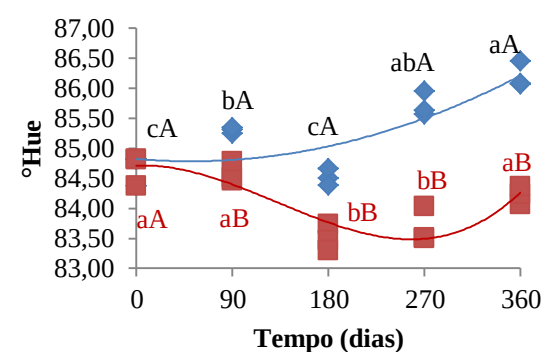
◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle



◆ Controlada ■ Sem controle

Apêndice 3 Cinzas, proteínas, lipídios, acidez, atividade de água e ângulo Hue da cultivar NS 7780 IPRO, armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias

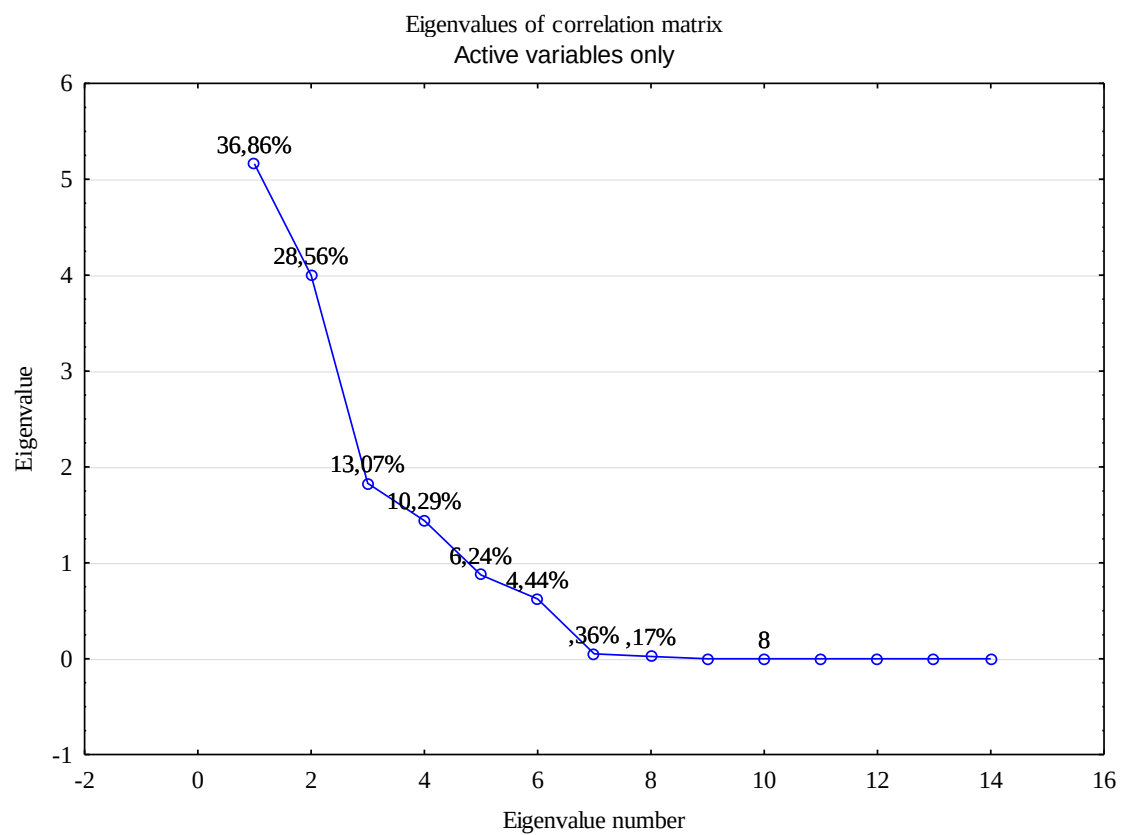
Apêndice 4 Análise de regressão das propriedades físico-químicas e fisiológicas da cultivar NS 7780 IPRO, armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias.

Parâmetro	Controle	R ²	R ² _{aj}	SQ Modelo	GL Modelo	QM Modelo	SQ Residual	GL Residual	QM Residual	F _{tabelado}	p
Umidade ¹	Com	0,962313	0,952035	5,031106	3	1,677035	0,197033	11	0,017912	93,62576	0,000000
Umidade ¹	Sem	0,933335	0,915153	13,20345	3	4,401149	0,943086	11	0,085735	51,33430	0,000001
Cinzas ²	Com	0,638758	0,540238	0,086886	3	0,028962	0,049137	11	0,004467	6,483507	0,008690
Cinzas ²	Sem	0,806897	0,774713	0,087097	2	0,043548	0,020844	12	0,001737	25,07148	0,000052
Carboidratos ²	-	0,474794	0,414193	24,61272	3	8,204239	27,22602	26	1,047155	7,834792	0,000693
pH ³	Com	0,964065	0,954264	0,548836	3	0,182945	0,020458	11	0,001860	98,36910	0,000000
pH ³	Sem	0,920911	0,899341	0,474447	3	0,158149	0,040746	11	0,003704	42,69440	0,000002
Acidez Total ⁴	Com	0,957211	0,945542	21,69613	3	7,232042	0,969849	11	0,088168	82,02559	0,000000
Acidez Total ⁴	Sem	0,992207	0,990082	81,03911	3	27,01304	0,636486	11	0,057862	466,8498	0,000000
Ativ. de água ³	Com	0,709454	0,661030	0,005496	2	0,002748	0,002251	12	0,000188	14,65080	0,000602
Ativ. de água ³	Sem	0,987588	0,984204	0,025810	3	0,008603	0,000324	11	0,000029	291,7580	0,000000
Luminosidade ³	Com	0,909425	0,884723	6,401771	3	2,133924	0,637589	11	0,057963	36,81553	0,000005
Luminosidade ³	Sem	0,961126	0,950524	17,97342	3	5,991140	0,726954	11	0,066087	90,65568	0,000000
Ângulo Hue ⁵	Com	0,668774	0,613570	4,230578	2	2,115289	2,095294	12	0,174608	12,11452	0,001321
Ângulo Hue ⁵	Sem	0,755336	0,688610	2,897602	3	0,965867	0,938574	11	0,085325	11,31988	0,001090
Vigor ⁴	Com	0,426666	0,331110	614,2286	2	307,1143	825,3714	12	68,78095	4,465107	0,035518
Vigor ⁴	Sem	0,990235	0,987572	15576,00	3	5192,000	153,6000	11	13,96364	371,8229	0,000000
Viabilidade ⁴	Com	0,679370	0,591925	243,2143	3	81,07143	114,7857	11	10,43506	7,769135	0,004621
Viabilidade ⁴	Sem	0,961871	0,951472	11419,71	3	3806,571	452,6857	11	41,15325	92,49748	0,000000
Germinação ⁴	Com	0,408615	0,310051	226,7238	2	113,3619	328,1354	12	27,34462	4,145675	0,042778
Germinação ⁴	Sem	0,951932	0,938823	16191,45	3	5397,150	817,5873	11	74,32612	72,61445	0,000000
C. Elétrica ⁶	Com	0,853299	0,813289	79224,01	3	26408,00	13620,40	11	1238,218	21,32742	0,000069
C. Elétrica ⁶	Sem	0,835029	0,790037	28066,54	3	9355,513	5544,898	11	504,0816	18,55952	0,000130

¹ % (base úmida); ² % (base seca); ³ adimensional; ⁴%; ⁵grau (°); ⁶μS.cm⁻¹.g⁻¹; R²:coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdades; QM: quadrado médio; p: nível de significância

Apêndice 5 Análise de correlação das propriedades físicas, químicas e fisiológicas da cultivar NS 7780 IPRO, armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias. Valores em vermelho representam correlação significativa ($p \leq 0,05$)

Parâmetros	Tempo	Condição	Umidade	Cinzas	Lipídio	Proteína	Carboid.	pH	Acidez	Aa	L*	°Hue	Vigor	Viab.	Germ.	C.elé
Tempo	1,00	0,00	-0,33	-0,49	-0,06	0,00	0,07	-0,42	0,55	-0,23	-0,38	0,14	-0,62	-0,63	-0,54	-0,74
Condição		1,00	-0,46	0,05	-0,10	-0,07	0,12	0,04	0,11	-0,58	-0,22	-0,70	-0,52	-0,48	-0,61	0,06
Umidade			1,00	0,00	0,30	-0,23	0,00	-0,25	-0,76	0,90	-0,32	0,25	0,75	0,76	0,63	-0,21
Cinzas				1,00	0,03	0,43	-0,44	0,78	-0,12	0,03	0,47	0,03	0,31	0,29	0,37	0,27
Lipídio					1,00	-0,10	-0,54	-0,05	-0,21	0,17	-0,07	0,17	0,10	0,10	0,17	-0,13
Proteína						1,00	-0,78	0,64	-0,04	-0,20	0,28	0,14	-0,21	-0,17	0,01	0,27
Carboidratos							1,00	-0,55	0,17	0,05	-0,21	-0,23	0,08	0,06	-0,14	-0,16
pH								1,00	0,02	-0,25	0,64	0,14	0,07	0,06	0,30	0,48
Acidez									1,00	-0,63	0,44	0,24	-0,52	-0,61	-0,33	-0,12
Ativ. de água										1,00	-0,24	0,37	0,82	0,85	0,68	-0,29
Luminosidade											1,00	0,48	0,21	0,11	0,45	0,57
Ângulo Hue												1,00	0,40	0,34	0,68	-0,11
Vigor													1,00	0,98	0,88	0,14
Viabilidade														1,00	0,85	0,16
Germinação															1,00	0,19
Con. elétrica																1,00



Apêndice 6 Análise de componentes principais das propriedades físicas, químicas e fisiológicas da cultivar NS 7780 IPRO armazenada sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70 % $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias

Apêndice 7.1 Composição centesimal (médias $\pm$ desvio-padrão) das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C $\pm$ 2; umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5) e sem controle, durante 360 dias

Tempo ¹ Controle		Umidade ²		Cinzas ³		Lipídios ³		Proteína ³		Carboidratos ³	
		BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio
0	Com	9,75 ^{aAβ}	9,99 ^{cAα}	5,35 ^{aAβ}	5,78 ^{aAα}	23,32 ^α	22,25 ^{Aβ}	38,43 ^{aAα}	37,34 ^{aAα}	32,90 ^{cAβ}	34,63 ^{bAα}
		$\pm 0,13$	$\pm 0,0$	$\pm 0,13$	$\pm 0,14$	$\pm 0,23$	$\pm 0,85$	$\pm 0,31$	$\pm 0,67$	$\pm 0,47$	$\pm 1,30$
	Sem	9,75 ^{abAβ}	9,99 ^{aAα}	5,35 ^{aAβ}	5,78 ^{aAα}	23,32 ^α	22,25 ^{abAβ}	38,43 ^{aAα}	37,34 ^{aAα}	32,90 ^{bAβ}	34,63 ^{cAα}
		$\pm 0,13$	$\pm 0,03$	$\pm 0,13$	$\pm 0,14$	$\pm 0,23$	$\pm 0,85$	$\pm 0,31$	$\pm 0,67$	$\pm 0,47$	$\pm 1,30$
90	Com	9,80 ^{aAα}	9,88 ^{cAα}	4,71 ^{cAβ}	5,33 ^{bAα}	23,16 ^α	22,69 ^{Aα}	38,27 ^{aAα}	35,48 ^{bcAβ}	33,85 ^{bcBβ}	36,49 ^{abBa}
		$\pm 0,06$	$\pm 0,03$	$\pm 0,01$	$\pm 0,03$	$\pm 0,06$	$\pm 0,78$	$\pm 0,23$	$\pm 0,51$	$\pm 0,18$	$\pm 1,06$
	Sem	9,89 ^{aAα}	9,87 ^{aAα}	4,74 ^{cAβ}	5,09 ^{bBa}	22,64 ^α	21,79 ^{abBa}	34,52 ^{cBa}	34,73 ^{bAα}	38,10 ^{aAα}	38,39 ^{abAα}
		$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$	$\pm 0,12$	$\pm 0,16$	$\pm 0,35$	$\pm 0,13$	$\pm 0,38$
180	Com	9,69 ^{aAβ}	10,68 ^{aAα}	5,01 ^{bAα}	5,08 ^{cAα}	23,09 ^α	22,64 ^{Aα}	36,30 ^{bAα}	35,02 ^{cAβ}	35,60 ^{abBβ}	37,27 ^{aAα}
		$\pm 0,09$	$\pm 0,13$	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,10$	$\pm 0,14$	$\pm 0,49$	$\pm 1,26$	$\pm 0,56$	$\pm 1,40$
	Sem	9,75 ^{abAβ}	10,10 ^{aBα}	4,99 ^{bAβ}	5,17 ^{bAα}	22,95 ^α	22,36 ^{aAα}	34,60 ^{cBβ}	35,96 ^{abAα}	37,46 ^{aAα}	36,51 ^{bcAα}
		$\pm 0,09$	$\pm 0,09$	$\pm 0,06$	$\pm 0,03$	$\pm 0,33$	$\pm 0,31$	$\pm 0,31$	$\pm 0,40$	$\pm 0,64$	$\pm 0,31$
270	Com	9,85 ^{aAβ}	10,31 ^{bAα}	4,92 ^{bcAβ}	5,12 ^{cAα}	23,77 ^α	22,37 ^{Aβ}	37,22 ^{abAα}	36,98 ^{abAα}	34,30 ^{bcAα}	35,53 ^{abAα}
		$\pm 0,09$	$\pm 0,19$	$\pm 0,09$	$\pm 0,01$	$\pm 0,20$	$\pm 0,05$	$\pm 1,06$	$\pm 0,24$	$\pm 1,16$	$\pm 0,14$
	Sem	9,52 ^{bBβ}	9,83 ^{aBα}	4,85 ^{bcAβ}	5,14 ^{bAα}	22,95 ^α	21,09 ^{bBβ}	37,54 ^{abAα}	36,97 ^{aAα}	34,66 ^{bAβ}	36,81 ^{bcAα}
		$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$	$\pm 0,11$	$\pm 0,22$	$\pm 0,57$	$\pm 0,04$	$\pm 0,48$	$\pm 0,20$
360	Com	8,25 ^{bAβ}	9,17 ^{dAα}	4,79 ^{cAβ}	5,17 ^{bcAα}	23,74 ^α	22,43 ^{Aβ}	34,71 ^{cBβ}	36,52 ^{abcAα}	36,76 ^{aAα}	35,88 ^{abBa}
		$\pm 0,06$	$\pm 0,06$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,72$	$\pm 0,10$	$\pm 0,39$	$\pm 0,23$	$\pm 1,11$	$\pm 0,16$
	Sem	6,47 ^{cBβ}	7,85 ^{bBα}	4,91 ^{bcAβ}	5,07 ^{bAα}	23,74 ^α	22,64 ^{abBβ}	36,34 ^{bAα}	34,46 ^{bBβ}	35,02 ^{bBβ}	39,20 ^{aAα}
		$\pm 0,06$	$\pm 0,28$	$\pm 0,09$	$\pm 0,01$	$\pm 0,15$	$\pm 0,74$	$\pm 0,80$	$\pm 0,22$	$\pm 0,95$	$\pm 0,76$

¹dias; ²% (base úmida); ³% (base seca); *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas na mesma linha indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey(p < 0,05)

Apêndice 7.2 Propriedades físico-químicas (médias $\pm$ desvio-padrão) das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C $\pm$ 2; umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5) e sem controle, durante 360 dias

Tempo ¹ / Controle		Atividade de água		pH		Acidez total ²		Luminosidade		Ângulo Hue	
		BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio
0	Com	0,644 ^{aAα}	0,643 ^{abAα}	6,94 ^{aAβ}	7,18 ^{aAα}	12,25 ^{dAα}	12,57 ^{cdAα}	85,10 ^{bAα}	84,68 ^{cdAα}	84,37 ^{bcAα}	83,89 ^{aAβ}
	Sem	± 0,00	± 0,00	± 0,12	± 0,02	± 0,83	± 0,74	± 0,47	± 0,22	± 0,31	± 0,20
90	Com	0,644 ^{aAα}	0,643 ^{aAα}	6,94 ^{aAβ}	7,18 ^{aAα}	12,25 ^{cAα}	12,57 ^{bAα}	85,10 ^{abAα}	84,68 ^{bAα}	84,37 ^{aAα}	83,89 ^{abAβ}
	Sem	± 0,00	± 0,00	± 0,12	± 0,02	± 0,83	± 0,74	± 0,47	± 0,22	± 0,31	± 0,20
180	Com	0,636 ^{aAα}	0,631 ^{bAα}	6,68 ^{bAα}	6,65 ^{bcAα}	13,73 ^{bcAα}	13,38 ^{bcAα}	84,84 ^{bAβ}	85,56 ^{abAα}	84,98 ^{bAα}	85,16 ^{aAα}
	Sem	± 0,01	± 0,00	± 0,03	± 0,04	± 0,23	± 0,18	± 0,22	± 0,24	± 0,49	± 0,17
270	Com	0,615 ^{bBα}	0,567 ^{cBβ}	6,60 ^{bAβ}	6,70 ^{bAα}	12,45 ^{cBα}	12,78 ^{bAα}	85,10 ^{bAβ}	85,99 ^{aAα}	84,24 ^{aBα}	84,38 ^{aBα}
	Sem	± 0,00	± 0,01	± 0,01	± 0,04	± 0,25	± 0,10	± 0,21	± 0,18	± 0,11	± 0,05
360	Com	0,647 ^{aAα}	0,636 ^{abAα}	6,64 ^{bcAα}	6,69 ^{bcAα}	13,39 ^{cdAα}	11,50 ^{dBβ}	85,10 ^{bAα}	84,57 ^{dAβ}	84,72 ^{bcAα}	84,31 ^{bAα}
	Sem	± 0,00	± 0,01	± 0,00	± 0,00	± 0,23	± 0,32	± 0,05	± 0,28	± 0,18	± 0,10
	Com	0,619 ^{bBβ}	0,641 ^{aAα}	6,58 ^{bAα}	6,59 ^{bBα}	12,27 ^{cBα}	12,45 ^{bAα}	84,44 ^{cBα}	84,32 ^{bAα}	83,52 ^{bBα}	83,46 ^{bBα}
	Sem	± 0,02	± 0,01	± 0,01	± 0,00	± 0,23	± 0,46	± 0,15	± 0,22	± 0,04	± 0,33
	Com	0,634 ^{aAβ}	0,658 ^{aAα}	6,66 ^{bcAα}	6,72 ^{bAα}	14,78 ^{bAα}	14,20 ^{bAα}	85,46 ^{bAα}	85,26 ^{bcAα}	85,75 ^{aAα}	85,16 ^{aAβ}
	Sem	± 0,02	± 0,01	± 0,01	± 0,02	± 0,34	± 0,20	± 0,12	± 0,12	± 0,02	± 0,18
	Com	0,606 ^{bBα}	0,601 ^{bBα}	6,61 ^{bAα}	6,65 ^{bAα}	14,48 ^{bAα}	13,32 ^{bAβ}	85,03 ^{abAα}	84,76 ^{bBα}	83,86 ^{abBα}	83,60 ^{bBα}
	Sem	± 0,01	± 0,00	± 0,00	± 0,02	± 0,20	± 0,20	± 0,27	± 0,17	± 0,31	± 0,21
	Com	0,603 ^{bAβ}	0,652 ^{abAα}	6,56 ^{cAα}	6,60 ^{cAα}	17,68 ^{aAα}	17,13 ^{aAα}	90,37 ^{aAα}	86,21 ^{aAβ}	84,25 ^{cAβ}	85,71 ^{aAα}
	Sem	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,03	± 0,57	± 0,81	± 0,10	± 0,16	± 0,26	± 0,26
	Com	0,498 ^{cBα}	0,510 ^{dBα}	6,45 ^{cBα}	6,47 ^{cBα}	16,57 ^{aBα}	17,14 ^{aAα}	90,04 ^{aAα}	86,27 ^{aAβ}	82,72 ^{cBβ}	83,73 ^{abBα}
	Sem	± 0,00	± 0,00	± 0,02	± 0,01	± 0,27	± 0,57	± 0,19	± 0,01	± 0,14	± 0,11

¹dias; ²%; *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas na mesma linha indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey(p < 0,05)

Apêndice 7.3 Propriedades fisiológicas (médias $\pm$ desvio-padrão) das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C $\pm$ 2; umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5) e sem controle, durante 360 dias

Tempo ¹	Controle	Vigor ²		Viabilidade ²		Germinação ²		Cond. elétrica ³	
		BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio	BRS 284	Desafio
0	Com	54,00 ^{bAβ}	72,00 ^{bAα}	82,00 ^{aAβ}	91,00 ^{abAα}	92,11 ^{aAβ}	97,89 ^{aAα}	297,08 ^{aAα}	172,22 ^{aAβ}
		$\pm 4,90$	$\pm 6,00$	$\pm 1,99$	$\pm 3,00$	$\pm 2,01$	$\pm 1,03$	$\pm 4,35$	$\pm 0,46$
	Sem	54,00 ^{aAβ}	72,00 ^{aAα}	82,00 ^{aAβ}	91,00 ^{aAα}	92,11 ^{aAβ}	97,89 ^{aAα}	297,08 ^{aAα}	172,22 ^{aAβ}
		$\pm 4,90$	$\pm 6,00$	$\pm 1,99$	$\pm 3,00$	$\pm 2,01$	$\pm 1,03$	$\pm 4,35$	$\pm 0,46$
90	Com	62,00 ^{aAβ}	84,00 ^{aAα}	82,00 ^{aAβ}	97,00 ^{aAα}	85,22 ^{aAβ}	98,78 ^{aAα}	259,46 ^{bAα}	163,90 ^{aAβ}
		$\pm 2,00$	$\pm 1,63$	$\pm 2,00$	$\pm 0,82$	$\pm 3,18$	$\pm 0,16$	$\pm 13,74$	$\pm 16,36$
	Sem	28,00 ^{bBβ}	78,00 ^{aBα}	63,00 ^{bBβ}	96,00 ^{aAα}	39,22 ^{bBβ}	96,78 ^{aAα}	171,70 ^{dBα}	87,61 ^{cBβ}
		$\pm 0,00$	$\pm 2,00$	$\pm 4,08$	$\pm 0,00$	$\pm 8,05$	$\pm 1,64$	$\pm 6,30$	$\pm 1,93$
180	Com	69,00 ^{aAβ}	91,00 ^{aAα}	88,00 ^{aAβ}	96,00 ^{aAα}	69,00 ^{bAβ}	95,89 ^{aAα}	141,93 ^{cBα}	65,55 ^{cBβ}
		$\pm 3,00$	$\pm 2,45$	$\pm 6,00$	$\pm 0,00$	$\pm 4,97$	$\pm 2,31$	$\pm 2,24$	$\pm 3,91$
	Sem	55,00 ^{aBβ}	76,00 ^{aBα}	83,00 ^{aAβ}	95,00 ^{aAα}	5,00 ^{cBβ}	68,33 ^{bBα}	223,39 ^{bAα}	115,27 ^{bAβ}
		$\pm 5,00$	$\pm 1,63$	$\pm 3,00$	$\pm 2,45$	$\pm 0,82$	$\pm 4,01$	$\pm 3,55$	$\pm 2,41$
270	Com	48,00 ^{bAβ}	69,00 ^{bAα}	70,00 ^{bAβ}	88,00 ^{bcAα}	69,11 ^{bAβ}	96,78 ^{aAα}	121,30 ^{dBα}	87,56 ^{bBβ}
		$\pm 1,63$	$\pm 0,81$	$\pm 0,00$	$\pm 1,63$	$\pm 1,26$	$\pm 1,64$	$\pm 6,09$	$\pm 0,26$
	Sem	7,00 ^{cBβ}	22,00 ^{bBα}	40,00 ^{cBβ}	53,00 ^{bBα}	0,00 ^{cBβ}	53,33 ^{cBα}	196,43 ^{cAα}	124,65 ^{bAβ}
		$\pm 0,82$	$\pm 0,00$	$\pm 3,27$	$\pm 2,45$	$\pm 0,00$	$\pm 2,49$	$\pm 10,68$	$\pm 5,19$
360	Com	35,00 ^{cAβ}	59,00 ^{cAα}	67,00 ^{bAβ}	84,00 ^{cAα}	68,00 ^{bAβ}	99,33 ^{aAα}	114,57 ^{dBα}	98,22 ^{bBβ}
		$\pm 0,82$	$\pm 2,45$	$\pm 0,81$	$\pm 1,63$	$\pm 4,00$	$\pm 0,94$	$\pm 3,82$	$\pm 2,27$
	Sem	0,00 ^{cBβ}	6,00 ^{cBα}	26,00 ^{dBβ}	36,00 ^{cBα}	0,00 ^{cBβ}	22,00 ^{dBα}	213,97 ^{bcAα}	133,11 ^{bAβ}
		$\pm 0,00$	$\pm 1,63$	$\pm 2,00$	$\pm 3,27$	$\pm 0,00$	$\pm 1,63$	$\pm 4,21$	$\pm 1,63$

¹dias; ²%; ³μS.cm⁻¹.g⁻¹; *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tempos em cada condição e maiúsculas entre a condição de armazenagem em cada tempo; diferentes letras gregas na mesma linha indicam diferença significativa entre as cultivares em cada tempo e condição, de acordo com o teste Tukey(p < 0,05)

Apêndice 8.1 Análise de variância fatorial para as propriedades físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C ± 2; umidade relativa do ar de 70% ± 5) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro ¹	Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Umidade	Interceptação	5438,581	1	5438,581	332346,7	0,00
	Cultivar	3,689	1	3,689	225,4	0,00
	Tempo	37,865	4	9,466	578,5	0,00
	Condição	2,844	1	2,844	173,8	0,00
	Cultivar*Tempo	2,271	4	0,568	34,7	0,00
	Cultivar*Cond.	0,029	1	0,029	1,8	0,19
	Tempo*Cond.	5,067	4	1,267	77,4	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,47	4	0,118	7,2	0,00
	Erro	0,655	40	0,016		
Cinzas	Interceptação	1571,073	1	1571,073	190728,5	0,00
	Cultivar	1,46	1	1,46	177,3	0,00
	Tempo	3,056	4	0,764	92,8	0,00
	Condição	0,005	1	0,005	0,6	0,44
	Cultivar*Tempo	0,26	4	0,065	7,9	0,00
	Cultivar*Cond.	0,013	1	0,013	1,5	0,23
	Tempo*Cond.	0,034	4	0,008	1	0,41
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,093	4	0,023	2,8	0,04
	Erro	0,329	40	0,008		
Lipídios	Interceptação	30863,67	1	30863,67	115795,7	0,00
	Cultivar	19,27	1	19,27	72,3	0,00
	Tempo	0,94	4	0,23	0,9	0,48
	Condição	3,59	1	3,59	13,5	0,00
	Cultivar*Tempo	3,99	4	1	3,7	0,01
	Cultivar*Cond.	0,81	1	0,81	3,1	0,09
	Tempo*Cond.	1,77	4	0,44	1,7	0,18
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,64	4	0,16	0,6	0,67
	Erro	10,66	40	0,27		
Proteína	Interceptação	79314,93	1	79314,93	176979,5	0,00
	Cultivar	4,63	1	4,63	10,3	0,00
	Tempo	58,68	4	14,67	32,7	0,00
	Condição	4,36	1	4,36	9,7	0,00
	Cultivar*Tempo	4,39	4	1,1	2,4	0,06
	Cultivar*Cond.	0,4	1	0,4	0,9	0,35
	Tempo*Cond.	11,54	4	2,89	6,4	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	21,93	4	5,48	12,2	0,00
	Erro	17,93	40	0,45		

¹ %

Apêndice 8.2 Análise de variância fatorial para as propriedades físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C ± 2; umidade relativa do ar de 70% ± 5) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro	Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Carboidratos ¹	Interceptação	77089,66	1	77089,66	83508,14	0,00
	Cultivar	28,45	1	28,45	30,82	0,00
	Tempo	82,15	4	20,54	22,25	0,00
	Condição	16,44	1	16,44	17,81	0,00
	Cultivar*Tempo	4,03	4	1,01	1,09	0,37
	Cultivar*Cond.	0,15	1	0,15	0,16	0,69
	Tempo*Cond.	16,71	4	4,18	4,52	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	29,01	4	7,25	7,86	0,00
	Erro	36,93	40	0,92		
pH ²	Interceptação	2696,48	1	2696,48	1039107	0,00
	Cultivar	0,088	1	0,088	34	0,00
	Tempo	2,042	4	0,511	197	0,00
	Condição	0,044	1	0,044	17	0,00
	Cultivar*Tempo	0,106	4	0,026	10	0,00
	Cultivar*Cond.	0	1	0	0	0,76
	Tempo*Cond.	0,028	4	0,007	3	0,04
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,014	4	0,004	1	0,26
	Erro	0,104	40	0,003		
Acidez total ¹	Interceptação	11500,3	1	11500,3	39883,4	0,00
	Cultivar	1,19	1	1,19	4,12	0,05
	Tempo	187,9	4	46,97	162,91	0,00
	Condição	2,8	1	2,8	9,71	0,00
	Cultivar*Tempo	3,6	4	0,9	3,12	0,03
	Cultivar*Cond.	1,63	1	1,63	5,64	0,02
	Tempo*Cond.	1,8	4	0,45	1,56	0,20
	Cultivar*Tempo*Cond.	3,14	4	0,79	2,72	0,04
	Erro	11,53	40	0,29		
Atividade de água ²	Interceptação	22,7889	1	22,7889	265528	0,00
	Cultivar	0,00018	1	0,00018	2	0,16
	Tempo	0,04539	4	0,01135	132,2	0,00
	Condição	0,02902	1	0,02902	338,1	0,00
	Cultivar*Tempo	0,00496	4	0,00124	14,5	0,00
	Cultivar*Cond.	0,00089	1	0,00089	10,3	0,00
	Tempo*Cond.	0,02778	4	0,00694	80,9	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,00299	4	0,00075	8,7	0,00
	Erro	0,00343	40	0,00009		

¹ %; ² adimensional

Apêndice 8.3 Análise de variância fatorial para as propriedades físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C ± 2; umidade relativa do ar de 70% ± 5) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro	Efeito	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Luminosidade ¹	Interceptação	440101	1	440101	5461321	0,00
	Cultivar	10,3	1	10,3	128	0,00
	Tempo	103,5	4	25,9	321	0,00
	Condição	0,3	1	0,3	4	0,06
	Cultivar*Tempo	39,8	4	10	124	0,00
	Cultivar*Cond.	0,1	1	0,1	2	0,22
	Tempo*Cond.	1,4	4	0,3	4	0,01
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,1	4	0	0	0,77
	Erro	3,2	40	0,1		
Ângulo Hue ²	Interceptação	426428	1	426428	5276332	0,00
	Cultivar	0	1	0	0	0,50
	Tempo	4,7	4	1,2	15	0,00
	Condição	16,6	1	16,6	205	0,00
	Cultivar*Tempo	6	4	1,5	19	0,00
	Cultivar*Cond.	0	1	0	0	0,81
	Tempo*Cond.	6,4	4	1,6	20	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,3	4	0,1	1	0,43
	Erro	3,2	40	0,1		
Vigor ³	Interceptação	162552	1	162552	14578,7	0,00
	Cultivar	7063,4	1	7063,4	633,48	0,00
	Tempo	19701,6	4	4925,4	441,74	0,00
	Condição	9003,8	1	9003,8	807,51	0,00
	Cultivar*Tempo	830,4	4	207,6	18,62	0,00
	Cultivar*Cond.	1,3	1	1,3	0,12	0,73
	Tempo*Cond.	4443	4	1110,7	99,62	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	857,4	4	214,4	19,22	0,00
	Erro	446	40	11,1		
Viabilidade ³	Interceptação	340657	1	340657	49731	0,00
	Cultivar	3241,3	1	3241,3	473,19	0,00
	Tempo	12750,9	4	3187,7	465,36	0,00
	Condição	4699,3	1	4699,3	686,04	0,00
	Cultivar*Tempo	393,9	4	98,5	14,38	0,00
	Cultivar*Cond.	7,3	1	7,3	1,07	0,31
	Tempo*Cond.	4716,9	4	1179,2	172,15	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	291,9	4	73	10,65	0,00
	Erro	274	40	6,9		

¹adimensional; ² grau (°); ³ %

Apêndice 8.4 Análise de variância fatorial para as propriedades físico-químicas e fisiológicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C ± 2; umidade relativa do ar de 70% ± 5) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro	Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Germinação ¹	Interceptação	271982	1	271982	22591,9	0,00
	Cultivar	14178,3	1	14178,3	1177,71	0,00
	Tempo	18483,1	4	4620,8	383,82	0,00
	Condição	23694,3	1	23694,3	1968,15	0,00
	Cultivar*Tempo	2877,4	4	719,4	59,75	0,00
	Cultivar*Cond.	1404,9	1	1404,9	116,7	0,00
	Tempo*Cond.	9663,4	4	2415,9	200,67	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	1602,7	4	400,7	33,28	0,00
	Erro	481,6	40	12		
Condutividade elétrica ²	Interceptação	1591418	1	1591418	26689,3	0,00
	Cultivar	100027	1	100027	1677,54	0,00
	Tempo	88252	4	22063	370,01	0,00
	Condição	6846	1	6846	114,82	0,00
	Cultivar*Tempo	11920	4	2980	49,98	0,00
	Cultivar*Cond.	2263	1	2263	37,95	0,00
	Tempo*Cond.	49211	4	12303	206,32	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	2798	4	699	11,73	0,00
	Erro	2385	40	60		

¹ %; ² μS.cm⁻¹.g⁻¹

Apêndice 9.1 Análise de regressão da composição centesimal das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$; umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro ¹	Cultivar	Controle	R ²	R ² _{aj}	SQ Modelo	GL Modelo	QM Modelo	SQ Residual	GL Residual	QM Residual	F _{tabelado}	p
Umidade	BRS 284	Com	0,800047	0,766722	4,562094	2	2,281047	1,140187	12	0,095016	24,01	0,00
Umidade	BRS 284	Sem	0,907514	0,892099	23,35642	2	11,67821	2,38029	12	0,198357	58,87	0,00
Umidade	Desafio RR	Com	0,888432	0,858005	3,521893	3	1,173964	0,442273	11	0,040207	29,20	0,00
Umidade	Desafio RR	Sem	0,973992	0,966899	10,64032	3	3,546773	0,284121	11	0,025829	137,32	0,00
Cinzas	BRS 284	Com	0,445008	0,403897	0,687898	2	0,343949	0,857914	27	0,031775	10,82	0,00
Cinzas	Desafio RR	Com	0,920577	0,898916	0,989987	3	0,329996	0,085412	11	0,007765	42,50	0,00
Cinzas	Desafio RR	Sem	0,903207	0,876809	1,040713	3	0,346904	0,111529	11	0,010139	34,21	0,00
Lipídio	BRS 284	Sem	0,683148	0,630339	1,874108	2	0,937054	0,869234	12	0,072436	12,94	0,00
Proteína	BRS 284	Com	0,650883	0,624027	21,63986	1	21,63986	11,60709	13	0,892853	24,24	0,00
Proteína	BRS 284	Sem	0,876467	0,842776	34,92453	3	11,64151	4,922419	11	0,447493	26,01	0,00
Proteína	Desafio RR	Com	0,540565	0,415264	10,23795	3	3,412651	8,701412	11	0,791037	4,31	0,00
Proteína	Desafio RR	Sem	0,893686	0,864692	20,03862	3	6,679539	2,383808	11	0,216710	30,82	0,00
Carboidratos	BRS 284	Com	0,612541	0,506870	22,61220	3	7,537399	14,30321	11	1,300292	5,796699	0,00
Carboidratos	BRS 284	Sem	0,908765	0,883883	54,56192	3	18,18731	5,477697	11	0,497972	36,52272	0,00
Carboidratos	Desafio RR	Sem	0,772976	0,711061	35,17886	3	11,72629	10,33205	11	0,939277	12,48437	0,00

¹ %; R²: coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdades; QM: quadrado médio; p: nível de significância

Apêndice 9.2 Análise de regressão das propriedades físico-químicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C ± 2; umidade relativa do ar de 70% ± 5) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro	Cultivar	Controle	R ²	R ² _{aj}	SQ Modelo	GL Modelo	QM Modelo	SQ Residual	GL Residual	QM Residual	F _{tabelado}	p
pH ¹	BRS 284	Com	0,847570	0,805998	0,243993	3	0,081331	0,043880	11	0,003989	20,39	0,00
pH ¹	BRS 284	Sem	0,901890	0,875132	0,385669	3	0,128556	0,041954	11	0,003814	33,71	0,00
pH ¹	Desafio RR	Com	0,971250	0,963409	0,657336	3	0,219112	0,019458	11	0,001769	123,87	0,00
pH ¹	Desafio RR	Sem	0,989833	0,987060	0,892671	3	0,297557	0,009169	11	0,000834	356,97	0,00
Acidez Total ²	BRS 284	Com	0,941896	0,926049	50,48405	3	16,82802	3,114294	11	0,283118	59,44	0,00
Acidez Total ²	BRS 284	Sem	0,939005	0,928840	42,39593	2	21,19797	2,753897	12	0,229491	92,37	0,00
Acidez Total ²	Desafio RR	-	0,877103	0,862922	95,8734	3	31,9578	13,43352	26	0,516674	61,85	0,00
Ativ. de água ¹	BRS 284	Com	0,655269	0,561252	0,003646	3	0,001215	0,001918	11	0,000174	6,97	0,01
Ativ. de água ¹	BRS 284	Sem	0,976885	0,970581	0,038551	3	0,012850	0,000912	11	0,000083	154,96	0,00
Ativ. de água ¹	Desafio RR	Com	0,753370	0,686107	0,001391	3	0,000464	0,000455	11	0,000041	11,20	0,00
Ativ. de água ¹	Desafio RR	Sem	0,870628	0,835345	0,032806	3	0,010935	0,004875	11	0,000443	24,68	0,00
Luminosidade ¹	BRS 284	-	0,969310	0,965768	128,8652	3	42,95507	4,080138	26	0,156928	273,72	0,00
Luminosidade ¹	Desafio RR	Com	0,713975	0,635968	4,350943	3	1,450314	1,743030	11	0,158457	9,15	0,00
Luminosidade ¹	Desafio RR	Sem	0,778164	0,717663	7,395638	3	2,465213	2,108322	11	0,191666	12,86	0,00
Ângulo Hue ³	BRS 284	Sem	0,745478	0,676063	4,499220	3	1,499740	1,536130	11	0,139648	10,74	0,00
Ângulo Hue ³	Desafio RR	Com	0,714597	0,636760	4,990545	3	1,663515	1,993172	11	0,181197	9,18	0,00

¹adimensional; ² %; ³ grau (°); R²:coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdades; QM: quadrado médio; p: nível de significância

Apêndice 9.3 Análise de regressão das propriedades fisiológicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica) armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$; umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle ambiental, durante 360 dias.

Parâmetro	Cultivar	Controle	R ²	R ² _{aj}	SQ Modelo	GL Modelo	QM Modelo	SQ Residual	GL Residual	QM Residual	F _{tabelado}	p
Vigor ¹	BRS 284	Com	0,860233	0,836938	1861,200	2	930,6000	302,4000	12	25,20000	36,93	0,00
Vigor ¹	BRS 284	Sem	0,660344	0,603735	5285,657	2	2642,829	2718,743	12	226,5619	11,66	0,00
Vigor ¹	Desafio RR	Com	0,852819	0,812679	1732,929	3	577,6429	299,0714	11	27,18831	21,25	0,00
Vigor ¹	Desafio RR	Sem	0,938520	0,921752	13212,86	3	4404,286	865,5429	11	78,68571	55,97	0,00
Viabilidade ¹	BRS 284	Com	0,791641	0,756914	652,6286	2	326,3143	171,7714	12	14,31429	22,80	0,00
Viabilidade ¹	BRS 284	Sem	0,775309	0,737860	6069,429	2	3034,714	1758,971	12	146,5810	20,70	0,00
Viabilidade ¹	Desafio RR	Com	0,895042	0,866416	351,2143	3	117,0714	41,18571	11	3,744156	31,27	0,00
Viabilidade ¹	Desafio RR	Sem	0,944238	0,929030	8859,214	3	2953,071	523,1857	11	47,56234	62,09	0,00
Germinação ¹	BRS 284	Com	0,845244	0,819451	1397,094	2	698,5471	255,7947	12	21,31623	32,77	0,00
Germinação ¹	BRS 284	Sem	0,983423	0,980660	18840,96	2	9420,479	317,5894	12	26,46578	355,95	0,00
Germinação ¹	Desafio RR	Sem	0,975537	0,968865	11943,17	3	3981,057	299,4947	11	27,22679	146,22	0,00
C. Elétrica ²	BRS 284	Com	0,957963	0,946498	83991,36	3	27997,12	3685,723	11	335,0658	83,56	0,00
C. Elétrica ²	BRS 284	Sem	0,751824	0,684139	20477,27	3	6825,757	6759,524	11	614,5022	11,11	0,00
C. Elétrica ²	Desafio RR	Com	0,791504	0,734642	22324,77	3	7441,590	5880,724	11	534,6113	13,92	0,00
C. Elétrica ²	Desafio RR	Sem	0,907793	0,882645	10390,70	3	3463,568	1055,418	11	95,94707	36,10	0,00

¹ %; ² $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$; R²: coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdades; QM: quadrado médio; p: nível de significância

Apêndice 10.1 Modelos matemáticos ajustados para a composição centesimal das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$; umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle, durante 360 dias, seguidos pelos respectivos coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e nível de significância (p)

Parâmetro ¹	Cultivar	Controle	Modelo	R^2	R^2_{aj}	p
Umidade	BRS 284	Com	$y = -3E^{-05}x^2 + 0,0063x + 9,63$	0,80	0,77	0,00
Umidade	BRS 284	Sem	$y = -6E^{-05}x^2 + 0,0128x + 9,54$	0,91	0,89	0,00
Umidade	Desafio RR	Com	$y = -2E^{-07}x^3 + 8E^{-05}x^2 - 0,0045x + 9,95$	0,89	0,86	0,00
Umidade	Desafio RR	Sem	$y = -2E^{-07}x^3 + 9E^{-05}x^2 - 0,0077x + 9,99$	0,97	0,97	0,00
Cinzas	BRS 284	-	$y = -9E^{-08}x^3 + 6E^{-05}x^2 - 0,0099x + 5,32$	0,45	0,40	0,00
Cinzas	Desafio RR	Com	$y = -2E^{-08}x^3 + 2E^{-05}x^2 - 0,0071x + 5,79$	0,92	0,90	0,00
Cinzas	Desafio RR	Sem	$y = -9E^{-08}x^3 + 6E^{-05}x^2 - 0,0115x + 5,77$	0,90	0,88	0,00
Lipídio	BRS 284	Sem	$y = 2E^{-05}x^2 - 0,0071x + 23,27$	0,68	0,63	0,00
Proteína	BRS 284	Com	$y^2 = -0,0094x + 38,69$	0,65	0,62	0,00
Proteína	BRS 284	Sem	$y = -9E^{-07}x^3 + 0,0006x^2 - 0,0924x + 38,51$	0,88	0,84	0,00
Proteína	Desafio RR	Com	$y = -4E^{-07}x^3 + 0,0003x^2 - 0,0472x + 37,43$	0,54	0,42	0,03
Proteína	Desafio RR	Sem	$y = -8E^{-07}x^3 + 0,0005x^2 - 0,0625x + 37,33$	0,89	0,86	0,00
Carboidratos disponíveis	BRS 284	Com	$y = 3E^{-07}x^3 - 0,0002x^2 + 0,0327x + 32,75$	0,61	0,51	0,01
Carboidratos disponíveis	BRS 284	Sem	$y = 1E^{-06}x^3 - 0,0007x^2 + 0,1102x + 32,88$	0,91	0,88	0,00
Carboidratos disponíveis	Desafio RR	Sem	$y = 9E^{-07}x^3 - 0,0005x^2 + 0,0717x + 34,74$	0,77	0,71	0,00

¹ %

Apêndice 10.2 Modelos matemáticos ajustados para as propriedades físico-químicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$; umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle, durante 360 dias, seguidos pelos respectivos coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e nível de significância (p)

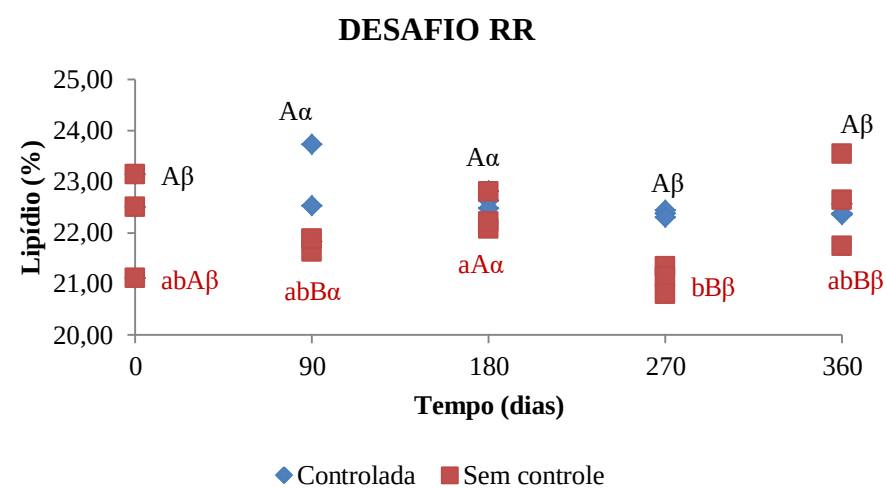
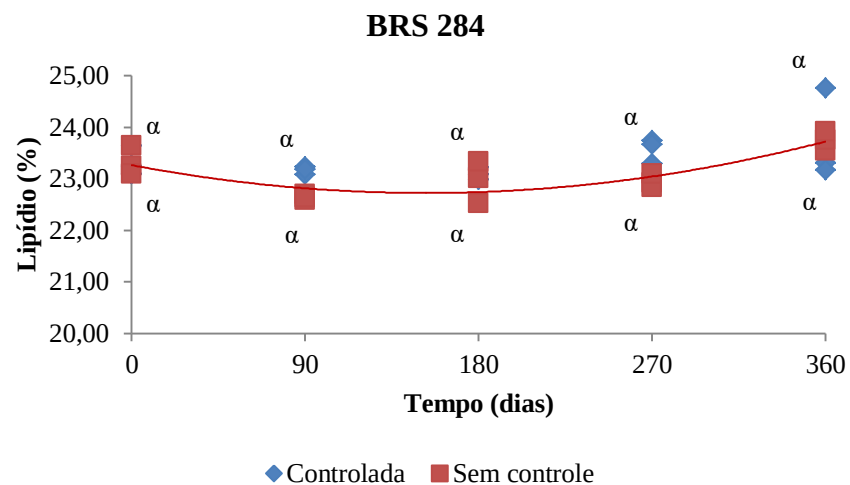
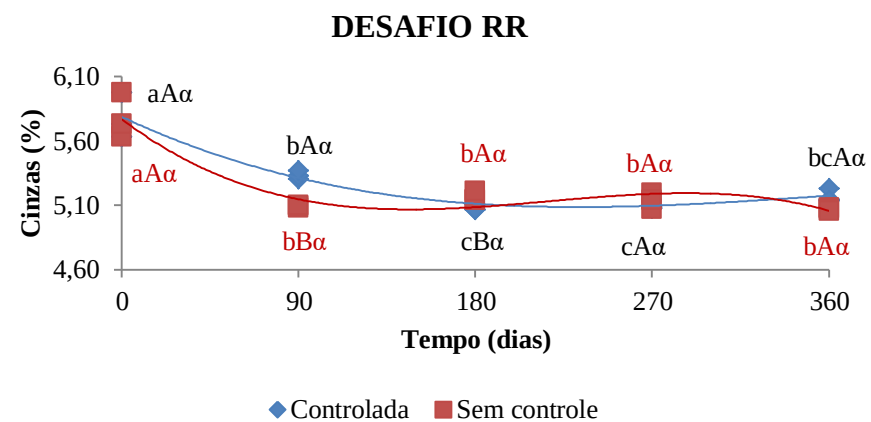
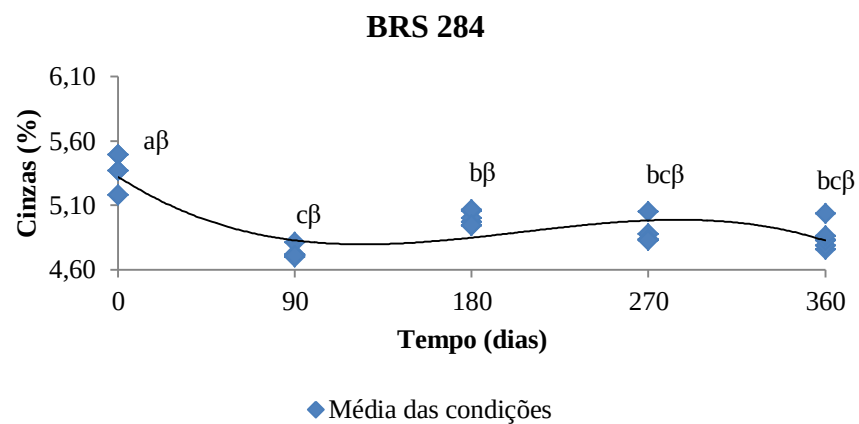
Parâmetro	Cultivar	Controle	Modelo	R^2	R^2 ajustado	p
pH ¹	BRS 284	Com	$y = -4E^{-08}x^3 + 2E^{-05}x^2 - 0,0048x + 6,94$	0,85	0,81	0,00
pH ¹	BRS 284	Sem	$y = -6E^{-08}x^3 + 3E^{-05}x^2 - 0,0063x + 6,94$	0,90	0,88	0,00
pH ¹	DESAFIO RR	Com	$y = -8E^{-08}x^3 + 5E^{-05}x^2 - 0,0096x + 7,17$	0,97	0,96	0,00
pH ¹	DESAFIO RR	Sem	$y = -7E^{-08}x^3 + 5E^{-05}x^2 - 0,0091x + 7,18$	0,99	0,99	0,00
Acidez Total ²	BRS 284	Com	$y = 4E^{-07}x^3 - 0,0002x^2 + 0,0253x + 12,30$	0,94	0,93	0,00
Acidez Total ²	BRS 284	Sem	$y = 5E^{-05}x^2 - 0,0077x + 12,35$	0,94	0,93	0,00
Acidez Total ²	DESAFIO RR	-	$y = 4E^{-07}x^3 - 0,0001x^2 + 0,0091x + 12,65$	0,88	0,86	0,00
Atividade de água ¹	BRS 284	Com	$y = -4E^{-09}x^3 + 2E^{-06}x^2 - 0,0002x + 0,64$	0,66	0,56	0,01
Atividade de água ¹	BRS 284	Sem	$y = -1E^{-08}x^3 + 6E^{-06}x^2 - 0,0008x + 0,64$	0,98	0,97	0,00
Atividade de água ¹	DESAFIO RR	Com	$y = -5E^{-09}x^3 + 3E^{-06}x^2 - 0,0004x + 0,64$	0,75	0,69	0,00
Atividade de água ¹	DESAFIO RR	Sem	$y = -2E^{-08}x^3 + 1E^{-05}x^2 - 0,0014x + 0,64$	0,87	0,84	0,00
Luminosidade ¹	BRS 284	-	$y = 5E^{-07}x^3 - 0,0002x^2 + 0,0135x + 85,06$	0,97	0,97	0,00
Luminosidade ¹	DESAFIO RR	Com	$y = 2E^{-07}x^3 - 0,0001x^2 + 0,0141x + 84,75$	0,71	0,64	0,00
Luminosidade ¹	DESAFIO RR	Sem	$y = 5E^{-07}x^3 - 0,0002x^2 + 0,0264x + 84,77$	0,78	0,72	0,00
Ângulo Hue ³	BRS 284	Sem	$y = -1E^{-07}x^3 + 5E^{-05}x^2 - 0,0081x + 84,43$	0,75	0,68	0,00
Ângulo Hue ³	DESAFIO RR	Com	$y = 2E^{-07}x^3 - 0,0001x^2 + 0,0176x + 83,97$	0,85	0,81	0,00

¹ adimensional; ²%; ³ grau (°)

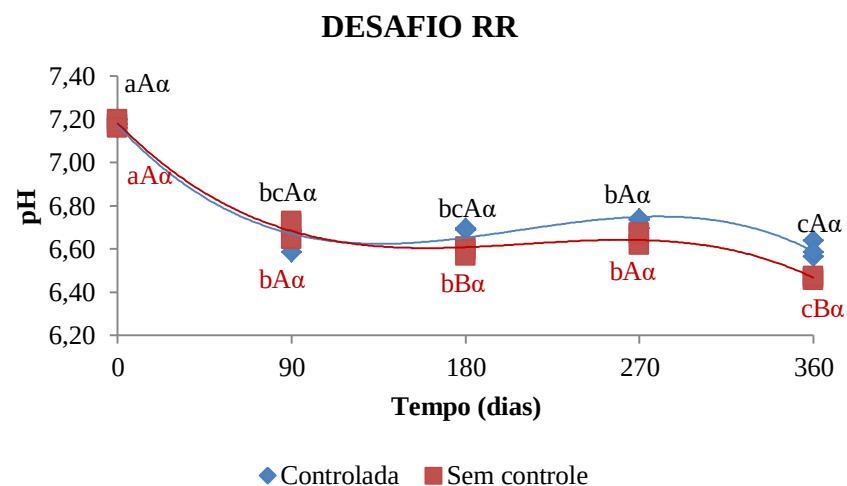
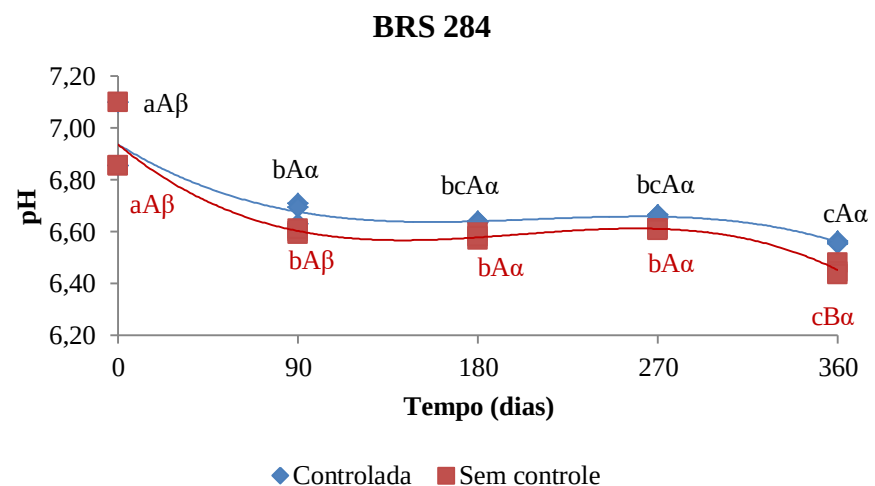
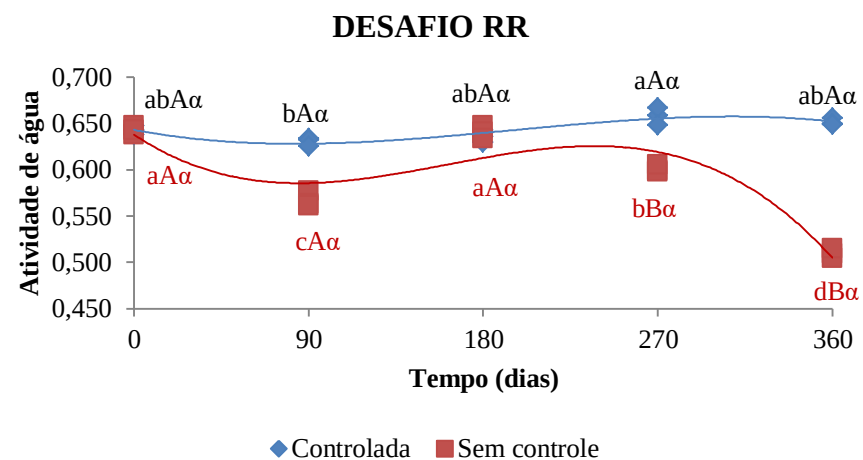
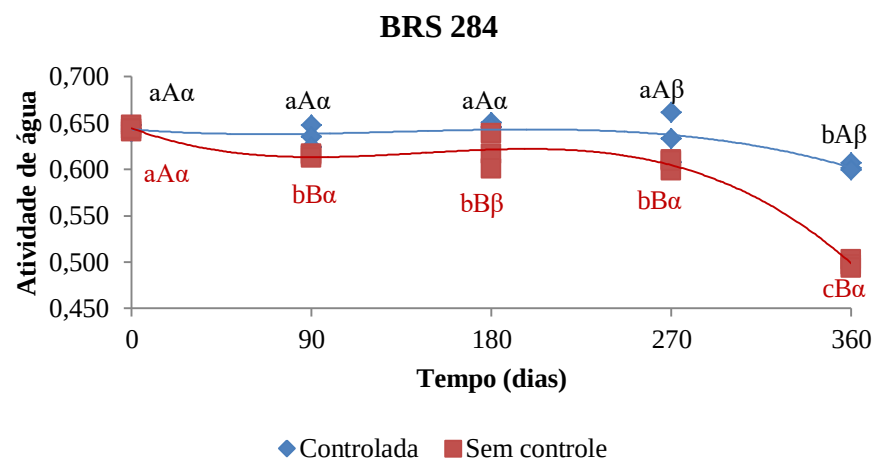
Apêndice 10.3 Modelos matemáticos ajustados para as propriedades fisiológicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$; umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle, durante 360 dias, seguidos pelos respectivos coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e nível de significância (p)

Parâmetro	Cultivar	Condição	Modelo	R^2	R^2 ajustado	p
Vigor ¹	BRS 284	Com	$y = -0,0006x^2 + 0,1644x + 54,00$	0,86	0,84	0,00
Vigor ¹	BRS 284	Sem	$y = -0,0003x^2 - 0,0259x + 49,31$	0,66	0,60	0,00
Vigor ¹	Desafio RR	Com	$y = 2E^{-06}x^3 - 0,0017x^2 + 0,3216x + 71,07$	0,85	0,81	0,00
Vigor ¹	Desafio RR	Sem	$y = 5E^{-06}x^3 - 0,0037x^2 + 0,4622x + 70,09$	0,94	0,92	0,00
Viabilidade ¹	BRS 284	Com	$y = -0,0002x^2 + 0,0295x + 82,17$	0,79	0,76	0,00
Viabilidade ¹	BRS 284	Sem	$y = -0,0005x^2 + 0,0183x + 78,23$	0,78	0,74	0,00
Viabilidade ¹	Desafio RR	Com	$y = 1E^{-06}x^3 - 0,0009x^2 + 0,1478x + 90,84$	0,90	0,87	0,00
Viabilidade ¹	Desafio RR	Sem	$y = 4E^{-06}x^3 - 0,0027x^2 + 0,3467x + 89,56$	0,94	0,93	0,00
Germinação ¹	BRS 284	Com	$y = 0,0002x^2 - 0,1591x + 93,44$	0,85	0,82	0,00
Germinação ¹	BRS 284	Sem	$y = 0,0012x^2 - 0,6759x + 91,14$	0,98	0,98	0,00
Germinação ¹	Desafio RR	Sem	$y = 1E^{-06}x^3 - 0,0011x^2 + 0,0199x + 98,90$	0,98	0,97	0,00
Condutividade Elétrica ²	BRS 284	Com	$y = 1E^{-05}x^3 - 0,0044x^2 - 0,3159x + 300,79$	0,96	0,95	0,00
Condutividade Elétrica ²	BRS 284	Sem	$y = -2E^{-05}x^3 + 0,01x^2 - 1,8706x + 291,67$	0,75	0,68	0,00
Condutividade Elétrica ²	Desafio RR	Com	$y = 9E^{-06}x^3 - 0,0035x^2 - 0,1254x + 177,11$	0,79	0,73	0,00
Condutividade Elétrica ²	Desafio RR	Sem	$y = -1E^{-05}x^3 + 0,0085x^2 - 1,4799x + 170,11$	0,91	0,88	0,00

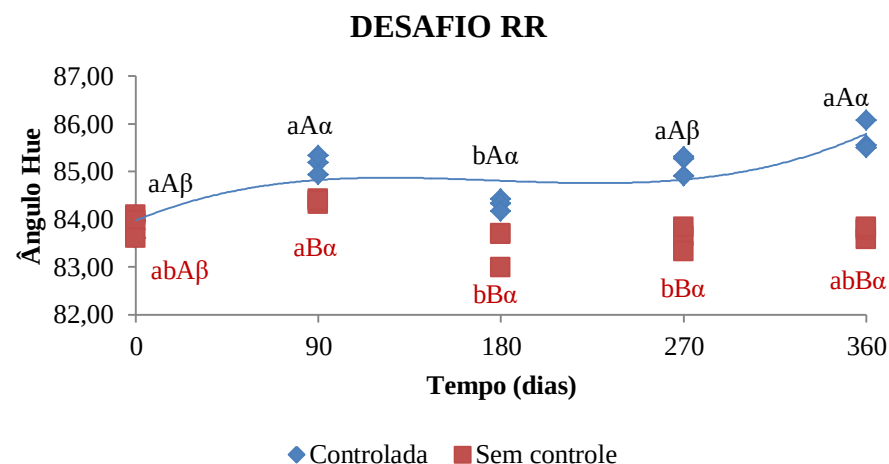
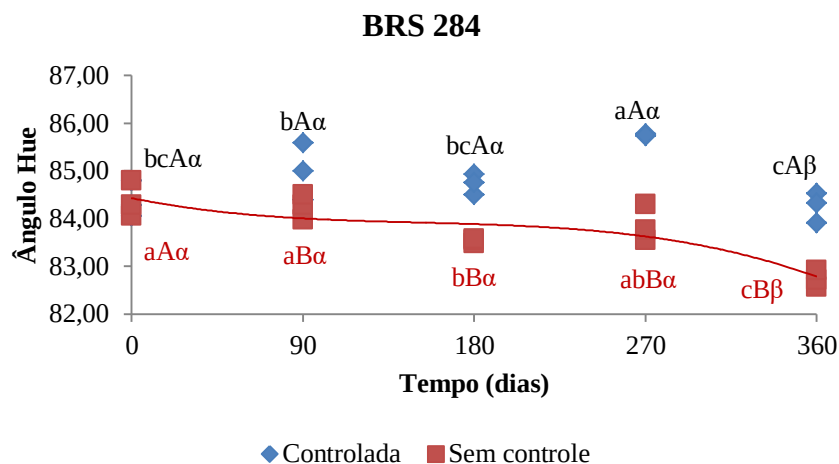
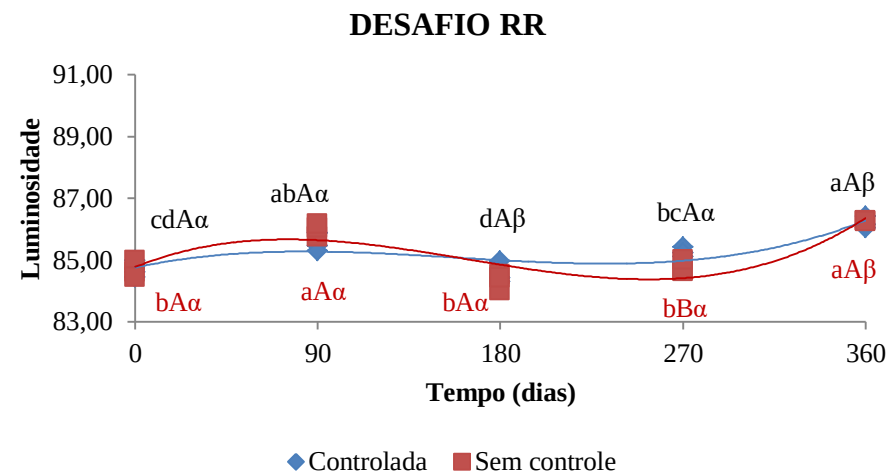
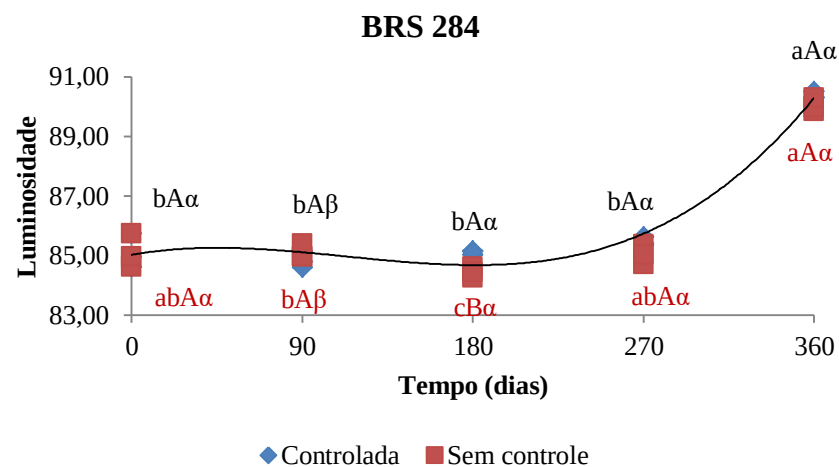
¹ %; ² $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$



Apêndice 11.1 Cinzas e lipídios das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle, durante 360 dias.



Apêndice 11.2 Atividade de água e pH das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de $12^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$) e sem controle ambiental, durante 360 dias



Apêndice 11.3 Luminosidade e ângulo Hue das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12°C $\pm$ 2 e umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5) e sem controle, durante 360 dias

Apêndice 12 Análise de correlação entre as propriedades fisiológicas e físico-químicas das sementes de soja BRS 284 (convencional) e Desafio RR (transgênica), armazenadas sob condição controlada (temperatura de 12°C±2 e umidade relativa do ar de 70% ±5) e sem controle, durante 360 dias

Variáveis	Cult.	Tempo	Condição	Umidade	Cinzas	Lipídio	Prot.	Carb.	pH	Acidez	Aa	L*	°Hue	Vigor	Viab.	Germ.	C.E.
Cultivar	1,00	0,00	0,00	0,27	0,54	-0,79	-0,21	0,22	0,19	-0,08	0,04	-0,26	0,03	0,41	0,35	0,44	-0,62
Tempo		1,00	0,00	-0,58	-0,55	-0,01	-0,36	0,58	-0,77	0,81	-0,47	0,56	-0,03	-0,55	-0,60	-0,49	-0,49
Condição			1,00	-0,23	-0,03	-0,34	-0,20	0,36	-0,14	-0,12	-0,51	-0,04	-0,70	-0,46	-0,42	-0,57	0,16
Umidade				1,00	0,29	-0,22	0,20	-0,55	0,47	-0,77	0,81	-0,84	0,42	0,72	0,76	0,56	-0,13
Cinzas					1,00	-0,32	0,32	-0,37	0,83	-0,36	0,31	-0,34	-0,07	0,45	0,45	0,52	0,08
Lipídio						1,00	0,25	-0,37	-0,06	0,12	0,16	0,40	0,15	-0,04	-0,04	-0,09	0,44
Proteína							1,00	-0,87	0,55	-0,18	0,42	-0,27	0,20	0,04	0,06	0,29	0,55
Carboid.								1,00	-0,67	0,48	-0,75	0,47	-0,36	-0,40	-0,43	-0,49	-0,47
pH									1,00	-0,53	0,51	-0,42	0,05	0,46	0,50	0,58	0,29
acidez										1,00	-0,50	0,76	0,09	-0,57	-0,59	-0,30	-0,23
Aw											1,00	-0,59	0,57	0,68	0,75	0,63	0,03
L*												1,00	-0,18	-0,47	-0,49	-0,27	-0,08
°Hue													1,00	0,44	0,45	0,60	-0,21
Vigor														1,00	0,98	0,80	-0,22
Viabilid															1,00	0,80	-0,15
Germ.																1,00	-0,18
Con. elét																	1,00

Apêndice 13.1 Umidade, cinzas, lipídios e proteína (média $\pm$ desvio-padrão e Tukey) das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias*

Tempo ¹	Controle	Umidade ²			Cinzas ²			Lipídios ²			Proteína ²		
		30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO	30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO	30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO	30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO
0	Com	11,13 ^{cAβ} $\pm$ 0,08	11,24 ^{cAβ} $\pm$ 0,06	11,81 ^{bAα} $\pm$ 0,01	1,57 $\pm$ 0,04	1,59 $\pm$ 0,13	1,47 $\pm$ 0,05	3,88 $\pm$ 0,16	3,75 $\pm$ 0,22	5,00 $\pm$ 0,19	13,85 ^{bAα} $\pm$ 0,00	12,99 ^{bAβ} $\pm$ 0,18	10,13 ^{bAγ} $\pm$ 0,24
	Sem	11,13 ^{cAβ} $\pm$ 0,08	11,24 ^{bAβ} $\pm$ 0,06	11,81 ^{bAα} $\pm$ 0,01	1,57 $\pm$ 0,04	1,59 $\pm$ 0,13	1,47 $\pm$ 0,05	3,88 $\pm$ 0,16	3,75 $\pm$ 0,22	5,00 $\pm$ 0,19	13,85 ^{bAα} $\pm$ 0,00	12,99 ^{bAβ} $\pm$ 0,18	10,13 ^{aAγ} $\pm$ 0,24
90	Com	11,64 ^{bAα} $\pm$ 0,05	11,41 ^{cAβ} $\pm$ 0,07	11,17 ^{cAγ} $\pm$ 0,08	1,41 $\pm$ 0,02	1,61 $\pm$ 0,02	1,20 $\pm$ 0,01	4,02 $\pm$ 1,17	3,77 $\pm$ 0,13	5,84 $\pm$ 0,19	12,33 ^{cAα} $\pm$ 0,14	11,55 ^{cAβ} $\pm$ 0,13	12,27 ^{aAα} $\pm$ 0,14
	Sem	11,23 ^{bcBα} $\pm$ 0,09	11,12 ^{baBβ} $\pm$ 0,11	10,99 ^{cBβ} $\pm$ 0,07	1,57 $\pm$ 0,02	1,61 $\pm$ 0,02	1,32 $\pm$ 0,01	3,75 $\pm$ 0,19	3,67 $\pm$ 0,14	5,71 $\pm$ 0,21	12,01 ^{cAα} $\pm$ 0,34	11,51 ^{caA} $\pm$ 0,16	9,10 ^{bbBβ} $\pm$ 0,28
180	Com	11,82 ^{bAβ} $\pm$ 0,02	12,16 ^{bAα} $\pm$ 0,05	11,95 ^{bA$\alpha\beta$} $\pm$ 0,07	1,35 $\pm$ 0,01	1,59 $\pm$ 0,01	1,17 $\pm$ 0,01	4,02 $\pm$ 0,03	3,68 $\pm$ 0,15	5,51 $\pm$ 0,20	12,00 ^{cBα} $\pm$ 0,31	11,34 ^{cAβ} $\pm$ 0,09	8,11 ^{dAγ} $\pm$ 0,08
	Sem	11,41 ^{bBβ} $\pm$ 0,06	11,85 ^{aBα} $\pm$ 0,10	11,61 ^{bbBβ} $\pm$ 0,10	1,56 $\pm$ 0,02	1,60 $\pm$ 0,02	1,28 $\pm$ 0,02	3,88 $\pm$ 0,08	3,57 $\pm$ 0,17	5,67 $\pm$ 0,08	12,57 ^{cAα} $\pm$ 0,30	11,07 ^{cAβ} $\pm$ 0,08	8,41 ^{cAγ} $\pm$ 0,09
270	Com	12,31 ^{aAγ} $\pm$ 0,02	12,86 ^{aAα} $\pm$ 0,05	12,46 ^{aAβ} $\pm$ 0,08	1,38 $\pm$ 0,01	1,63 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01	3,89 $\pm$ 0,13	3,55 $\pm$ 0,11	5,46 $\pm$ 0,12	14,42 ^{bAα} $\pm$ 0,41	13,20 ^{bAβ} $\pm$ 0,27	9,18 ^{cBγ} $\pm$ 0,26
	Sem	11,71 ^{aBγ} $\pm$ 0,05	11,97 ^{aBβ} $\pm$ 0,08	12,24 ^{aBα} $\pm$ 0,04	1,53 $\pm$ 0,03	1,63 $\pm$ 0,02	1,27 $\pm$ 0,03	3,95 $\pm$ 0,10	3,72 $\pm$ 0,03	5,55 $\pm$ 0,08	13,64 ^{bBα} $\pm$ 0,23	12,86 ^{bAβ} $\pm$ 0,32	10,18 ^{aAγ} $\pm$ 0,10
360	Com	11,34 ^{cAα} $\pm$ 0,06	11,49 ^{cAα} $\pm$ 0,11	11,39 ^{cAα} $\pm$ 0,24	1,45 $\pm$ 0,10	1,61 $\pm$ 0,03	1,25 $\pm$ 0,03	3,93 $\pm$ 0,03	3,17 $\pm$ 0,30	5,46 $\pm$ 0,05	15,52 ^{aBα} $\pm$ 0,15	15,93 ^{aAα} $\pm$ 0,08	11,72 ^{aAβ} $\pm$ 0,28
	Sem	10,37 ^{dBα} $\pm$ 0,13	10,15 ^{cBβ} $\pm$ 0,07	10,23 ^{cB$\alpha\beta$} $\pm$ 0,22	1,58 $\pm$ 0,03	1,61 $\pm$ 0,03	1,38 $\pm$ 0,01	4,00 $\pm$ 0,21	3,55 $\pm$ 0,06	5,59 $\pm$ 0,11	16,87 ^{aAα} $\pm$ 0,81	13,88 ^{aBβ} $\pm$ 0,37	10,66 ^{aBγ} $\pm$ 0,49

¹dias; ²%; *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna para mesma cultivar e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste Tukey (p<0,05); diferentes letras maiúsculas na mesma coluna para cada tempo e cultivar indicam diferença na condição de armazenagem; e diferentes letras gregas na mesma linha para cada parâmetro entre as cultivares, no mesmo tempo e condição de armazenagem, indicam diferença significativa entre as cultivares

Apêndice 13.2 Vigor, viabilidade, germinação e condutividade elétrica (média $\pm$ desvio-padrão e Tukey) das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias*

Tempo ¹	Controle	Vigor ²			Viabilidade ²			Germinação ²			Condutividade elétrica ³		
		30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO	30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO	30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO	30S31	30S31 VYHR	AG 5055 PRO
0	Com	81,11 ^{aAβ} $\pm 6,45$	73,33 ^{aAγ} $\pm 0,94$	91,44 ^{aAα} $\pm 1,93$	91,89 ^{aAα} $\pm 2,31$	92,78 ^{aAα} $\pm 1,50$	94,89 ^{aAα} $\pm 0,83$	97,67 ^{aAα} $\pm 1,25$	98,67 ^{aAα} $\pm 0,54$	98,11 ^{aAα} $\pm 0,68$	41,24 ^{aAα} $\pm 0,68$	38,44 ^{aAα} $\pm 1,16$	46,96 ^{bAα} $\pm 0,44$
	Sem	81,11 ^{aAβ} $\pm 6,45$	73,33 ^{aAγ} $\pm 0,94$	91,44 ^{aAα} $\pm 1,93$	91,89 ^{aAα} $\pm 2,31$	92,78 ^{aAα} $\pm 1,50$	94,89 ^{aAα} $\pm 0,83$	97,67 ^{aAα} $\pm 1,25$	98,67 ^{aAα} $\pm 0,54$	98,11 ^{aAα} $\pm 0,68$	41,24 ^{aAα} $\pm 0,68$	38,44 ^{aAα} $\pm 1,16$	46,96 ^{cAα} $\pm 0,44$
90	Com	25,00 ^{bcAαβ} $\pm 0,82$	26,11 ^{bAα} $\pm 0,96$	20,11 ^{cBβ} $\pm 0,96$	85,56 ^{abAβ} $\pm 1,13$	74,11 ^{bBγ} $\pm 3,06$	92,11 ^{aAα} $\pm 3,59$	97,44 ^{aAα} $\pm 2,04$	98,56 ^{aAα} $\pm 0,42$	99,00 ^{aAα} $\pm 0,82$	39,92 ^{aAα} $\pm 1,40$	37,68 ^{aAα} $\pm 2,81$	23,35 ^{cBβ} $\pm 1,12$
	Sem	24,33 ^{bAαβ} $\pm 0,47$	21,00 ^{bBβ} $\pm 2,16$	27,89 ^{bAα} $\pm 2,11$	75,44 ^{bBα} $\pm 3,97$	77,56 ^{bAα} $\pm 3,14$	46,00 ^{bBβ} $\pm 3,81$	97,11 ^{aAα} $\pm 0,83$	96,78 ^{aAα} $\pm 1,77$	83,44 ^{aAα} $\pm 2,04$	24,53 ^{bcBβ} $\pm 0,60$	24,53 ^{abBβ} $\pm 0,60$	45,72 ^{cAα} $\pm 3,62$
180	Com	31,00 ^{bAβ} $\pm 2,84$	14,22 ^{cdAγ} $\pm 1,13$	46,78 ^{bAα} $\pm 0,57$	61,78 ^{cAβ} $\pm 3,00$	50,89 ^{cA} $\pm 0,63$	84,78 ^{bAα} $\pm 2,18$	95,78 ^{aAα} $\pm 1,66$	87,22 ^{aAα} $\pm 3,03$	97,22 ^{aAα} $\pm 1,29$	24,10 ^{bcBα} $\pm 0,03$	23,46 ^{bcAα} $\pm 1,33$	22,89 ^{cBα} $\pm 1,39$
	Sem	10,33 ^{cBα} $\pm 0,72$	8,44 ^{cBα} $\pm 0,63$	10,00 ^{cBα} $\pm 0,00$	24,67 ^{dBα} $\pm 0,94$	11,44 ^{eBβ} $\pm 3,15$	10,00 ^{cBβ} $\pm 0,00$	69,78 ^{bBα} $\pm 4,23$	41,22 ^{bcBβ} $\pm 2,73$	36,89 ^{bBβ} $\pm 3,19$	33,13 ^{abAβ} $\pm 2,59$	27,19 ^{abcAβ} $\pm 0,09$	60,51 ^{bAα} $\pm 3,60$
270	Com	23,67 ^{cAα} $\pm 1,25$	15,67 ^{cAβ} $\pm 1,25$	18,33 ^{cAβ} $\pm 2,62$	82,33 ^{bAα} $\pm 0,47$	70,44 ^{bAβ} $\pm 2,51$	38,11 ^{dAγ} $\pm 4,99$	98,44 ^{aAα} $\pm 0,31$	97,67 ^{aAα} $\pm 1,91$	95,56 ^{aAα} $\pm 1,91$	31,26 ^{abAβ} $\pm 1,91$	30,52 ^{abAβ} $\pm 1,33$	61,94 ^{aBα} $\pm 0,46$
	Sem	5,00 ^{cdBα} $\pm 0,82$	3,67 ^{cdBα} $\pm 0,47$	0,00 ^{dBα} $\pm 0,00$	50,22 ^{cBα} $\pm 2,27$	30,89 ^{cBβ} $\pm 1,13$	0,00 ^{dBγ} $\pm 0,00$	79,22 ^{bcBα} $\pm 1,59$	62,44 ^{bAα} $\pm 1,75$	5,44 ^{cBβ} $\pm 1,10$	39,04 ^{aAβ} $\pm 0,06$	31,02 ^{abAβ} $\pm 1,26$	100,26 ^{aAα} $\pm 0,56$
360	Com	13,00 ^{dAβ} $\pm 0,82$	8,67 ^{eAβ} $\pm 0,94$	51,33 ^{bAα} $\pm 3,40$	87,67 ^{abAα} $\pm 4,50$	12,33 ^{dAγ} $\pm 0,47$	77,33 ^{cAβ} $\pm 4,78$	98,33 ^{aAα} $\pm 0,47$	35,67 ^{bAβ} $\pm 4,03$	98,67 ^{aAα} $\pm 0,47$	17,61 ^{cAα} $\pm 0,16$	13,18 ^{cAα} $\pm 0,30$	21,09 ^{cBα} $\pm 2,11$
	Sem	0,00 ^{dBα} $\pm 0,00$	0,00 ^{eBα} $\pm 0,00$	3,00 ^{dBα} $\pm 0,82$	4,67 ^{eBα} $\pm 0,47$	13,00 ^{dAβ} $\pm 0,82$	12,67 ^{cBβ} $\pm 2,36$	83,00 ^{bcAα} $\pm 2,94$	31,67 ^{cAβ} $\pm 2,05$	34,67 ^{bBβ} $\pm 2,49$	18,82 ^{cAβ} $\pm 0,40$	15,93 ^{cAβ} $\pm 0,01$	49,62 ^{bcAα} $\pm 2,56$

¹dias; ²%; ³μS.cm⁻¹.g⁻¹; *Diferentes letras minúsculas na mesma coluna para mesma cultivar e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste Tukey (p < 0,05); enquanto diferentes letras maiúsculas na mesma coluna para cada tempo e cultivar indicam diferença na condição de armazenagem; e diferentes letras gregas na mesma linha para cada parâmetro entre as cultivares, no mesmo tempo e condição de armazenagem, indicam diferença significativa entre as cultivares

Apêndice 14.1 Análise de variância fatorial para as propriedades químicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70%± 5 e temperatura de 12 °C ± 2) e sem controle, durante 360 dias

Parâmetro ¹	Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Umidade	Interceptação	11904,87	1	11904,87	924552,0	0,00
	Cultivar	0,47	2	0,24	18,4	0,00
	Tempo	20,92	4	5,23	406,2	0,00
	Condição	4,93	1	4,93	383,1	0,00
	Cultivar*Tempo	2,50	8	0,31	24,3	0,00
	Cultivar*Cond.	0,13	2	0,07	5,1	0,01
	Tempo*Cond.	3,34	4	0,83	64,8	0,00
	Cultivar*Tempo*Con.	0,36	8	0,05	3,5	0,00
	Erro	0,77	60	0,01		
Cinzas	Interceptação	192,6391	1	192,6391	139249,3	0,00
	Cultivar	1,6422	2	0,8211	593,5	0,00
	Tempo	0,3349	4	0,0837	60,5	0,00
	Condição	0,1233	1	0,1233	89,2	0,00
	Cultivar*Tempo	0,0725	8	0,0091	6,5	0,00
	Cultivar*Cond.	0,0687	2	0,0343	24,8	0,00
	Tempo*Cond.	0,0328	4	0,0082	5,9	0,00
	Cultivar*Tempo*Con.	0,0230	8	0,0029	2,1	0,052
	Erro	0,0816	59	0,0014		
Lipídio	Interceptação	1681,724	1	1681,724	58019,99	0,00
	Cultivar	60,026	2	30,013	1035,47	0,00
	Tempo	0,567	4	0,142	4,89	0,00
	Condição	0,040	1	0,040	1,37	0,25
	Cultivar*Tempo	1,324	8	0,166	5,71	0,00
	Cultivar*Cond.	0,005	2	0,003	0,09	0,91
	Tempo*Cond.	0,198	4	0,050	1,71	0,16
	Cultivar*Tempo*Cond.	0,245	8	0,031	1,06	0,41
	Erro	1,710	59	0,029		
Proteína	Interceptação	13037,86	1	13037,86	118211,8	0,00
	Cultivar	217,17	2	108,59	984,5	0,00
	Tempo	120,45	4	30,11	273,0	0,00
	Condição	1,91	1	1,91	17,3	0,00
	Cultivar*Tempo	25,01	8	3,13	28,3	0,00
	Cultivar*Cond.	3,10	2	1,55	14,0	0,00
	Tempo*Cond.	5,42	4	1,36	12,3	0,00
	Cultivar*Tempo*Con.	16,02	8	2,00	18,2	0,00
	Erro	6,51	59	0,11		

¹ %

Anexo 14.2 Análise de variância fatorial para as propriedades fisiológicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas) armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70%± 5 e temperatura de 12 °C± 2) e sem controle, durante 360 dias

Parâmetro	Efeito	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Vigor ¹	Interceptação	79465,71	1	79465,71	11195,12	0,00
	Cultivar	1998,48	2	999,24	140,77	0,00
	Tempo	62824,12	4	15706,03	2212,66	0,00
	Condição	3212,51	1	3212,51	452,58	0,00
	Cultivar*Tempo	1800,18	8	225,02	31,70	0,00
	Cultivar*Cond.	619,02	2	309,51	43,60	0,00
	Tempo*Cond.	2328,74	4	582,19	82,02	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	1645,08	8	205,64	28,97	0,00
	Erro	418,80	59	7,10		
Viabilidade ¹	Interceptação	294648,4	1	294648,4	31472,10	0,00
	Cultivar	2887,6	2	1443,8	154,22	0,00
	Tempo	45119,0	4	11279,8	1204,82	0,00
	Condição	21085,5	1	21085,5	2252,19	0,00
	Cultivar*Tempo	9609,7	8	1201,2	128,31	0,00
	Cultivar*Cond.	3159,1	2	1579,6	168,72	0,00
	Tempo*Cond.	8289,2	4	2072,3	221,35	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	5766,1	8	720,8	76,99	0,00
	Erro	552,4	59	9,4		
Germinação ¹	Interceptação	570814,5	1	570814,5	98239,79	0,00
	Cultivar	5544,2	2	2772,1	477,09	0,00
	Tempo	16766,5	4	4191,6	721,40	0,00
	Condição	14128,6	1	14128,6	2431,60	0,00
	Cultivar*Tempo	10350,2	8	1293,8	222,66	0,00
	Cultivar*Cond.	4926,0	2	2463,0	423,89	0,00
	Tempo*Cond.	8361,6	4	2090,4	359,77	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	3333,7	8	416,7	71,72	0,00
	Erro	342,8	59	5,8		
Condutividade elétrica ²	Interceptação	112732,6	1	112732,6	31190,15	0,00
	Cultivar	6800,6	2	3400,3	940,77	0,00
	Tempo	7409,0	4	1852,3	512,47	0,00
	Condição	1495,4	1	1495,4	413,73	0,00
	Cultivar*Tempo	5034,8	8	629,3	174,12	0,00
	Cultivar*Cond.	3287,8	2	1643,9	454,82	0,00
	Tempo*Cond.	1345,0	4	336,2	93,03	0,00
	Cultivar*Tempo*Cond.	937,5	8	117,2	32,42	0,00
	Erro	213,2	59	3,6		

¹ %; ² μS.cm⁻¹.g⁻¹

Apêndice 15.1 Análise de regressão das propriedades químicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70%± 5 e temperatura de 12 °C ± 2) e sem controle, durante 360 dias

Cultivar/Controle	Parâmetro ¹	R ²	R ² _{aj}	SQ Modelo	GL Mod.	QM Modelo	SQ Residual	GL Re.	QM Residual	F _{tabelado}	p
30S31	Com Umidade	0,901113	0,874144	1,944373	3	0,648124	0,213373	11	0,019398	33,41	0,00
30S31	Sem Umidade	0,919381	0,897394	2,854448	3	0,951483	0,250301	11	0,022755	41,81	0,00
30S31 VYRH	Com Umidade	0,971274	0,963439	5,385005	3	1,795002	0,159267	11	0,014479	123,97	0,00
30S31 VYRH	Sem Umidade	0,982821	0,978136	6,308526	3	2,102842	0,110269	11	0,010024	209,77	0,00
AG 5055 PRO	Com Umidade	0,926052	0,905884	3,012762	3	1,004254	0,240578	11	0,021871	45,92	0,00
AG 5055 PRO	Sem Umidade	0,964866	0,955284	7,157150	3	2,385717	0,260618	11	0,023693	100,69	0,00
30S31	Com Cinzas	0,715086	0,667600	0,091012	2	0,045506	0,036262	12	0,003022	15,06	0,00
30S31 VYRH	Com Cinzas	0,830734	0,784570	0,030687	3	0,010229	0,006253	11	0,000568	18,00	0,00
30S31 VYRH	Sem Cinzas	0,806615	0,753874	0,030066	3	0,010022	0,007208	11	0,000655	15,29	0,00
AG 5055 PRO	Com Cinzas	0,928584	0,909108	0,209793	3	0,069931	0,016135	11	0,001467	47,68	0,00
AG 5055 PRO	Sem Cinzas	0,873088	0,851936	0,086732	2	0,043366	0,012607	12	0,001051	41,28	0,00
30S31	Com Proteína	0,935119	0,917424	23,60560	3	7,868533	1,637818	11	0,148893	52,85	0,00
30S31	Sem Proteína	0,927337	0,915226	41,85022	2	20,92511	3,279259	12	0,273272	76,57	0,00
30S31 VYRH	Com Proteína	0,984991	0,982490	40,27769	2	20,13885	0,613719	12	0,051143	393,77	0,00
30S31 VYRH	Sem Proteína	0,900502	0,873366	15,13053	3	5,043510	1,671801	11	0,151982	33,18	0,00
AG 5055 PRO	Com Proteína	0,701342	0,619890	25,52702	3	8,509007	10,87037	11	0,988215	8,61	0,00
AG 5055 PRO	Sem Proteína	0,742442	0,672199	7,891688	3	2,630563	2,737678	11	0,248880	10,57	0,00

¹ %; R²: coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdades; QM: quadrado médio; p: nível de significância

Apêndice 15.2 Análise de regressão das propriedades fisiológicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70%± 5 e temperatura de 12 °C ± 2) e sem controle, durante 360 dias

Cultivar/Controle	Parâmetro	R ²	R ² aj	SQ Modelo	GL Mod.	QM Modelo	SQ Residual	GL Re.	QM Residual	F _{tabelado}	p
30S31	Com Vigor ¹	0,945853	0,931086	8250,251	3	2750,084	472,2968	11	42,93608	64,05	0,00
30S31	Sem Vigor ¹	0,988149	0,984917	13127,86	3	4375,954	157,4413	11	14,31284	305,74	0,00
30S31 VYRH	Com Vigor ¹	0,998010	0,997467	8320,783	3	2773,594	16,59471	11	1,508610	1838,51	0,00
30S31 VYRH	Sem Vigor ¹	0,995790	0,994641	10884,84	3	3628,279	46,02328	11	4,183935	867,19	0,00
AG 5055 PRO	Com Vigor ¹	0,700983	0,619434	7470,802	3	2490,267	3186,798	11	289,7089	8,60	0,00
AG 5055 PRO	Sem Vigor ¹	0,993894	0,992229	17160,53	3	5720,176	105,4265	11	9,584223	596,83	0,00
30S31	Com Viabilidade ¹	0,579813	0,509782	1022,000	2	511,0000	740,6370	12	61,71975	8,28	0,01
30S31	Sem Viabilidade ¹	0,777974	0,760895	11960,03	1	11960,03	3413,270	13	262,5593	45,55	0,00
30S31 VYRH	Com Viabilidade ¹	0,888004	0,857460	10006,56	3	3335,520	1262,032	11	114,7302	29,07	0,00
30S31 VYRH	Sem Viabilidade ¹	0,824486	0,795234	14137,34	2	7068,670	3009,505	12	250,7921	28,19	0,00
AG 5055 PRO	Com Viabilidade ¹	0,801939	0,747922	5283,968	3	1761,323	1305,024	11	118,6386	14,85	0,00
AG 5055 PRO	Sem Viabilidade ¹	0,995930	0,994820	18079,20	3	6026,399	73,88571	11	6,716883	897,20	0,00
30S31	Sem Germinação ¹	0,683901	0,597693	1245,228	3	415,0758	575,5429	11	52,32208	7,93	0,00
30S31 VYRH	Com Germinação ¹	0,912757	0,888963	8184,114	3	2728,038	782,2566	11	71,11424	38,36	0,00
30S31 VYRH	Sem Germinação ¹	0,738349	0,718222	8500,833	1	8500,833	3012,470	13	231,7285	36,68	0,00
AG 5055 PRO	Com Germinação ¹	0,529789	0,401549	22,70635	3	7,568783	20,15291	11	1,832083	4,13	0,03
AG 5055 PRO	Sem Germinação ¹	0,996181	0,995139	17432,25	3	5810,750	66,83016	11	6,075469	956,43	0,00
30S31	Com C. Elétrica ²	0,749460	0,730188	938,1853	1	938,1853	313,6299	13	24,12538	38,89	0,00
30S31	Sem C. Elétrica ²	0,978497	0,972633	1090,329	3	363,4431	23,96025	11	2,178204	166,85	0,00
30S31 VYRH	Com C. Elétrica ²	0,771069	0,708633	1063,730	3	354,5768	315,8230	11	28,71118	12,35	0,00
30S31 VYRH	Sem C. Elétrica ²	0,986967	0,983412	823,1686	3	274,3895	10,87029	11	0,988208	277,66	0,00
AG 5055 PRO	Com C. elétrica ²	0,799228	0,744472	3242,388	3	1080,796	814,5134	11	74,04667	14,60	0,00
AG 5055 PRO	Sem C. elétrica ²	0,881086	0,848655	5642,321	3	1880,774	761,5042	11	69,22766	27,17	0,00

¹ %; ² μS.cm⁻¹.g⁻¹; R²:coeficiente de determinação; R²aj: coeficiente de determinação ajustado; SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdades; QM: quadrado médio; p: nível de significância

Apêndice 16.1 Coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e nível de significância (p) dos modelos matemáticos significativos para as propriedades químicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12\text{ }^\circ\text{C} \pm 2$) e sem controle, por 360 dias

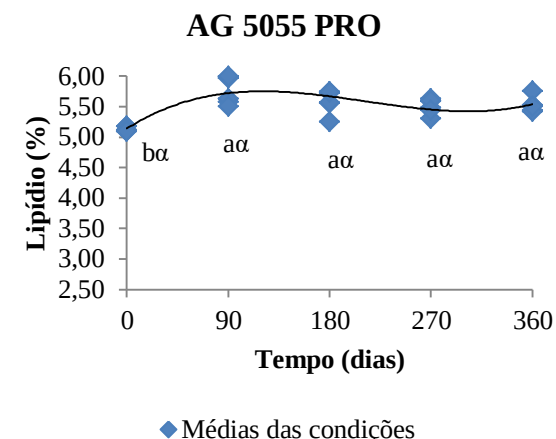
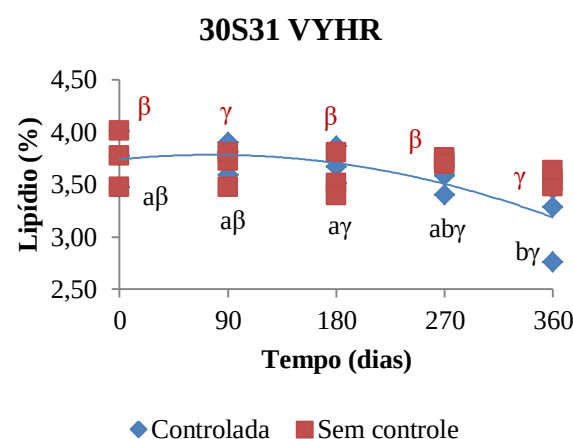
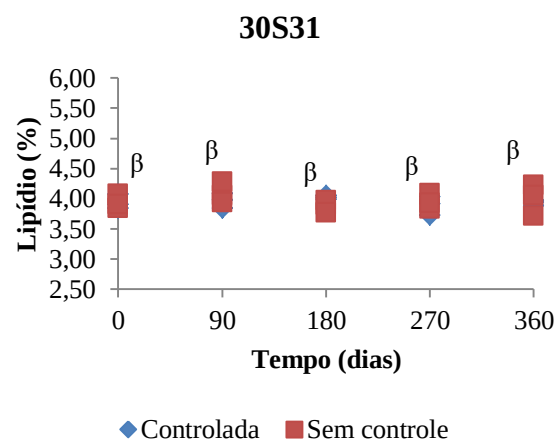
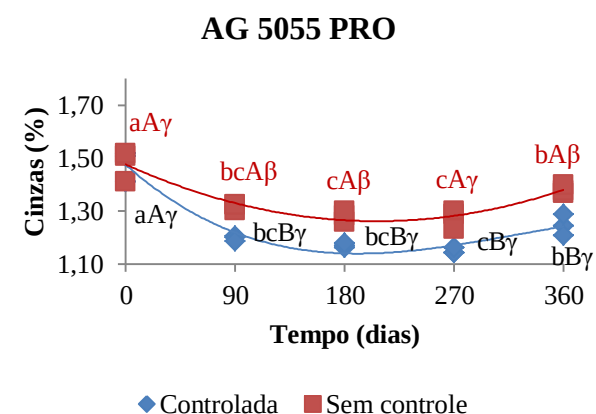
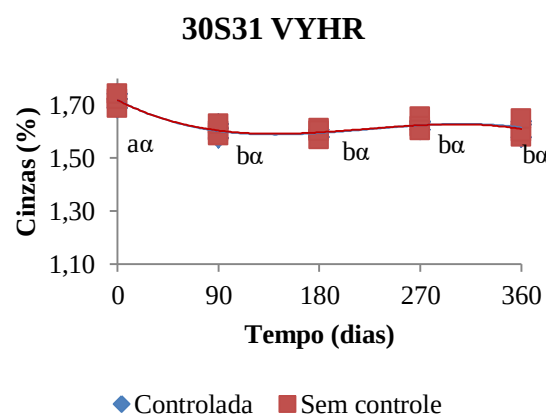
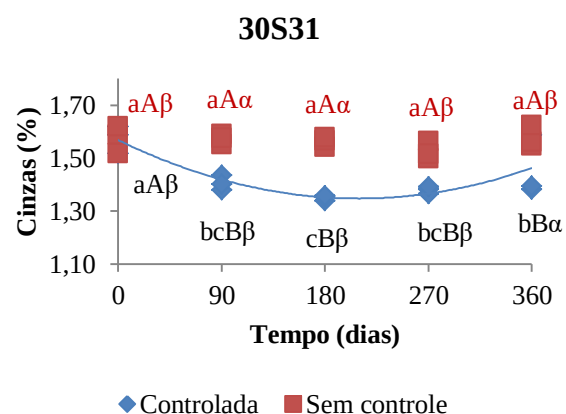
Parâmetro ¹	Cultivar	Condição	Modelo	R^2	$R^2_{ajustado}$	p
Umidade	30S31	Com controle	$y = -1E^{-7}x^3 + 3E-05x^2 + 0,0019x + 11,16$	0,901113	0,874144	0,00
Umidade	30S31	Sem controle	$y = -2E^{-7}x^3 + 8E-05x^2 - 0,0061x + 11,15$	0,919381	0,897394	0,00
Umidade	30S31 VYRH	Com controle	$y = -3E^{-7}x^3 + 0,0001x^2 - 0,0091x + 11,26$	0,971274	0,963439	0,00
Umidade	30S31 VYRH	Sem controle	$y = -3E^{-7}x^3 + 0,0001x^2 - 0,011x + 11,24$	0,982821	0,978136	0,00
Umidade	AG 5055 PRO	Com controle	$y = -3E^{-7}x^3 + 0,0002x^2 - 0,0191x + 11,76$	0,926052	0,905884	0,00
Umidade	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = -5E^{-7}x^3 + 0,0002x^2 - 0,0264x + 11,79$	0,964866	0,955284	0,00
Cinzas	30S31	Com controle	$y = 5E^{-6}x^2 - 0,0021x + 1,57$	0,715086	0,667600	0,00
Cinzas	30S31 VYRH	Com controle	$y = -2E^{-8}x^3 + 1E-05x^2 - 0,0022x + 1,72$	0,830734	0,784570	0,00
Cinzas	30S31 VYRH	Sem controle	$y = -2E^{-8}x^3 + 1E-05x^2 - 0,0021x + 1,72$	0,806615	0,753874	0,00
Cinzas	AG 5055 PRO	Com controle	$y = -2E^{-8}x^3 + 2E-05x^2 - 0,0041x + 1,47$	0,928584	0,909108	0,00
Cinzas	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = 5E^{-6}x^2 - 0,0021x + 1,48$	0,873088	0,851936	0,00
Proteína	30S31	Com controle	$y = -2E^{-7}x^3 + 0,0002x^2 - 0,0353x + 13,91$	0,935119	0,917424	0,00
Proteína	30S31	Sem controle	$y = 9E^{-5}x^2 - 0,0252x + 13,77$	0,927337	0,915226	0,00
Proteína	30S31 VYRH	Com controle	$y = 9E^{-5}x^2 - 0,0247x + 12,98$	0,984991	0,982490	0,00
Proteína	30S31 VYRH	Sem controle	$y = -2E^{-7}x^3 + 0,0002x^2 - 0,0339x + 13,05$	0,900502	0,873366	0,00
Proteína	AG 5055 PRO	Com controle	$y = 9E^{-7}x^3 - 0,0004x^2 + 0,0424x + 10,35$	0,701342	0,619890	0,00
Proteína	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = -2E^{-7}x^3 + 0,0001x^2 - 0,0255x + 10,22$	0,742442	0,672199	0,00

¹ %

Apêndice 16.2 Coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e nível de significância (p) dos modelos matemáticos significativos para as propriedades fisiológicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas), armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12\text{ }^\circ\text{C} \pm 2$) e sem controle, por 360 dias

Parâmetro	Cultivar	Condição	Modelo	R^2	$R^2_{ajustado}$	p
Vigor ¹	30S31	Com controle	$y = -7E^{-6}x^3 + 0,0047x^2 - 0,9202x + 79,89$	0,945853	0,931086	0,00
Vigor ¹	30S31	Sem controle	$y = -5E^{-6}x^3 + 0,0036x^2 - 0,896x + 80,74$	0,988149	0,984917	0,00
Vigor ¹	30S31 VYRH	Com controle	$y = -5E^{-6}x^3 + 0,0035x^2 - 0,8016x + 73,33$	0,998010	0,997467	0,00
Vigor ¹	30S31 VYRH	Sem controle	$y = -4E^{-6}x^3 + 0,0033x^2 - 0,8238x + 72,97$	0,995790	0,994641	0,00
Vigor ¹	AG 5055 PRO	Com controle	$y = -4E^{-6}x^3 + 0,0036x^2 - 0,8697x + 87,59$	0,700983	0,619434	0,00
Vigor ¹	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = -4E^{-6}x^3 + 0,0033x^2 - 0,9353x + 90,83$	0,993894	0,992229	0,00
Viabilidade ¹	30S31	Com controle	$y = 0,0006x^2 - 0,2278x + 93,84$	0,579813	0,509782	0,01
Viabilidade ¹	30S31	Sem controle	$y = -0,2219x + 89,31$	0,777974	0,760895	0,00
Viabilidade ¹	30S31 VYRH	Com controle	$y = -8E^{-6}x^3 + 0,0042x^2 - 0,6504x + 95,18$	0,888004	0,857460	0,00
Viabilidade ¹	30S31 VYRH	Sem controle	$y = 0,0007x^2 - 0,4838x + 97,84$	0,824486	0,795234	0,00
Viabilidade ¹	AG 5055 PRO	Com controle	$y = 1E^{-5}x^3 - 0,0052x^2 + 0,4807x + 92,60$	0,801939	0,747922	0,00
Viabilidade ¹	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = 0,0013x^2 - 0,7072x + 96,10$	0,995930	0,994820	0,00
Germinação ¹	30S31	Sem controle	$y = 2E^{-6}x^3 - 0,0009x^2 - 0,0286x + 99,18$	0,683901	0,597693	0,00
Germinação ¹	30S31 VYRH	Com controle	$y = -7E^{-6}x^3 + 0,0029x^2 - 0,3047x + 100,48$	0,912757	0,888963	0,00
Germinação ¹	30S31 VYRH	Sem controle	$y = -0,187x + 99,82$	0,738349	0,718222	0,00
Germinação ¹	AG 5055 PRO	Com controle	$y = 9E^{-7}x^3 - 0,0004x^2 + 0,0422x + 98,08$	0,529789	0,401549	0,03
Germinação ¹	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = 1E^{-5}x^3 - 0,0048x^2 + 0,1827x + 98,13$	0,996181	0,995139	0,00
Cond. elétrica ²	30S31	Com controle	$y = -0,0621x + 42,01$	0,749460	0,730188	0,00
Cond. elétrica ²	30S31	Sem controle	$y = -6E^{-6}x^3 + 0,0031x^2 - 0,4125x + 41,17$	0,978497	0,972633	0,00
Cond. elétrica ²	30S31 VYRH	Com controle	$y = -1E^{-6}x^3 + 0,0006x^2 - 0,1134x + 39,59$	0,771069	0,708633	0,00
Cond. elétrica ²	30S31 VYRH	Sem controle	$y = -4E^{-6}x^3 + 0,0022x^2 - 0,3217x + 38,50$	0,986967	0,983412	0,00
Cond. elétrica ²	AG 5055 PRO	Com controle	$y = -1E^{-5}x^3 + 0,0064x^2 - 0,851x + 48,90$	0,799228	0,744472	0,00
Cond. elétrica ²	AG 5055 PRO	Sem controle	$y = -1E^{-5}x^3 + 0,0059x^2 - 0,5465x + 48,73$	0,881086	0,848655	0,00

¹ %; ² $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$



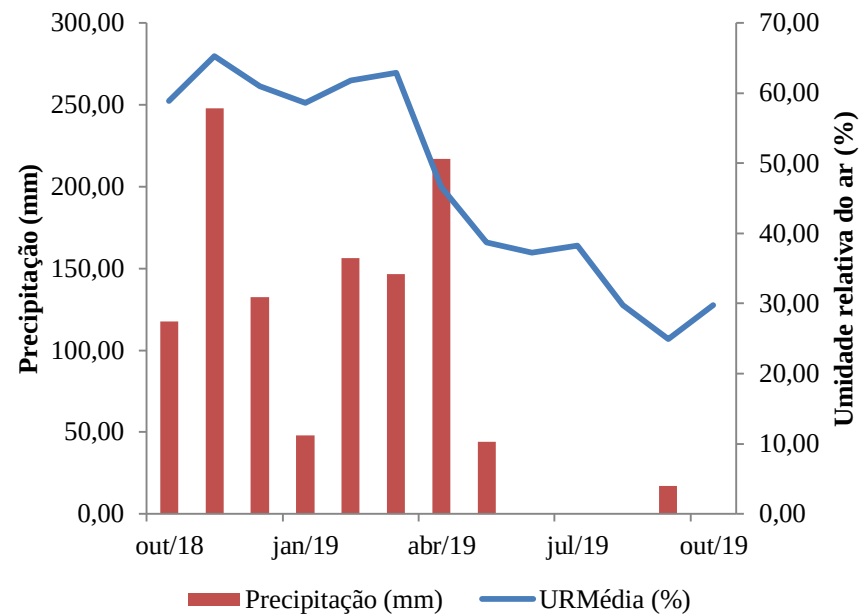
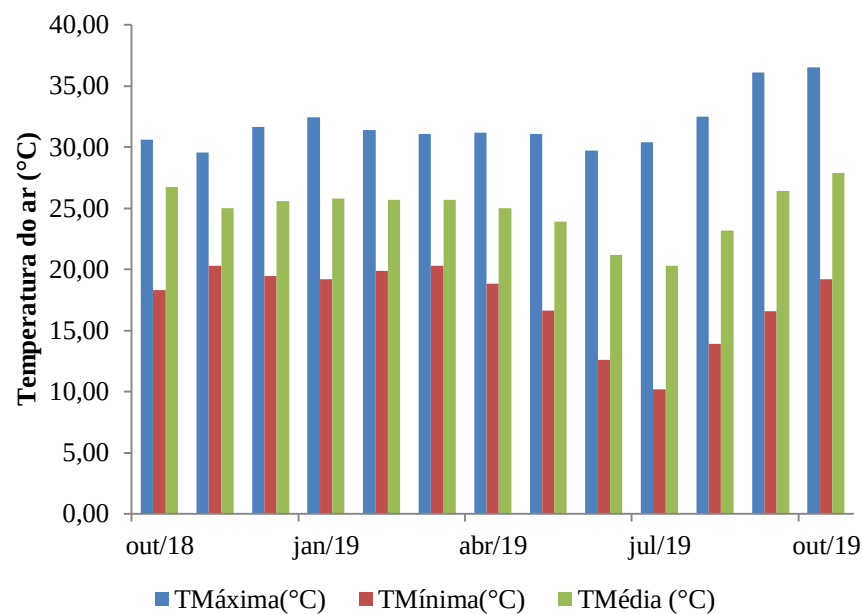
Apêndice 17 Cinzas e lipídios das cultivares de milho 30S31, 30S31 VYHR e AG 5055 PRO, armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de $70\% \pm 5$ e temperatura de $12^\circ\text{C} \pm 2$) e sem controle, durante 360 dias. *Diferentes letras minúsculas na mesma cultivar e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); enquanto diferentes letras maiúsculas para cada cultivar no mesmo tempo indicam diferença significativa para as condições de armazenamento; e diferentes letras gregas para o mesmo tempo e condição de armazenamento indicam diferença significativa entre as cultivares

Apêndice 18 Grau de correlação ao nível de 5% de significância (valores em vermelho) entre as propriedades fisiológicas e químicas das sementes de milho das cultivares 30S31 (convencional), 30S31 VYHR e AG 5055 PRO (transgênicas) armazenadas sob condições controladas (umidade relativa do ar de 70% $\pm$ 5 e temperatura de 12 °C $\pm$ 2) e sem controle, durante 360 dias

Parâmetro	Cultivar	Tempo	Condição	Umidade	Cinzas	Lipídio	Proteína	Vigor	Viabilidade	Germinação	Cond. elétrica
Cultivar	1,00	0,00	0,00	0,11	-0,50	0,75	-0,71	0,09	-0,13	-0,26	0,40
Tempo ¹		1,00	0,01	-0,03	-0,20	-0,03	0,29	-0,75	-0,63	-0,48	-0,19
Condição			1,00	-0,38	0,22	0,04	-0,07	-0,21	-0,48	-0,48	0,25
Umidade ²				1,00	-0,19	0,00	-0,30	0,01	0,15	0,16	0,26
Cinzas ²					1,00	-0,81	0,55	0,12	0,04	0,02	-0,32
Lipídio ²						1,00	-0,68	0,10	-0,03	-0,08	0,50
Proteína ²							1,00	-0,14	0,01	0,08	-0,51
Vigor ²								1,00	0,74	0,56	0,08
Viabilidade ²									1,00	0,86	-0,19
Germinação ²										1,00	-0,34
Cond. Elétrica ³											1,00

¹dias; ²%; ³ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$

ANEXOS



Anexo 1. Condições climáticas ocorridas em Goiânia-GO, entre outubro de 2018 e outubro de 2019.