

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Claudir Lari Padia

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM DIFERENTES
EMBALAGENS E ATMOSFERAS**

**Santa Maria, RS
2020**

Claudir Lari Padia

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM DIFERENTES
EMBALAGENS E ATMOSFERAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Carteri Coradi

**Santa Maria, RS
2020**

PADIA, CLAUDIR LARI
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM DIFERENTES
EMBALAGENS E ATMOSFERAS / CLAUDIR LARI PADIA.- 2020.
78 p.; 30 cm

Orientador: PAULO CARTERI CORADI
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2020

1. Armazenamento de sementes 2. Pós-colheita 3.
Atmosfera modificada 4. Qualidade fisiológica 5.
Embalagens I. CORADI, PAULO CARTERI II. Título.

Claudir Lari Padia

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM DIFERENTES EMBALAGENS
E ATMOSFERAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Avaliação em: 05 de fevereiro de 2020

**Prof. Paulo Carteri Coradi, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

**Prof. Giovani Leone Zobot, Dr. (UFSM)
(Membro interno)**

**Prof. Volnei Luiz Meneghetti, Dr. (IFFarroupilha)
(Membro externo)**

Santa Maria, RS
2020

DEDICATÓRIA

Agradeço a minha família por estar sempre me apoiando, mesmo que de longe, fazendo o máximo possível para que eu possa realizar meus sonhos. Mesmo com todas as adversidades durante todos esses anos, durante minha caminhada de estudos, sempre me apoiaram e me ajudaram da melhor maneira possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, minha mãe Rosane Petter Padia, meu pai Antônio Lari Padia por me auxiliar e me tranquilizar durante todos esses anos de estudo, e principalmente por sempre me fornecer o apoio necessário para superar toda e qualquer dificuldade ante os momentos de ansiedade que tomaram conta de mim por diversas vezes durante estes anos.

Ao meu irmão Claudinei José Padia, que mesmo sendo mais jovem, é meu parceiro de profissão, e me inspira a fazer o meu melhor como profissional sempre.

À minha irmã Cleidi Laís Petter Padia, que nesses últimos anos tem sido minha parceira aqui nesta cidade e me auxiliou sempre que possível.

À minha namorada Simone Rosa Didoné, que apesar de tudo, sempre me apoiou e me tranquilizou, me deu todo o carinho e atenção e me aturou mesmo nos momentos mais desesperadores durante esta etapa de aperfeiçoamento.

Ao meu professor Dr. Paulo Carteri Coradi, por ter acreditado no meu trabalho, e ter me concedido a oportunidade de estar sendo orientado por este profissional de extraordinária competência e referência, e que apesar de todas as dificuldades que tive, ainda assim sempre me auxiliou de maneira brilhante e sábia.

À UFSM, ao programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, aos professores, funcionários e órgãos de fomento à pesquisa.

À empresa Videplast, na pessoa do sr. Domênico Macchia Júnior, por ter nos auxiliado através do envio de materiais para a realização do experimento.

À empresa Sementes Aurora, na pessoa do sr. Rômulo de Bertoli, por ter disponibilizado as sementes utilizadas no trabalho para a análise, e que nos possibilitou a realização de tal pesquisa.

À empresa Divinut, na pessoa do sr. Edson Ortiz pela disponibilização de material e infraestrutura necessária para a realização de etapas deste experimento.

Aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS), pelo auxílio na realização dos meus experimentos e o fornecimento de informações que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram durante todos esses anos para que este sonho pudesse ser concretizado.

Muito obrigado!

*“Pensar é o trabalho mais difícil que existe.
Talvez por isso tão poucos se dediquem a ele.”*

Henry Ford

RESUMO

ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM DIFERENTES EMBALAGENS E ATMOSFERAS

AUTOR: Claudir Lari Padia
ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Carteri Coradi

A qualidade fisiológica das sementes tem influência direta na produção agrícola, através do potencial de produção de plantas vigorosas se estabelece um sistema altamente produtivo, com uniformidade. O armazenamento é um dos processos mais importantes na pós-colheita de sementes, especialmente em regiões de clima tropical como o Brasil, as altas temperaturas exercem influência negativa na qualidade das sementes. O teor de água é um dos fatores decisivos para a manutenção do potencial de armazenamento a níveis seguros, essencial para evitar a deterioração das sementes durante o armazenamento. As sementes armazenadas sem controle de umidade, em embalagens permeáveis permitem trocas de umidade com o ambiente ocasionando um desequilíbrio higroscópico das sementes durante o armazenamento, provocando maior deterioração e redução da qualidade fisiológica. Hoje, têm-se diversas sementes de cultivares de soja disponibilizadas ao mercado, que se adaptam a diferentes solos e condições climáticas, resultando ganhos em produtividade, mas que ainda não foram identificados resultados qualitativos nos aspectos de pós-colheita, principalmente na etapa de armazenagem. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade de sementes de cultivares de soja RR e RR2 PRO armazenados em atmosfera natural com embalagem de rafia, em atmosfera natural com embalagem laminada, atmosfera modificada (-14 PSI) com embalagem de polietileno, em atmosfera refrigerada (1 a 3 °C) com embalagem de rafia, em atmosfera refrigerada (1 a 3 °C) com embalagem laminada, em atmosfera modificada (-14 PSI) e refrigerada (1 a 3 °C) com embalagem de polietileno, ao longo de seis meses de armazenamento. O experimento caracterizou-se por um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento, considerando-se as condições de armazenamento, o tempo de armazenamento e as cultivares como fontes de variação. Foram realizadas amostragens das sementes dos diferentes tratamentos a cada dois meses: nos tempos zero, dois, quatro e seis meses de armazenamento para realização dos testes de teor de água, massa específica aparente, peso de mil sementes, condutividade elétrica e germinação. Os resultados foram analisados pelo programa computacional Sisvar, versão 4.0 à 5% de probabilidade, pelo teste de média Tukey. Posteriormente, foi realizada uma análise de regressão polinomial e uma análise multivariada de componentes principais e agrupamento com auxílio da linguagem de programação R. Nessas análises, foi realizada padronização das variáveis para evitar que a unidade de mensuração afetasse os resultados. Para o agrupamento, foi utilizada a distância Euclidiana média e o método de agrupamento *hclust*. Nos resultados obtidos verificou-se que a temperatura ambiente teve amplitudes de 7,9 a 30,7 °C e a umidade relativa do ar de 33 a 95%, a qual pode ter influenciado no armazenamento das sementes de soja armazenadas através do aumento ou diminuição de trocas

gasosas do ar atmosférico e o ar intergranular pelas diferenças de pressão de vapor, uma vez que as embalagens utilizadas não possuem impermeabilidade. Na condição de armazenamento em ambiente natural, as temperaturas do ar ambiente e intergranular variaram entre 16,71 a 24,31 °C, enquanto que, as umidades relativas do ar ambiente e intergranular variaram entre 74,30 a 84%. Entretanto, na condição de armazenamento em ambiente refrigerado a temperatura do ar ambiente e intergranular permaneceu constante a 3 °C e a umidade relativa do ar a 60%. As razões das pressões de vapor dos ambientes de armazenamento e do ar intergranular mostraram que o ambiente natural em embalagem de rafia (ANER), teve os maiores valores (1,58 kPa), indicando que as pressões de vapor intergranulares foram baixas em relação ao ambiente, ao contrário foi observado para o ambiente refrigerado em embalagem de rafia (ARER) (0,89 kPa), quando as razões de pressão foram mais baixas, indicando que a pressão de vapor do ar intergranular foi elevada diminuindo a diferença em relação às pressões de vapor do ambiente. As sementes da cultivar RR conservou-se com melhor qualidade fisiológica, enquanto que, as sementes da cultivar RR2 mantiveram-se com maior massa específica aparente durante o armazenamento. As embalagens de rafia e polietileno nas condições naturais de armazenamento, com atmosfera refrigerada e modificada não conservaram a qualidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento. Nas condições de armazenamento em atmosfera natural em embalagem laminada (ANEL) e atmosfera refrigerada em embalagem laminada (AREL) reduziram os efeitos ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, obtendo melhores resultados de qualidade física e fisiológica das sementes. O tempo de armazenamento influenciou na redução da qualidade física e fisiológica das sementes, com exceção do ambiente refrigerado em embalagem laminada (AREL) e ambiente natural em embalagem laminada (ANEL) que mantiveram as qualidades próximas as condições iniciais, ao longo dos seis meses de armazenamento. Concluiu-se que os armazenamentos de sementes de soja em embalagens laminadas com válvulas de ar apresentam suficientes trocas gasosas de vapor de água e calor entre as sementes e o meio de armazenamento, dispensando o uso oneroso da refrigeração artificial, a qual se equiparou em qualidade, conforme os resultados obtidos. Desta forma, propõe-se uma nova alternativa para o armazenamento de sementes de soja, utilizando *big bags* laminados com válvulas de ar para minimizar as perdas qualitativas de sementes de soja.

Palavras-chave: embalagem, armazenamento, refrigeração, atmosfera modificada, qualidade fisiológica, ambiente natural, pós-colheita.

ABSTRACT

STORAGE OF SOYBEAN SEEDS IN DIFFERENT PACKAGING AND ATMOSPHERES

AUTHOR: Claudir Lari Padia
ADVISOR: Prof. Dr. Paulo Carteri Coradi

The physiological quality of seeds has a direct influence on agricultural production; through the potential of vigorous plants production establishes a highly productive system with uniformity. Storage is one of the most important postharvest processes, especially in tropical regions such as Brazil; high temperatures negatively influence seed quality. Water content is one of the decisive factors in maintaining storage potential at safe levels, essential to prevent seed deterioration during storage. Seeds stored without moisture control in permeable packaging allow moisture exchange with the environment causing a hygroscopic imbalance of seeds during storage, causing further deterioration and reduced physiological quality. Today, there are several seeds of soybean cultivars available to the market, which adapt to different soils and climatic conditions, resulting in productivity gains, but qualitative results have not been identified in the postharvest aspects, especially in the storage stage. Thus, the objective of this study was to evaluate the seed quality of RR and RR2 PRO soybean cultivars stored in natural atmosphere with raffia packaging, in natural atmosphere with laminated packaging, modified atmosphere (-14 PSI) with polyethylene packaging, in refrigerated atmosphere (1 to 3 °C) with raffia packaging, refrigerated (1 to 3 °C) with laminated packaging, modified atmosphere (-14 PSI) and refrigerated (1 to 3 °C) with polyethylene packaging, over six months of storage. The experiment was characterized by a completely randomized design with three replications for each treatment, considering storage conditions, storage time and cultivars as sources of variation. Seeds were sampled from the different treatments every two months: at times zero, two, four and six months of storage for water content, bulk density, one thousand seeds weight, electrical conductivity and germination. The results were analyzed by the computer program Sisvar, version 4.0 to 5% probability, by the Tukey mean test. Subsequently, a polynomial regression analysis and a multivariate analysis of principal components and grouping with the aid of the R programming language were performed. In these analyzes, variables were standardized to prevent the measurement unit from affecting the results. For clustering, the average Euclidean distance and the hclust clustering method were used. In the obtained results it was verified that the ambient temperature had amplitudes of 7.9 to 30.7 °C and the relative humidity of 33 to 95%, which may have influenced the storage of the stored soybean seeds through the increase or decrease. Gaseous exchange of atmospheric air and intergranular air due to vapor pressure differences, since the packages used are not impermeable. Under natural storage conditions, ambient and intergranular air temperatures ranged

from 16.71 to 24.31 °C, while ambient and intergranular air relative humidity ranged from 74.30 to 84%. However, under refrigerated storage conditions the ambient and intergranular air temperature remained constant at 3 °C and the relative humidity at 60%. The vapor pressure ratios of the storage environments and intergranular air showed that the natural environment in raffia packaging (ANER) had the highest values (1.58 kPa), indicating that the intergranular vapor pressures were low in relation to the environment, in contrast to refrigerated environment in raffia packaging (ARER). (0.89 kPa), when the pressure ratios were lower, indicating that the intergranular air vapor pressure was high decreasing the difference from ambient vapor pressures. The seeds of cultivar RR remained with better physiological quality, while the seeds of cultivar RR2 remained with higher apparent specific mass during storage. The raffia and polyethylene packaging under the natural storage conditions, with refrigerated and modified atmosphere did not preserve the seed quality over the storage time. The storage conditions in natural atmosphere in laminated packaging (ANEL) and refrigerated atmosphere in laminated packaging (AREL) reduced the environmental effects of temperature and relative humidity, obtaining better results of physical and physiological seed quality. The storage time influenced the physical and physiological quality reduction of the seeds, except for AREL and ANEL that kept the qualities close to the initial conditions, during the six months of storage. It was concluded that the storage of soybean seeds in laminated packages with air valves presents sufficient gas and water vapor exchange between the seeds and the storage medium, eliminating the costly use of artificial refrigeration, which was equivalent in quality, according to the results obtained. Therefore, a new alternative for soybean seed storage is proposed, using air bag laminated big bags to minimize the qualitative losses of soybean seeds.

Keywords: packaging, storage, refrigeration, modified atmosphere, physiological quality, natural environment, post-harvest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Interação alimento/produto/ambiente em embalagens plásticas	32
Figura 2 - Esquema experimental do armazenamento de sementes de cultivares de soja em diferentes embalagens e condições de armazenamento	35
Figura 3 - Temperaturas (°C) e umidades relativas (%) médias obtidas ao longo do tempo de armazenamento das sementes de soja	40
Figura 4 - Razão de umidade e entalpia do ar ambiente e refrigerado intergranular no armazenamento das sementes de soja	41
Figura 5 - Absorção e dessorção de água das sementes de cultivar de soja RR em função das diferentes condições, embalagens e tempo de armazenamento.....	43
Figura 6 - Razão de umidade e entalpia dos ambientes de armazenamento das sementes de soja RR	44
Figura 7 - Relação de pressões de vapor do ar ambiente e do ar intergranular de armazenamento de sementes de soja RR	44
Figura 8 - Absorção e dessorção de água das sementes de cultivar de soja RR2 em função das diferentes condições, embalagens e tempo de armazenamento.....	46
Figura 9 - Razão de umidade e entalpia dos ambientes de armazenamento das sementes de soja RR2	47
Figura 10 - Relação de pressões de vapor do ar ambiente e do ar intergranular de armazenamento de sementes de soja RR2	48
Figura 11 - Teor de água (% b.u.) em sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	51
Figura 12 - Teor de água (% b.u.) em sementes de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	52
Figura 13 - Massa específica aparente (kg/m ³) de sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	55
Figura 14 - Massa específica aparente (kg/m ³) de sementes de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	55
Figura 15 - Peso de mil de sementes (g) de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	58

Figura 16 - Peso de mil de sementes (g) de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	59
Figura 17 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	62
Figura 18 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	63
Figura 19 - Germinação (%) de sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento	67
Figura 20 - Germinação (%) de sementes de soja da cultivar RR2 em função das diferentes condições e tempo de armazenamento	68
Figura 21 - Análise de PCA e agrupamento das condições, embalagens e tempo de armazenamento para as sementes de cultivares de soja RR e RR2, quanto à qualidade física e fisiológica	70
Figura 22 - Modelos de embalagens de <i>big bags</i> laminados para o armazenamento de sementes de soja	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de embalagens, uso e características	29
Tabela 2 - Polímeros utilizados na fabricação de embalagens e suas aplicações	30
Tabela 3 - Principais aditivos de embalagens e suas funções	31
Tabela 4 - Agrupamento dos ambientes de armazenamento.....	36
Tabela 5 - Caracterização do ar ambiente e do ar refrigerado intergranular no armazenamento das sementes de soja.....	41
Tabela 6 - Caracterização das sementes de soja RR e dos ambientes de armazenamento.....	42
Tabela 7 - Caracterização das sementes de soja RR2 e dos ambientes de armazenamento.....	45
Tabela 8 - Análise de variância dos teores de água (%) nas sementes de soja	48
Tabela 9 - Avaliação dos teores de água (%) das sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar	49
Tabela 10 - Avaliação dos teores de água (%) das sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento.....	50
Tabela 11 - Análise de variância da massa específica aparente (kg/m^3) de sementes de soja.....	53
Tabela 12 - Avaliação da massa específica aparente (kg/m^3) das sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento.....	53
Tabela 13 - Avaliação da massa específica aparente (kg/m^3) das sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar	54
Tabela 14 - Análise de variância para o peso de mil sementes (g) de soja	56
Tabela 15 - Avaliação do peso de mil sementes (g) de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento	56
Tabela 16 - Avaliação do peso de mil sementes (g) de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento	57

Tabela 17 - Análise de variância da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja.....	60
Tabela 18 - Avaliação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento.....	60
Tabela 19 - Avaliação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar	61
Tabela 20 - Análise de variância da germinação (%) das sementes de soja	64
Tabela 21 - Avaliação da germinação (%) das sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento.....	65
Tabela 22 - Avaliação da germinação (%) das sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMEP	Atmosfera modificada embalagem polietileno
AMREP	Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno
ANEL	Atmosfera natural embalagem laminada
ANER	Atmosfera natural embalagem de r�fia
AREL	Atmosfera refrigerada embalagem laminada
ARER	Atmosfera refrigerada embalagem r�fia
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
b.s.	Bulbo seco
b.u.	Bulbo �mido
BOD	Demanda bioquímica de oxig�nio
BOPP	Polipropileno biorientado
CA	Condi�o de armazenamento
CL	Cultivares
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EVOH	Etileno vinil �lcool
FAO	Organiza�o das Na�es Unidas para Agricultura
h	Entalpia (kJ/kg de ar seco)
I	Ion�mero
LAPOS	Laboratório de Pós-Colheita
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
RR	Primeira Gera�o de Soja Transgênico
RR2 PRO	Terceira Gera�o de Soja Transgênico
P_{atm}	Pressão atmosférica (atm)
P_{sat}	Pressão de satura�o do ar (kPa)
P_v	Pressão parcial do ar (kPa)
PA	Poliamida
PAN	Poliacrilonitrila
PCA	Análise de componente principal
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PET	Politereftalato de etileno
PP	Polipropileno
p.p.	Pontos percentuais
PS	Poliestireno
PSI	Libra por polegada quadrada
PVC	Policloreto de vinila
PVDC	Cloreto de polivinilideno
T	Temperatura (�C)
TA	Tempo de armazenamento
Ue	Teor de água de equilíbrio higroscópico (% b.s.)
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UHT	Temperatura Ultra Alta
UR	Umidade relativa do ar (%)
w	Razão de umidade (kg de vapor de água / kg de ar seco)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 HIPÓTESES.....	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.1 PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA	21
3.2 QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS.....	22
3.3 TECNOLOGIAS DE EMBALAGENS PARA ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS PERECÍVEIS ..	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6 CONCLUSÕES	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de soja e com a crescente demanda por alimentos tenderá a incentivar a expansão da cultura nos próximos anos (FAO, 2019). Entre outros processos agrícolas, a produção de sementes com qualidade é de suma importância para alcançar altas produtividades, a qual está relacionada às interações dos atributos genéticos, fisiológicos e sanitários (EMBRAPA, 2019).

Na pós-colheita, a etapa do armazenamento é um dos processos mais importantes para a conservação das sementes de soja, especialmente em regiões de clima tropical, a qual as variações de temperaturas e umidades relativas exercem influência negativa na qualidade das sementes (ALENCAR et al., 2009). O monitoramento dos parâmetros de temperatura, umidade relativa e teor de água das sementes são decisivos para a manutenção da qualidade ao longo do armazenamento. Segundo Alencar et al. (2009), a elevação do teor de água e temperatura das sementes acarretará em mudanças na qualidade fisiológica das sementes. Greggio e Bonini (2014) verificaram que existe possibilidade de armazenar sementes de soja com 12% de teor de água nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, sem alterar a características finais do produto. Porém, em sementes com 15% de teores de água, o armazenamento seguro ocorre somente até 135 dias, nas temperaturas de 15 e 25 °C.

A qualidade das sementes não pode ser melhorada durante o armazenamento, mas em um ambiente controlado de temperatura e umidade relativa é possível conservar as sementes até um período apropriado para a semeadura sem que haja redução de qualidade. Segundo Zuchi et al. (2013), a redução do metabolismo das sementes pode amenizar a perda de qualidade do lote, mantendo-as com vigor e viabilidade de germinação. Devido às características hídrolísticas das sementes de soja, a umidade relativa poderá influenciar na variação dos teores de água das sementes para uma condição diferente de equilíbrio higroscópico (CORADI et al., 2018).

O tempo de armazenamento é outro fator que intensifica a deterioração das sementes e uma das alternativas utilizadas para reduzir esse problema é o resfriamento da massa de sementes para temperaturas abaixo da condição ambiente. Segundo Zuchi et al. (2013), as sementes de soja artificialmente

resfriadas apresentaram potencial fisiológico superior, quando comparado as sementes não resfriadas no armazenamento. Em um estudo realizado por Ferreira et al. (2017), observaram que o resfriamento dinâmico de sementes embaladas a 13 °C, seguido do armazenamento em armazém refrigerado a 20 °C mantiveram a qualidade fisiológica das sementes de soja por 225 dias. Neste estudo, verificou-se que, em condição de armazenamento não refrigerado, porém, com as sementes submetidas ao resfriamento dinâmico a 13 °C no ensacamento apresentaram maior vigor por 225 dias, em relação às sementes não resfriadas ou resfriadas dinamicamente a 17 °C. Os autores concluíram que o armazenamento refrigerado favoreceu a manutenção fisiológica das sementes de soja em todas as condições, sendo ou não submetidas ao processo de resfriamento dinâmico.

O tipo de embalagem de armazenamento poderá acelerar as trocas de energia e massa entre as sementes armazenadas e o meio de armazenamento. As sementes armazenadas em embalagens permeáveis permitem maiores trocas de umidade com o ambiente, ocasionando aumento ou redução dos teores de água, até entrar em equilíbrio higroscópico, provocando deteriorações e reduções do vigor e viabilidade do lote (SANTOS et al., 2016). Mbofung et al. (2013) avaliaram diferentes ambientes de armazenamento com temperaturas de 10 °C e 25 °C e temperatura ambiente, verificou-se diferentes taxas de deterioração, influenciadas pela variação dos teores de água. Neste caso, a reação predominante de degradação das sementes foi observada na análise, causada quando os teores de água das sementes obtiverem níveis abaixo do limite de ativação para a peroxidação lipídica enzimática e hidrólise do açúcar (Rocha et al., 2017).

Comercialmente, as sementes de soja são armazenadas e transportadas das unidades de beneficiamento até os produtos rurais em sacos chamados de “big bags” de rafia semipermeáveis. Embora, as sementes sejam armazenadas em ambientes favoráveis e/ou refrigeradas na unidade de beneficiamento, quando transportadas até o produtor rural às sementes ficam expostas aos ambientes naturais, sem controle de temperatura e umidade relativa. Assim, verifica-se que o investimento realizado pela unidade de beneficiamento no controle dos ambientes de armazenamento para manutenção da qualidade das sementes pode ser perdido em função da exposição e baixo controle entre o período das etapas de transporte e semeadura.

Entendendo-se, a importância do controle do armazenamento para a qualidade das sementes, realizou-se um estudo para avaliar diferentes condições e embalagens de armazenamento. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de soja de cultivares submetidas a diferentes condições, tempo e embalagens de armazenamento. Os objetivos específicos foram avaliar a qualidade das sementes de cultivares de soja RR e RR2 PRO armazenadas em atmosfera natural com embalagem de rafia, em atmosfera natural com embalagem laminada, atmosfera modificada (-14 PSI) com embalagem de polietileno, em atmosfera refrigerada (1 a 3 °C) com embalagem de rafia, em atmosfera refrigerada (1 a 3 °C) com embalagem laminada, em atmosfera modificada (-14 PSI) e refrigerada (1 a 3 °C) com embalagem de polietileno, ao longo de seis meses de armazenamento.

2 HIPÓTESES

- I. Se as condições de armazenamento em atmosfera natural influenciarem na qualidade física ou fisiológica das sementes de soja, então a condição controlada com resfriamento artificial de 1° a 3 °C e/ou a atmosfera modificada à -14 PSI garantirão melhor qualidade das sementes;
- II. Se o armazenamento de sementes de soja em embalagens de rafia sofrer influência da temperatura e umidade relativa de armazenamento em função da sua permeabilidade, então a embalagem de polietileno e laminada minimizará as trocas gasosas entre os ambientes internos e externos de armazenamento e garantirão melhor qualidade das sementes;
- III. Se as sementes de soja forem submetidas ao armazenamento ao longo de seis meses e sofrerem alterações na qualidade nas diferentes condições e embalagens de armazenamento, então qual o tempo máximo que as sementes poderão permanecer armazenadas para atender ao máximo potencial fisiológico.
- IV. Se os fatores genéticos de sementes de soja forem mais susceptíveis às alterações de qualidade física e fisiológica, então quais as condições e embalagens de armazenamento poderiam ser adotadas para garantir por mais tempo a qualidade das sementes de cultivares de soja Intacta RR e RR2 PRO.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção de sementes de soja

O Brasil é o segundo maior produtor de soja, com uma produção de aproximadamente 117 milhões de toneladas na safra 2017/18, em uma área plantada de pouco mais de 36 milhões de hectares (EMBRAPA, 2019). Entre os estados brasileiros, destacam-se o Mato Grosso, com produção de quase 32 milhões de toneladas em uma área plantada de 9,5 milhões de hectares, o Paraná, com uma produção de 19 milhões de toneladas em 5,4 milhões de hectares e o Rio Grande do Sul, com produção de aproximadamente 17 milhões de toneladas em 5,7 milhões de hectares (EMBRAPA, 2019).

A produtividade média brasileira vem aumentando ano após ano, nos mais diferentes locais de cultivo. Lugares onde sequer se cogitava o cultivo da soja, com o passar dos anos e o incremento das tecnologias, passaram a permitir o cultivo sustentável e rentável da cultura (EMBRAPA, 2019; CONAB 2019). O Brasil tem aumentado significativamente a sua produtividade no decorrer dos últimos 40 anos, saindo de uma média geral de 1251 kg há⁻¹ na safra de 1978/79 para 3198 kg ha⁻¹ na safra 2018/19, o que representa um acréscimo de mais de 250% de aumento médio de produtividade (CONAB, 2019).

Todo esse aumento de produção e principalmente de produtividade, sem necessariamente ter aumentado a área plantada durante este período, passam pela evolução dos métodos de cultivo que foram aprimorados com o passar dos anos e das tecnologias desenvolvidas para o manejo da cultura (EMBRAPA, 2019). O avanço das tecnologias possibilitou a criação de cultivares altamente produtivas que se adaptam às mais diversas regiões e condições do país, juntamente com um melhor manejo dos solos, controle de pragas, doenças e ainda no desenvolvimento de tecnologias para minimizar as perdas nos processos de colheita e pós-colheita, são fatores decisivos para o aumento da produtividade e garantia da qualidade para a diminuição dos custos envolvidos na produção (FREITAS, 2011; ARTUZO et al., 2018).

Na produção de sementes de soja incluem-se diversas etapas, as quais exigem cuidados específicos para obter resultados satisfatórios de vigor e germinação (MOTTA et al., 2000; KOLCHINSKI et al., 2005). Cada vez mais as características e atributos genéticos relacionados às sementes de soja são utilizados para determinar

a qualidade física, fisiológica e sanitária da semente e o local ao qual ela mais se adapta em termos de produtividade. Segundo a Embrapa (2019), as cultivares geneticamente melhoradas, portadoras de genes são capazes de expressar alta produtividade, ampla adaptação e boa resistência/tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos. No que se refere à produção de sementes, o manejo da lavoura desempenha um papel fundamental para obtenção de sementes de melhor qualidade fisiológica. O potencial fisiológico reúne informações de germinação (viabilidade) e vigor das sementes, que através da sua avaliação permite-se identificar lotes de sementes que possuem maior probabilidade de apresentar o desempenho desejado durante o armazenamento e no campo. Após a emergência de plântulas no campo será possível verificar até que ponto se manifestou o potencial fisiológico das sementes previamente identificado em laboratório e também o grau de eficiência dos procedimentos que foram utilizados para sua avaliação (BEULTER et al., 2006; FILHO, 2013).

3.2 Qualidade de sementes de soja armazenadas

A qualidade fisiológica das sementes pode ser caracterizada pelo vigor e pela germinação. Conforme salienta Silva et al. (2016), o vigor das sementes é a soma dos atributos que conferem à semente, o potencial para germinar, emergir e resultar em plântulas normais sob a ampla diversidade de condições ambientais, e também é caracterizado como fator inversamente proporcional ao processo de deterioração das sementes. No armazenamento, a qualidade das sementes não pode ser melhorada, porém, em ambiente com temperatura e umidade relativa controlados é possível conservar as sementes por mais tempo, reduzindo a degradação através da redução do metabolismo e microrganismos patogênicos, que amenizam a perda da qualidade do lote de sementes mantendo vigor e a viabilidade (ZUCHI et al., 2013).

Segundo Vilela e Menezes (2009), Toledo et al. (2009) e Carvalho et al. (2014), a capacidade de manutenção da qualidade das sementes durante o período de armazenamento depende de fatores como o teor de água ao qual as sementes foram armazenadas, as embalagens e a temperatura e umidade relativa do ar durante o período de armazenamento. O tempo e a condição de armazenamento da semente são fatores fundamentais para a conservação de qualidade das sementes até o período de semeadura.

Algumas regiões produtivas de soja no Brasil são caracterizadas por temperaturas médias elevadas, fator este que dificulta a manutenção da qualidade das sementes armazenadas no período de entressafra. O controle da temperatura e da umidade relativa do ar intergranular das sementes armazenadas são importantes para evitar a deterioração das sementes.

O resfriamento artificial está sendo cada vez mais utilizado no armazenamento de sementes de soja, como uma alternativa para reduzir a temperatura da massa de sementes e manter o ar intergranular de armazenamento em equilíbrio higroscópico com os teores de água das sementes, ao longo do tempo de armazenamento. As baixas temperaturas e teores de água permitem a redução da atividade respiratória da semente e conseqüentemente, a velocidade do processo de deterioração (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; LIMA et al., 2014a; SMANIOTTO et al., 2014).

Demito e Afonso (2009) estudou o comportamento da temperatura das sementes de soja resfriadas artificialmente e armazenadas em saco de polipropileno no sistema convencional e verificaram que este processo mantém o poder germinativo das sementes dentro do padrão comercial por maior período de tempo do que amostras que não foram resfriadas e foram condicionadas no mesmo ambiente. Os autores observaram que as sementes de soja resfriadas artificialmente tendem a ter variações de temperatura mais lentas, diminuindo assim a degradação da qualidade fisiológica.

Alencar et al. (2009) verificaram que, apesar de adotar procedimentos de secagem adequados para reduzir os teores de água de sementes de soja a 12,8% e 14,8%, se a temperatura da massa de sementes armazenadas alcançar 40 °C ou acima, após 90 dias, já haverá perda significativa de qualidade. Os autores também ressaltam que as sementes com 14,8% de teor de água nas condições de armazenamento com temperaturas de 20 e 30 °C chegam há 180 dias com qualidade fisiológica dentro das especificações de comercialização. Smiderle e Gianluppi (2006) verificaram que a associação da umidade relativa do ar de 70% com temperaturas em torno de 25 °C garantem uma boa condição de armazenamento, mantendo os teores de água das sementes próximos a 12%.

Atungulu e Olatunde (2017) realizaram um estudo para simular diferentes estratégias de armazenamento de sementes de soja. Os autores verificaram que as sementes armazenadas com média de 13% de teor de água mantiveram-se com

melhor qualidade fisiológica ao longo do tempo de armazenamento. Juvino et al. (2014) estudaram o vigor das sementes de soja ao longo do tempo de armazenamento em câmara climatizada e ambiente natural. Os autores observaram que as sementes se mantiveram com alta qualidade até os nove meses de armazenamento, com melhores resultados no armazenamento com ambiente climatizado. Rocha et al. (2017) realizaram um estudo considerando a armazenagem de sementes de soja em duas condições, armazém convencional (temperatura média de 27 °C e umidade relativa média de 80%) e armazém climatizado (temperatura média de 15 °C e umidade relativa média de 55%) durante um período de 120 dias. Os autores verificaram que, indiferente do tipo de cultivar, tratamento ou condição de armazenamento, quanto maior o tempo de armazenamento maior foi à redução de vigor das sementes. Porém, as sementes armazenadas em ambiente com umidade relativa e temperaturas controladas apresentaram menor redução de vigor com o passar do tempo.

Em um estudo desenvolvido por Smaniotto et al. (2014), avaliando-se a qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas durante 180 dias com três diferentes teores de água e duas condições de temperatura (20 e 27 °C) observaram que as sementes com altos teores de água têm maior deterioração no decorrer do tempo de armazenamento e que o ambiente climatizado proporcionou melhor condição de conservação da qualidade fisiológica das sementes em todas as condições analisadas, além de que os menores teores de água sobressaíram sobre as condições de temperatura, para um armazenamento seguro das sementes.

A escolha de embalagens adequadas no armazenamento de sementes agrega na manutenção da qualidade fisiológica das sementes de acordo com as condições de temperatura e umidade relativa do ar em que serão submetidas no armazenamento (ROCHA et al., 2017; VILELA; MENEZES, 2009; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As embalagens possuem diversas funções no que diz respeito ao mercado de sementes, tais como identificação, facilidade de transporte e armazenamento, proteção contra ataque de organismos e adversidades do ambiente. Para atenderem às funções, estas embalagens devem apresentar características como resistência ao transporte, porosidade ou impermeabilidade, flexibilidade ou rigidez, durabilidade e possibilidade de reutilização, facilidade de impressão, transparência ou opacidade e resistência a insetos e roedores (PESKE,

2003; SANTOS et al., 2004; CAPILHEIRA, 2016). Segundo Cardoso et al. (2012) e Bessa et al. (2015), para o armazenamento de sementes, dependendo das características e propriedades das embalagens poderá haver redução ou obstrução das trocas de vapor de água entre as sementes e o ambiente externo, interferindo na teor de água de equilíbrio higroscópico das sementes.

Lima et al. (2014b) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em diferentes embalagens (garrafa PET, saco de rafia e saco de papel multifoliado) durante 360 dias. Os autores verificaram que as embalagens permeáveis proporcionaram redução dos teores de água, do percentual de germinação, velocidade de emergência e vigor das sementes pelas ações da temperatura e umidade relativa do ar.

Carvalho et al. (2016) avaliando diferentes formas e condições de armazenamento para sementes de soja, observaram que as sementes resfriadas artificialmente até 13 °C mantiveram melhor qualidade que as sementes armazenadas em ambiente natural com embalagens de papel Kraft multicamadas, tecido de polipropileno e recipientes moldados em polietileno de alta densidade durante um período de 8 meses. Faria et al. (2016) avaliaram diferentes tipos de embalagens de papel Kraft, poliestireno e metalizada para o armazenamento de sementes de soja durante 6 meses, e observaram que a embalagem de papel preservou as qualidades fisiológicas das sementes de soja por maior período de tempo comparado às embalagens de poliestireno e metalizada. Os autores também verificaram que a embalagem metalizada causou grandes danos às sementes durante o período de armazenamento e mostrou-se inadequada para tal finalidade.

Henning et al. (2016) conduziram estudos com embalagens de papel multifoliado e polipropileno trançado para a armazenagem de sementes de soja tratadas industrialmente com fungicidas, inseticidas, micronutrientes e polímeros. As análises de qualidade fisiológica levaram em consideração os testes de comprimento de plântula, comprimento de raiz, comprimento de hipocótilo, germinação com pré-condicionamento osmótico e emergência em areia em períodos de 0, 45 e 90 dias após a realização dos tratamentos. De acordo com os pesquisadores, as embalagens de polipropileno trançado apresentaram desempenho similar às embalagens de papel multifoliado, assegurando a qualidade das sementes de soja após o tratamento e durante o armazenamento. Em um estudo realizado por Bellé et

al. (2016), foram armazenadas sementes de soja por período de 120 dias em bolsas de rafia. Os autores verificaram que as sementes apresentaram menor potencial fisiológico e alta incidência de patógenos.

Aguiar et al. (2012) verificaram que as sementes de soja mantiveram alto percentual de germinação quando armazenadas em temperaturas de 25 °C, principalmente quando associadas a embalagens que permitiram a formação de atmosfera modificada com CO₂. Em estudo realizado por Carpilheira (2016) testou-se embalagem hermética com atmosfera modificada pela injeção de CO₂, embalagem hermética sem injeção de CO₂, e papel multifoliado para o armazenamento de sementes de soja. Segundo o autor, verificou-se que na embalagem hermética obteve-se maior qualidade fisiológica das sementes de soja comparativamente à embalagem permeável no período de armazenamento até 180 dias sobre as condições ambientais não controladas. As embalagens herméticas independente da injeção ou não de CO₂, favoreceram a diminuição da velocidade de deterioração das sementes de soja.

3.3 Tecnologias de embalagens para armazenamento de materiais perecíveis

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2019), embalagem para alimento é o artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los, desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agentes externos, de alterações e de contaminações, assim como adulterações. Incluem-se neste conceito, todo material destinado ao contato direto com alimentos e ou bebidas, considerando que as substâncias presentes nestes materiais possam migrar para os alimentos e que possam representar riscos à saúde humana.

Ribeiro et al. (2008) caracteriza embalagem como sendo o invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento removível ou não destinada a cobrir, empacotar, envasar, proteger ou manter, especificamente ou não, matérias-primas, produtos semielaborados ou acabados.

Uma embalagem deve exercer quatro funções básicas: proteção, conservação do produto, informação e a função relacionada ao serviço ou conveniência na utilização do produto (BARÃO, 2011). A proteção tem a função de acondicionar o

produto e protegê-lo durante o transporte, distribuição e manuseio contra choques, vibrações e compressões, enquanto a conservação deve conservar a teor de água, oxigênio, luz e servir como barreira contra microrganismos garantindo a qualidade do produto e prolongando sua vida útil além de evitar perdas.

A embalagem é adaptada e moldada a certas tecnologias que são indispensáveis para a conservação dos alimentos, processos térmicos, acondicionamento asséptico e atmosfera modificada. As embalagens resistentes ao processo térmico devem suportar as temperaturas elevadas, serem hermeticamente fechadas e permitir alterações no volume do produto sem comprometer as suas funções. Para o condicionamento asséptico, as embalagens deverão ser esterilizadas antes de receber o produto, sendo assim devem resistir aos processos de esterilização mantendo sua integridade. O mesmo vale para as embalagens de atmosfera modificada que devem permitir o armazenamento do produto em uma atmosfera composta de oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono em concentrações especiais. Por outro lado, as embalagens devem conter as informações úteis para o consumidor como validade, nome, marca, informações nutricionais e também conveniência para promover a facilidade no manuseio e estocagem como embalagens que abrem fácil, tampas dosadoras entre outras opções. São relacionadas com tendências de consumo e marketing (LANDIM et al., 2016).

Incluído neste conceito, quanto à utilização, as embalagens podem ser classificadas em embalagens primárias, que são aquelas que estão em contato direto com o produto, secundárias aquelas que abrigam uma ou mais embalagem primária e terciárias, que são aquelas que agrupam embalagens primárias e secundárias para fins de transporte e armazenamento (LANDIM et al., 2016).

As embalagens podem ser classificadas em rígidas, semirrígidas ou flexíveis (BARÃO, 2011; GORGULHO, 2018). As rígidas apresentam maior proteção contra danos mecânicos e maior espessura, podendo ser metálicas, plásticas, de vidro ou papel, já as semi-rígidas são representadas por bandejas de alumínio, bandejas de poliestireno, frascos, copos e potes termoformados e caixas em cartolina, enquanto que, as flexíveis são moldadas no formato do produto como as folhas de alumínio, filmes plásticos e folhas de papel aumentando a barreira contra agentes externos.

As embalagens para fins alimentícios podem ser de diversos materiais, os principais são vidro, metais, plásticos, celulósicos e materiais compostos. A

embalagem de vidro é um dos mais antigos materiais que se tem conhecimento e o material mais inerte utilizado para embalagens. Considerado totalmente impermeável a gases e reciclável sem perdas de suas características originais. Resultado da fusão de matérias primas ricas em sílica, soda e cal, que são submetidas a um processo de resfriamento formando um material rígido, estável, homogêneo, inerte, amorfo e isotrópico. Possui também a característica de ser moldável a uma determinada temperatura sem degradação de suas propriedades (FABRIS et al., 2006).

A embalagem de metal foi desenvolvida no século XIX por Nicolas Appert com objetivo de conservar alimentos por maior período. As embalagens metálicas têm como principal objetivo proteger os alimentos de ações mecânicas, físicas e químicas e se destacam por sua elevada resistência mecânica (BARÃO, 2011).

As embalagens de plástico foram produzidas de polímeros orgânicos ou inorgânicos de alto peso molecular. É um material com capacidade de ser moldado em condições especiais de calor e pressão. Atualmente elas são amplamente utilizadas em embalagens para alimentos, apesar da resistência inicial a este uso, gerando grande economia no setor. Podem ser classificados em termofixos ou termoplásticos. As embalagens termofixos são aqueles que, após moldados por ação do calor, a ação é irreversível. As embalagens termoplásticas são aquelas que depois de aquecidos e resfriados mantêm suas propriedades e são os de maior uso nas embalagens. Os principais termoplásticos são o polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS) e o polietileno tereftalato (PET) (FABRIS et al., 2006).

As embalagens de papel e papelão são conhecidas como embalagens celulósicas revestidas são empregadas como embalagens primárias de alimentos em conjunto com outros materiais de revestimentos ou não revestidas para produtos secos. São empregadas também como embalagens secundárias no formato de cartão ou papelão ondulado. Podem ser embalagens multicamadas como, por exemplo, a caixinha de leite UHT (FABRIS et al., 2006).

A evolução da tecnologia das embalagens permitiu ao mercado a combinação de materiais, sendo possível a fabricação de embalagens conhecidas como multicamadas. Cada tipo de embalagem pode ser constituída com diferentes matérias primas, visando aplicações específicas de acordo com as características

dos materiais dos quais são compostos e o comportamento esperado do produto armazenado, conforme mostra a Tabela 1. Diversos fatores influenciam na escolha do material, devido à sua aplicação, como por exemplo, tipo do produto, requisitos de proteção, vida útil, mercado, distribuição e venda (FONTOURA et al., 2016).

Tabela 1 - Tipos de embalagens, uso e características

Matéria-prima	Embalagens	Aplicações	Características da matéria-prima
Vidro	Garrafas Potes Copos	Cervejas, vinhos, destilados, bebidas finas Conservas, geléias, café solúvel Requeijão, extrato de tomate, geléias	Totalmente impermeável, desde que associado a um sistema de fechamento adequado Possibilidade de reutilização para o mesmo fim que foi destinada primeiramente
Papel e papelão (Celulose)	Cartão (semi-rígido) Cartuchos Cartonados Caixas Sacos Papelão e Papelão micro-ondulado Papel	Farinhas, "flakes", hambúrgueres Bombons Leite longa vida, sucos, bebidas lácteas Frutas, embalagens de transporte Farinha de trigo, sementes, rações	Não são inertes à migração de compostos da embalagem para o alimento Pode ser utilizado em composição multicamada
Metal	Alumínio Latas Selos Folhas de Flandres	Cervejas, refrigerantes Tampas aluminizadas de iogurte e água mineral Conservas, leite em pó, azeite	Suportam elevadas temperaturas e pressões Podem sofrer corrosão e permitir a migração de constituintes para os alimentos nela contidos
Plástico	Plásticos Rígidos Potes Garrafas Sacos "Flow packs" Envoltórios Plásticos Flexíveis	Achocolatados, sorvetes, "shakes" Refrigerantes, sucos Café, açúcar, arroz Macarrão instantâneo, salgadinhos "Snacks" Biscoitos, balas, bombons	Baixo custo, leveza, versatilidade, flexibilidade e possibilidade de reciclagem Sensíveis a oxidação e a elevadas temperaturas Permeabilidade a gases, vapor de água e aromas Possibilidade da ocorrência de migração dos constituintes do material para os alimentos

Fonte: Adaptado de Fontoura (2016).

As embalagens flexíveis metalizadas possuem diversas aplicações nas embalagens de alimentos. Podem ser de um único material ou laminadas com vários materiais, de acordo com a especificação do uso e sua estrutura é composta de acordo com o conteúdo a ser adicionado, podendo ser *standard*, média, média alta e alta, tendo como principais materiais utilizados normalmente os filmes de PE, PP, BOPP e filmes metalizados (QUARTIM, 2012). As embalagens mais comuns são as de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado que agregam boas propriedades mecânicas aliadas à barreira de gases e umidade, por isto acondiciona uma gama de produtos muito ampla. Tem como vantagens a alta barreira ao vapor d'água e oxigênio e resistência mecânica. Seu ponto negativo é a difícil reciclagem do produto devido ao processo de metalização que consiste na impregnação do filme plástico por uma camada de alumínio extremamente fina (OLIVEIRA et al., 2011).

Tabela 2 - Polímeros utilizados na fabricação de embalagens e suas aplicações

Polímero	Exemplos de Aplicação
PEBD	Embalagens flexíveis multicamada: frutas e hortaliças desidratadas, pescados Embalagens flexíveis grampeadas: queijos minas frescal e ricota Sacos: grãos, sal, açúcar, produtos de panificação, leite pasteurizado Potes e frascos: sorteve, mostarda
PEAD	Alimentos sensíveis à umidade: cereais matinais, produtos desidratados Produtos lácteos: leite esterilizado e pasteurizado, iogurte líquido. Óleos vegetais em embalagens institucionais, bombonas e engradados em indústrias. Arroz e pratos congelados prontos para consumo, arroz tipo "boil-in-bag"
PP	Estruturas laminadas: doces, biscoitos, massas, snacks, chocolates. Garrafas sopradas: água mineral, sucos. Filmes monocamadas: frutas e hortaliças minimamente processados. Embalagens coextrusadas sopradas: molhos de tomate, maionese. Embalagens sopradas e biorientadas: produtos desidratados, frutas e hortaliças desidratadas. Embalagens termoformadas: água, margarinas, condimentos, queijos, pratos prontos, tampas. Copolímero PP: produtos de panificação, produtos perecíveis.
PVC	Embalagens rígidas: óleos comestíveis, água, maionese, vinagre. Embalagens termoformadas: blisters geléia, doces em pasta.
PVDC	Filmes: envoltórios para confeitos, filmes esticáveis: frutas, carnes e aves, queijos, vegetais. Material de barreira em recipientes termoformados semi-rígidos. Material em multicamada: co-extrusado com poliolefinas: carnes, queijos, alimentos sensíveis à umidade e gases. Recobrimento para: papel e cartão, celofane, filmes, recipientes rígidos.
PET	Garrafas de diferentes volumes para bebidas carbonatadas, água mineral, óleos comestíveis, molhos, temperos, maionese. Filmes laminados para café, biscoitos, laminados flexíveis esterilizáveis, bag-in-box, produtos cárneos, frutas e hortaliças congeladas. Embalagens termoformadas (PET cristalizado - 28 - 30%) para bandejas e potes para uso em forno de microondas e forno convencional em produtos como pratos prontos, sopas, molhos.
PA	Coextrusados: com poliolefinas para termosoldagem, barreira à umidade e redução de custo. Multicamadas: embalagem à vácuo para cárneos processados.
PS	Laminados para massas, carnes. Embalagens rígidas para balas, sorvetes. Bandejas rígidas para queijos cremosos.
EVOH	Co-extrusados: carne vermelha, carnes processadas, queijos. Laminados: condimentos Recobrimento por extrusão: embalagens assépticas Termoformagem: iogurte
I	Moldagem por co-extrusão: ketchup Recobrimentos e laminações Termosselagem em estruturas multicamada e estruturas compostas em combinação com nylon, PET, PEBD e PVDC Camada termosselante em filmes Para produtos congelados - carnes e aves Para queijos, snacks, sucos de fruta (embalagem tipo tetra pack) Para vinhos, água, óleo, margarina, frutas secas

EVOH = Etileno vinil álcool; I = Ionômero; PA = Poliamida; PEAD = Polietileno de alta densidade; PEBD = Polietileno de baixa densidade; PET = Politereftalato de etileno; PP = Polipropileno; OS = Poliestireno; PVC = Policloreto de vinila; PVDC = Cloreto de polivinilideno.

Fonte: Adaptado de Landim (2016).

As embalagens plásticas fazem parte do nosso cotidiano de diversas maneiras, com uma ampla variedade de formas e materiais (LANDIM et al., 2016). Houve avanços tecnológicos neste setor, conforme mostra a Tabela 2, substituindo

embalagens tradicionais como vidro e metal, devido a seu menor custo, flexibilidade, formatos, isolamento, ente outros. Atualmente mais de trinta tipos de polímeros são utilizados como material para embalagens (FABRIS et al., 2006).

O uso de polímeros em materiais monocamadas, em grande parte das vezes, não oferece os requisitos necessários de proteção para os alimentos. Um sistema multicamada é composto de duas ou mais camadas do mesmo material ou material diferentes, assim, unindo propriedades de materiais distintos oferecendo uma barreira aos danos mecânicos e trocas gasosas mais eficientes do que o uso dos materiais separadamente (SARANTÓPULOS et al., 2001).

No processo de produção destes polímeros utilizam-se aditivos com funções distintas (Tabela 3), entre elas, melhorar o processamento, aumento da estabilidade da resina à oxidação, melhorar a resistência mecânica, aumento ou diminuição da dureza, redução de custos, entre outros (FABRIS et al., 2006).

Tabela 3 - Principais aditivos de embalagens e suas funções

Aditivo	Exemplos de Polímeros	Função
Antioxidantes	PP, PE, PS	Inibir ou retardar degradações termo-oxidantes
Estabilizantes ao calor	PE, PP, PVC, PVDC	Proteger o polímero da decomposição devido ao efeito das altas temperaturas utilizadas no processo de transformação
Plastificantes	PVC, PVDC	Reduzir temperatura de processamento Tornar o produto acabado mais flexível
Estabilizantes à luz UV	PVC, PE, PP, PET, OS	Proteger o polímero da degradação induzida pela radiação UV
Lubrificantes	PVC	Reduzir a tendência de plásticos a aderir a superfícies
Agentes deslizantes	Polioléfinas	Promover a remoção de plásticos de moldes ou cavidades
Corantes	Uso Geral	Promover melhor aspecto visual
Agentes anti-embaçantes	PVC	Evitar a penetração de luz para o interior da embalagem Evitar a opacidade pela condensação de vapor de água na superfície interna de embalagens
Agentes nucleantes	PET, PP	Reduzir o tamanho dos cristais na estrutura polimérica auxiliando na manutenção da transparência e claridade da embalagem
Agentes anti-estáticos	PE, PS, PP, PET, PAN, PVC	Tornar a superfície do plástico mais condutiva Melhorar a "maquinabilidade"
Cargas		Reduzir custos e/ou melhorar propriedades mecânicas (rigidez)

PAN = Poliácilonitrila; PE = Polietileno; PET = Politereftalato de etileno; PP = Polipropileno; PS = Poliestireno; PVC = Policloreto de vinila; PVDC = Cloreto de polivinilideno.

Fonte: Adaptado de Fabris (2016).

A indústria de embalagens possui grande dinamismo, o que possibilita novas oportunidades para a indústria alimentícia. Atualmente o conceito de embalagem ativa tem estado em evidência. Embalagem ativa é aquela que desempenha outras funções além de ser uma barreira física entre o produto e o meio onde este se encontra. Uma embalagem ativa aproveita as interações entre a atmosfera interna e

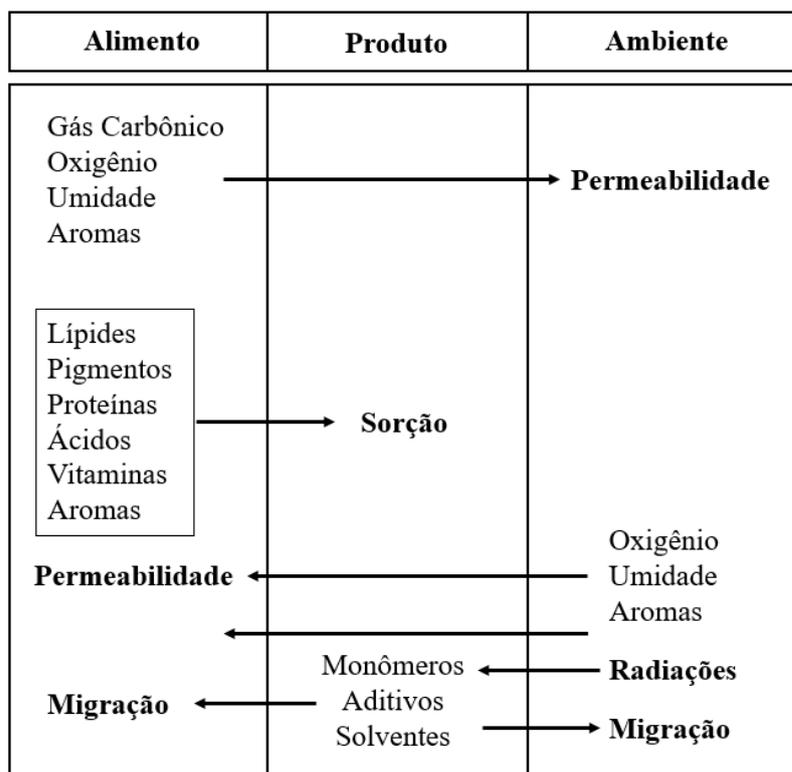
externa para a manutenção da qualidade do produto acondicionado, prolongando sua vida útil (ALVAREZ, 2000; BRODY et al., 2002; OZDEMIR; FLOROS, 2004).

Uma das utilizações de sistemas ativos pode ser considerada exemplificada pelo uso de reações de oxidação lipídica, pelo uso de inibidores do crescimento de microrganismos deterioradores e patogênicos ou ainda pelo uso de sistemas inteligentes que monitoram a qualidade do produto ou do seu entorno para melhor indicar o tempo de vida útil do produto armazenado (JONG et al., 2005; FABRIS et al., 2006).

Quando o produto entra em contato com o material da embalagem, ocorrem interações que podem fazer constituintes do alimento ser absorvidos pelo material e substância da embalagem ser transferidas para o alimento. Quando ocorre a passagem de elementos do produto para a embalagem, características sensoriais e de qualidade são perdidas. No caminho inverso, contaminações podem ocorrer, comprometendo o produto (FABRIS et al., 2006).

A Figura 1 abaixo demonstra esta interação entre elementos do produto e da embalagem.

Figura 1 - Interação alimento/produto/ambiente em embalagens plásticas



Fonte: Adaptado de Fabris, Freire e Reyes (2006).

Algumas legislações estabelecem critérios para as embalagens, suas características e constituintes fazendo com que se assegure que não haverá comprometimento da segurança alimentar. Devido ao grande intercâmbio comercial, estas resoluções se baseiam em legislações nacionais, do MERCOSUL, Comunidade Européia e dos Estados Unidos da América (FABRIS et al., 2006).

As embalagens de alimentos possuem diversos tipos de contaminantes. Algumas substâncias destas são tóxicas e devem passar por avaliações de segurança. Diversos estudos visam chegar em limites da presença destas substâncias que possam ser considerados desprezíveis e não causar danos à saúde humana. Com isto desenvolveu-se 3 tipos de classes destas substâncias com respectivos limites de exposição, sendo a classe I com um limite de 1,8 mg/pessoa/dia, classe II 0,54 mg/pessoa/dia e classe III com 0,09 mg/pessoa/dia (FABRIS et al., 2006).

À medida que novas tecnologias são desenvolvidas para satisfazer as necessidades do consumidor, é necessário medidas que visem a proteção ambiental. O elevado consumo de materiais plásticos gera, de forma direta, maiores quantidades de resíduos. Com isto, há a necessidade de desenvolver tecnologias que introduzam estes materiais reciclados novamente na cadeia produtiva. Atualmente, grande parte destes materiais são aproveitados como produtos para fins pouco nobres (LANDIM et al., 2016).

As embalagens metalizadas, devido a sua difícil reciclagem em virtude de suas múltiplas camadas, vêm sendo utilizadas para a fabricação de *displays* para exposição de produtos, *pallets* e outros produtos feitos com a embalagem (QUARTIM, 2012).

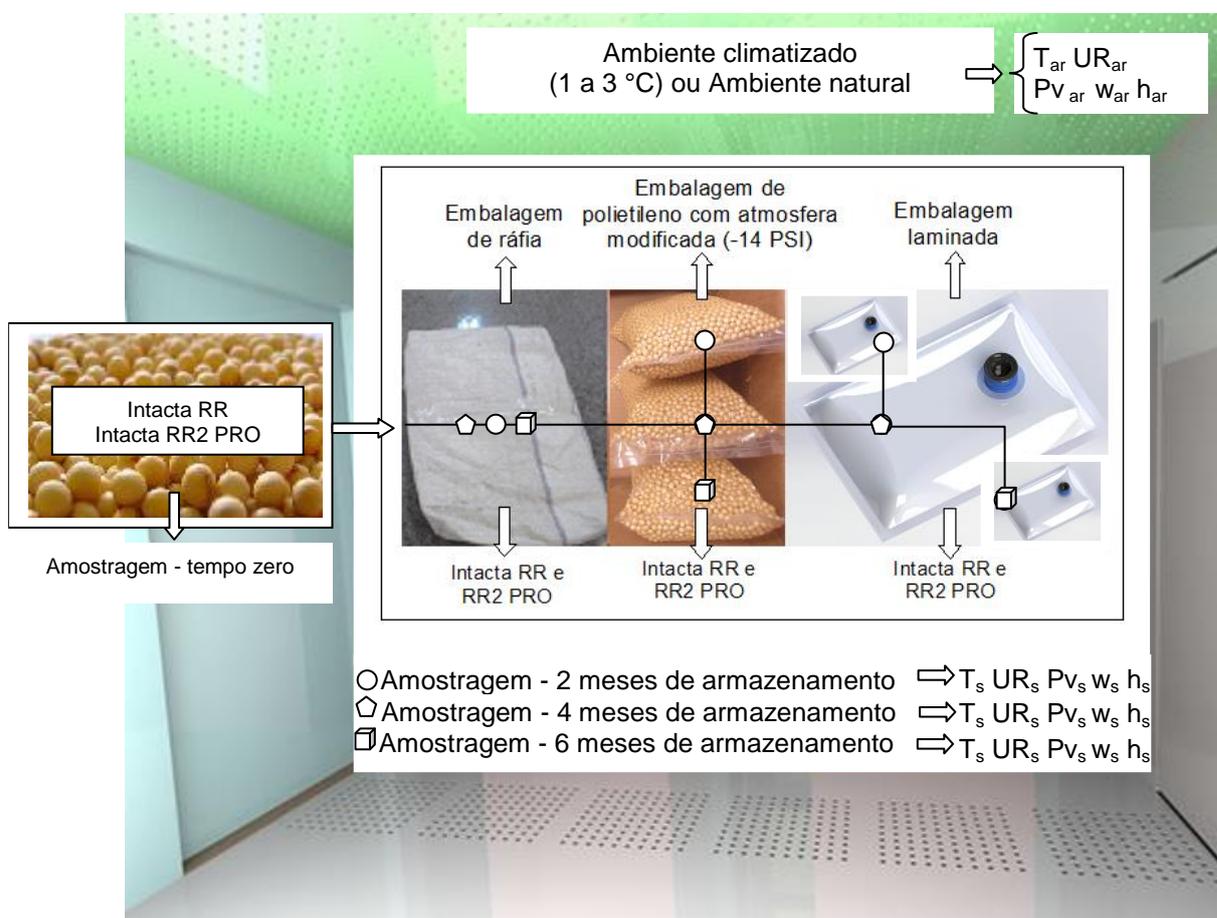
Os plásticos reciclados, como o PET, por exemplo, são utilizados em produtos multicamadas sendo a camada interna, que vai a contato direto com o produto, e a externa feitas de plástico virgem e a intermediária de plástico reciclado. Desta forma, aos poucos vai se introduzindo os plásticos reciclados novamente no mercado de consumo agregando maior valor, e beneficiando toda a cadeia produtiva e o meio ambiente (KOHMANN et al., 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS) da Universidade Federal Santa Maria (UFSM), Campus de Cachoeira do Sul (CS). As cultivares de sementes foram colhidas nas lavouras do município de Cruz Alta-RS, submetidas à limpeza para remoção de impurezas e matérias estranhas, a secagem em silos secadores com fluxo de ar radial, na temperatura de 40 °C, até as sementes alcançarem teores de água de 12% (b.u.) em depois ao beneficiamento utilizando equipamentos espirais e mesa densimétrica, para padronização quanto a esfericidade e densidade. Em seguida, os lotes foram armazenados em *bags* de rafia em galpões climatizados. Foram retirados dos *bags* dez quilogramas de sementes de cada cultivar, com auxílio de um calador manual para serem armazenadas experimentalmente em diferentes embalagens e condições de armazenamento.

O experimento foi montado em um esquema fatorial (2x6x4), sendo: duas cultivares de sementes comerciais de soja com tecnologias diferentes: *Roundup Ready Intacta* RR e *Roundup Ready Intacta* RR2 PRO, seis condições de armazenamento das sementes: atmosfera natural + embalagem de rafia – ANER, atmosfera natural + embalagem de laminado – ANEL, atmosfera modificada (-14 PSI) + embalagem de polietileno – AMEP, atmosfera refrigerada (1 a 3 °C) + embalagem de rafia – ARER, atmosfera refrigerada (1 a 3 °C) + embalagem de laminado – AREL, atmosfera modificada (-14 PSI) + embalagem de polietileno + refrigerada (1 a 3 °C) – AMREP, quatro tempos de armazenamento das sementes: tempo zero, tempo dois meses, tempo de quatro meses e tempo de seis meses (Figura 2).

Figura 2 - Esquema experimental do armazenamento de sementes de cultivares de soja em diferentes embalagens e condições de armazenamento



h = Entalpia (kJ/kg de ar seco); h_{ar} = Entalpia do ar; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico; P_v = Pressão parcial do ar (kPa); $P_{v_{ar}}$ = Pressão de vapor do ar; PSI = Libra por polegada quadrada; T = Temperatura (°C); T_{ar} = Temperatura ar (°C); UR = Umidade relativa do ar (%); w = Razão de umidade (kg de vapor de água / kg de ar seco); w_{ar} = Razão de umidade do ar

Fonte: Próprio autor.

A caracterização do ar ambiente e refrigerado e do ar intergranular no armazenamento das sementes de soja foram calculadas pelas equações abaixo:

$$UR = (-\exp(-C \times T \times (Ue)^n) + 1) \quad (1)$$

em que,

UR – umidade relativa do ar (%);

T – temperatura do ar (°C);

Ue – teor de água de equilíbrio higroscópico (% b.s);

C - coeficiente ($5,76 \times 10^5$);

n – coeficiente (1,52).

$$P_{atm} = 101,3 - 0,01055 i \quad (2)$$

em que,

i – altitude (m).

$$P_{sat} = \frac{6 \times 10^{25}}{(100 T^5 \times \exp(\frac{-6800}{T}))} \quad (3)$$

em que,

P_{sat} – pressão de saturação do ar (kPa).

$$P_v = UR \times P_{sat} \quad (4)$$

em que,

P_v – pressão parcial do ar (kPa).

$$w = 0,622 \times \frac{P_v}{P_{atm} - P_v} \quad (5)$$

em que,

w – razão de umidade (kg de vapor de água / kg de ar seco).

$$h = 1,006 \times (T - 273,15) + w \times (2501 + 1,775 \times (T - 273,15)) \quad (6)$$

em que,

h – entalpia (kJ / kg de ar seco).

O experimento caracterizou-se por um delineamento inteiramente casualizado (Tabela 4), com três repetições para cada tratamento, considerando-se as condições de armazenamento (CA), o tempo de armazenamento (TA), as cultivares (CL), as condições de armazenamento x tempo de armazenamento – (CA x TA), as condições de armazenamento x cultivares – (CA x CL), os tempos de armazenamento x cultivares – (TA x CL), e as condições de armazenamento x tempo de armazenamento x cultivares – (CA x TA x CL).

Tabela 4 - Agrupamento dos ambientes de armazenamento

Cultivares	Condições de armazenamento	Tempo de armazenamento	Agrupamentos
RR	ANER	0	P1
RR	ANER	2	P2
RR	ANER	4	P3
RR	ANER	6	P4

RR	ANEL	0	P5
RR	ANEL	2	P6
RR	ANEL	4	P7
RR	ANEL	6	P8
RR	AMEP	0	P9
RR	AMEP	2	P10
RR	AMEP	4	P11
RR	AMEP	6	P12
RR	ARER	0	P13
RR	ARER	2	P14
RR	ARER	4	P15
RR	ARER	6	P16
RR	AREL	0	P17
RR	AREL	2	P18
RR	AREL	4	P19
RR	AREL	6	P20
RR	AMREP	0	P21
RR	AMREP	2	P22
RR	AMREP	4	P23
RR	AMREP	6	P24
RR2	ANER	0	P25
RR2	ANER	2	P26
RR2	ANER	4	P27
RR2	ANER	6	P28
RR2	ANEL	0	P29
RR2	ANEL	2	P30
RR2	ANEL	4	P31
RR2	ANEL	6	P32
RR2	AMEP	0	P33
RR2	AMEP	2	P34
RR2	AMEP	4	P35
RR2	AMEP	6	P36
RR2	ARER	0	P37
RR2	ARER	2	P38
RR2	ARER	4	P39
RR2	ARER	6	P40

RR2	AREL	0	P41
RR2	AREL	2	P42
RR2	AREL	4	P43
RR2	AREL	6	P44
RR2	AMREP	0	P45
RR2	AMREP	2	P46
RR2	AMREP	4	P47
RR2	AMREP	6	P48

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de r fia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem r fia; RR = Primeira Gera o de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Gera o de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

As embalagens utilizadas para o armazenamento das sementes foram constituídas por materiais de r fia, polietileno e camadas laminadas. As embalagens de r fia representaram as características tradicionais de armazenamento de sementes de soja em *big bags*, caracterizando-se por um armazenamento em embalagem semi-porosa, com possibilidade de promover intensas trocas gasosas intergranular com o ambiente em as sementes foram armazenadas, construídas de tecido de polipropileno trançado, laminado com filme de polietileno de baixa densidade, revestidos com inibidor volátil de corrosão multimet lico, resistentes a alta traço de $9,8 \times 10^5$ N/m² e alongamento longitudinal de 20%. As embalagens de polietileno foram constituídas por material de resina termoplástica parcialmente cristalina e flexível, obtidas através da polimeriza o do etileno, de baixa densidade, alta tenacidade, boa resistência ao impacto, flexível, fácil processabilidade, propriedades elétricas e estabilidade, podendo ser alterado por temperatura ambiente, com baixa permeabilidade perante a água, formado por compostos orgânicos polares. As embalagens laminadas foram caracterizadas como assépticas, paredes espessas de camada de polietileno, camada de polipropileno e camada laminada, com resistência a perfura o de 4,5 MPa, válvula de 1' de material plástico flexível de polietileno para enchimento.

Ao longo do tempo de armazenamento das sementes de soja, monitorou-se a temperatura e umidade relativa do ambiente natural e a temperatura da massa de sementes com auxílio de um termo higr metro digital. Foram coletadas amostradas

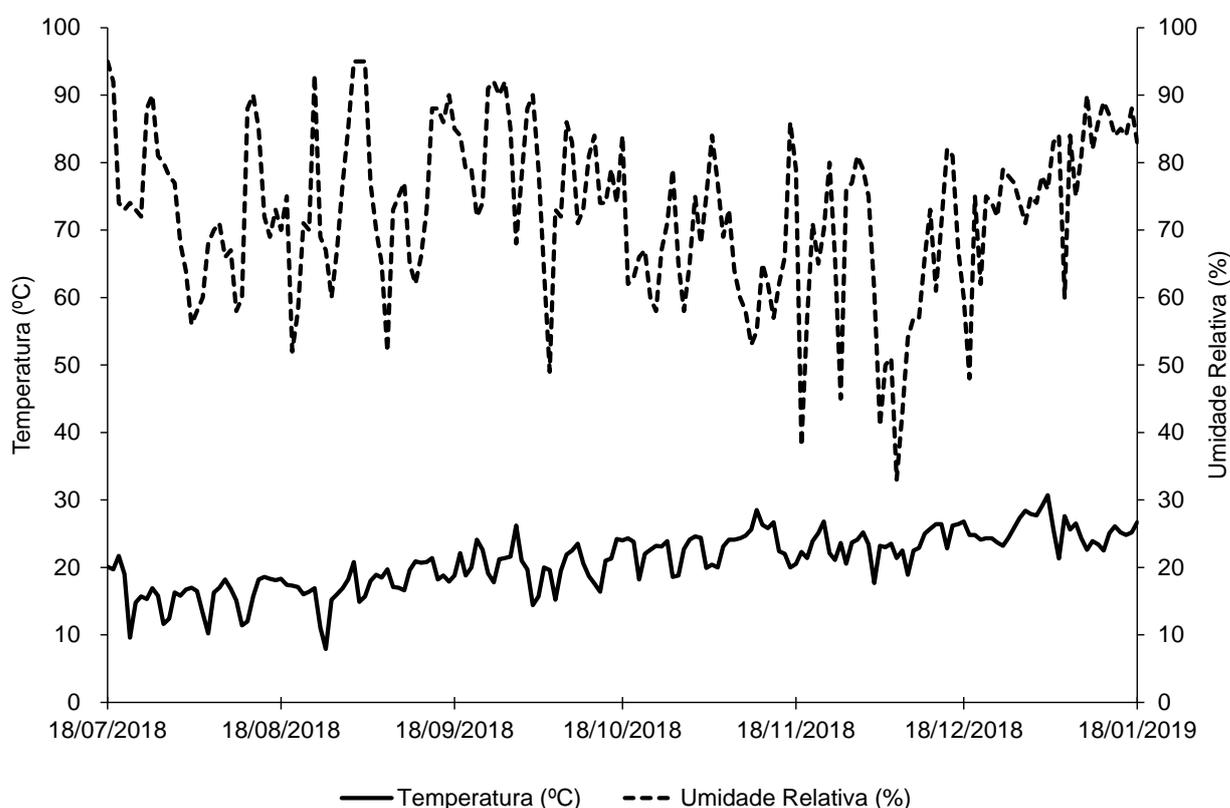
de dois em dois meses para avaliação da qualidade fisiológica das sementes. O teor de água das sementes foi determinado com auxílio de um medidor indireto por capacitância elétrica, em três repetições. A massa específica aparente das sementes foi determinada com auxílio de um Becker de 125 ml e uma balança de precisão, pela relação massa por volume (BRASIL, 2013). A avaliação da condutividade elétrica foi realizada com 3 sub amostras, cada uma contendo 50 sementes por unidade experimental, pesadas em uma balança de precisão de 0,001 g e colocadas em copos plásticos com 75 ml de água destilada, conduzidas a incubadora BOD a 25 °C, por vinte e quatro horas. Os resultados de condutividade elétrica foram obtidos na solução de imersão com auxílio de um condutivímetro digital (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Para o teste de germinação foram utilizados quatro sub amostras de 50 sementes de cada unidade experimental, distribuídos em rolos de papel toalha tipo “Germitest”, umedecido com água destilada na proporção 2,5 vezes a massa do papel seco, em germinador tipo “Mangesdorf” regulado na temperatura de 25 °C \pm 2 °C. As avaliações foram realizadas aos 5 dias após a instalação do teste através da contagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2013). O peso de mil sementes de soja foi determinado, a partir da escolha aleatória de 100 sementes para cada teor de água ao longo da secagem. Utilizando uma balança com resolução de 0,01 g, em 8 repetições, foi realizada a pesagem da massa do produto cujos resultados foram multiplicados por 10 (BRASIL, 2013).

Os resultados foram analisados pelo programa computacional Sisvar, versão 4.0 à 5% de probabilidade, pelo teste de média Tukey. Posteriormente, foi realizada uma análise de regressão polinomial e uma análise multivariada de componentes principais e agrupamento com auxílio da linguagem de programação R. Nessas análises, foi realizada padronização das variáveis para evitar que a unidade de mensuração afetasse os resultados. Para o agrupamento, foi utilizada a distância Euclidiana média e o método de agrupamento *helthmap* (Tabela 1).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 estão representadas as variações de temperatura e umidade relativa do ar ambiente ao longo do tempo de armazenamento. Verificou-se que a temperatura teve amplitudes de 7,9 a 30,7 °C e a umidade relativa do ar de 33 a 95%, a qual pode ter influenciado no armazenamento das sementes soja armazenadas através do aumento ou diminuição de trocas gasosas do ar atmosférico e o ar intergranular pelas diferenças de pressão de vapor, uma vez que as embalagens utilizadas não possuem impermeabilidade.

Figura 3 - Temperaturas (°C) e umidades relativas (%) médias obtidas ao longo do tempo de armazenamento das sementes de soja



Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 5 observou-se que as variações das temperaturas e umidades relativas do ar nos ambientes de armazenamento natural influenciaram nas pressões de vapor do ar intergranular, aumentando a razão de umidade e a entalpia do sistema, o que pode indicar uma maior intensidade da respiração da massa de sementes armazenadas e uma redução da qualidade fisiológica.

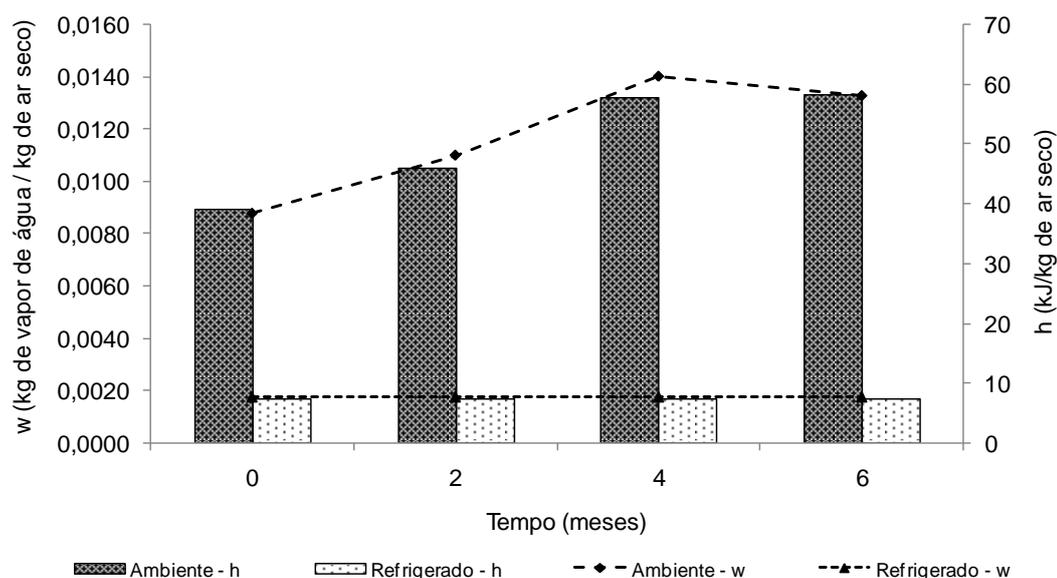
Tabela 5 - Caracterização do ar ambiente e do ar refrigerado intergranular no armazenamento das sementes de soja

Condição de armazenamento	Tempo (meses)	T (°C)	UR (%)	P _{sat} (kPa)	P _v (kPa)	P _{atm} (kPa)	w (kg de vapor de água / kg de ar seco)	h (kJ/kg de ar seco)
Ambiente	0	16,71	74,30	1,88	1,40	100	0,009	39,04
Ambiente	2	18,75	76,10	2,23	1,88	100	0,011	46,10
Ambiente	4	22,10	84,00	2,64	2,21	100	0,014	57,83
Ambiente	6	24,31	69,66	3,01	2,10	100	0,013	58,23
Refrigerado	0	3,00	60,00	0,75	0,45	158	0,002	7,44
Refrigerado	2	3,00	60,00	0,75	0,45	158	0,002	7,44
Refrigerado	4	3,00	60,00	0,75	0,45	158	0,002	7,44
Refrigerado	6	3,00	60,00	0,75	0,45	158	0,002	7,44

Fonte: Próprio autor.

No ambiente refrigerado as propriedades do ar intergranular mantiveram-se constante ao longo do tempo de armazenamento (Figura 4). Na condição de armazenamento em ambiente natural, as temperaturas do ar ambiente e intergranular variaram entre 16,71 a 24,31 °C, enquanto que, as umidades relativas do ar ambiente e intergranular variaram entre 74,30 a 84%. Entretanto, na condição de armazenamento em ambiente refrigerado a temperatura do ar ambiente e intergranular permaneceu constante à 3 °C e a umidade relativa do ar a 60% (Tabelas 5, 6 e 7).

Figura 4 - Razão de umidade e entalpia do ar ambiente e refrigerado intergranular no armazenamento das sementes de soja



Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 3 e Figura 5 verificou-se que houve variações dos teores de água das sementes de soja RR armazenadas nas diferentes condições e embalagens de armazenamento, ao longo do tempo.

Tabela 6 - Caracterização das sementes de soja RR e dos ambientes de armazenamento

CA	TA (meses)	CL	U(bu) (%)	U(bs) (%)	T (°C)	UR (%)	Psat (kPa)	Pv (kPa)	Patm (kPa)	w (kg de vapor de água / kg de ar seco)	h (kJ/kg de ar seco)	Pv ar ambiente / Pv ar intergranular
ANER	0	RR	12,28	13,99	16,71	60,18	1,88	1,13	100	0,0071	34,77	0,00
ANER	2	RR	12,65	14,48	16,71	62,10	1,88	1,17	102	0,0072	34,98	1,20
ANER	4	RR	11,30	12,74	22,10	55,66	2,64	1,47	104	0,0089	44,73	1,51
ANER	6	RR	12,10	13,77	24,31	60,22	3,01	1,81	106	0,0108	51,90	1,16
ARER	0	RR	12,28	13,99	3,00	58,41	0,75	0,44	108	0,0025	9,32	0,00
ARER	2	RR	14,40	16,82	3,00	68,67	0,75	0,51	110	0,0029	10,29	0,87
ARER	4	RR	15,25	17,99	3,00	72,35	0,75	0,54	112	0,0030	10,55	0,83
ARER	6	RR	14,95	17,58	3,00	71,08	0,75	0,53	114	0,0029	10,29	0,84
ANEL	0	RR	12,28	13,99	16,71	60,18	1,88	1,13	116	0,0061	32,28	0,00
ANEL	2	RR	11,68	13,22	16,71	57,02	1,88	1,07	118	0,0057	31,21	1,30
ANEL	4	RR	11,93	13,54	22,10	59,02	2,64	1,56	120	0,0081	42,90	1,42
ANEL	6	RR	11,55	13,06	24,31	57,29	3,01	1,73	122	0,0089	47,09	1,22
AREL	0	RR	12,28	13,99	3,00	58,41	0,75	0,44	124	0,0022	8,50	0,00
AREL	2	RR	11,90	13,51	3,00	56,46	0,75	0,42	126	0,0021	8,24	1,06
AREL	4	RR	11,80	13,38	3,00	55,93	0,75	0,42	128	0,0020	8,11	1,07
AREL	6	RR	11,35	12,80	3,00	53,53	0,75	0,40	130	0,0019	7,81	1,12
AMEP	0	RR	12,28	13,99	16,71	60,18	1,88	1,13	132	0,0054	30,39	0,00
AMEP	2	RR	10,33	11,51	16,71	49,57	1,88	0,93	134	0,0043	27,81	1,50
AMEP	4	RR	11,20	12,61	22,10	55,11	2,64	1,45	136	0,0067	39,23	1,52
AMEP	6	RR	12,78	14,65	24,31	63,68	3,01	1,92	138	0,0087	46,70	1,09
AMREP	0	RR	12,28	13,99	3,00	58,41	0,75	0,44	140	0,0019	7,88	0,00
AMREP	2	RR	10,75	12,04	3,00	50,27	0,75	0,38	142	0,0016	7,14	1,19
AMREP	4	RR	10,40	11,61	3,00	48,33	0,75	0,36	144	0,0016	6,93	1,24
AMREP	6	RR	12,40	14,16	3,00	59,05	0,75	0,44	146	0,0019	7,73	1,02

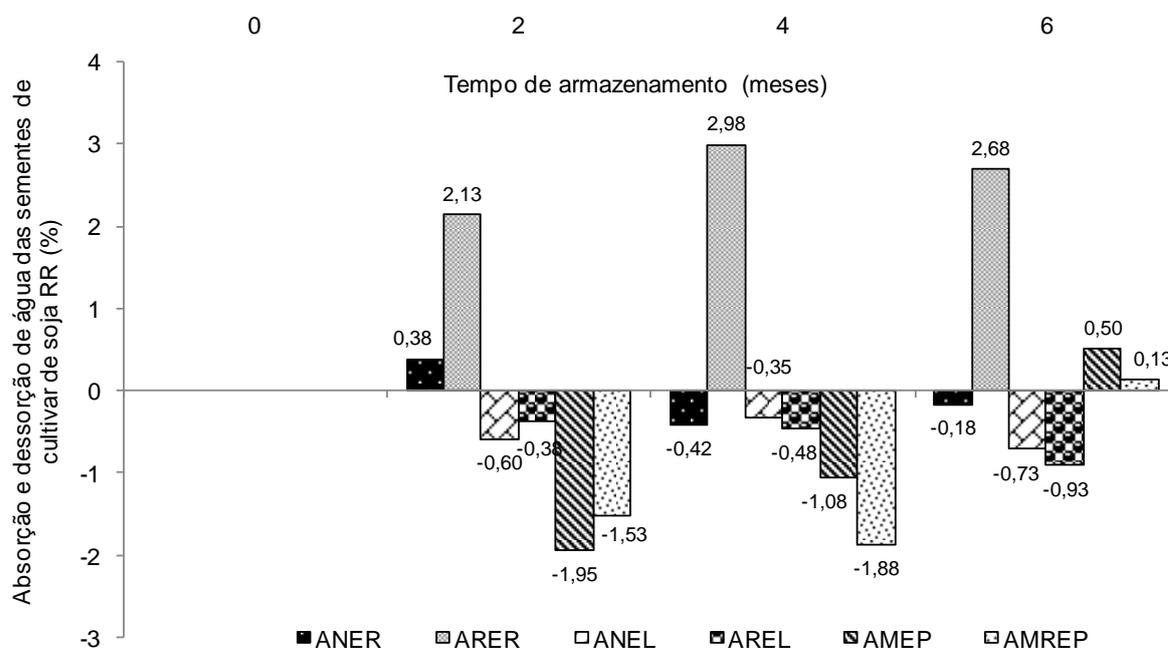
AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

No sistema ARER as sementes de soja absorveram umidade em até 2,98 p.p. aos quatro meses de armazenamento, enquanto que, no sistema AMEP e AMREP

as sementes reduziram os teores de água em até 1,95 p.p. aos dois meses e 1,88 p.p. aos quatro meses de armazenamento, respectivamente.

Figura 5 - Absorção e dessorção de água das sementes de cultivar de soja RR em função das diferentes condições, embalagens e tempo de armazenamento

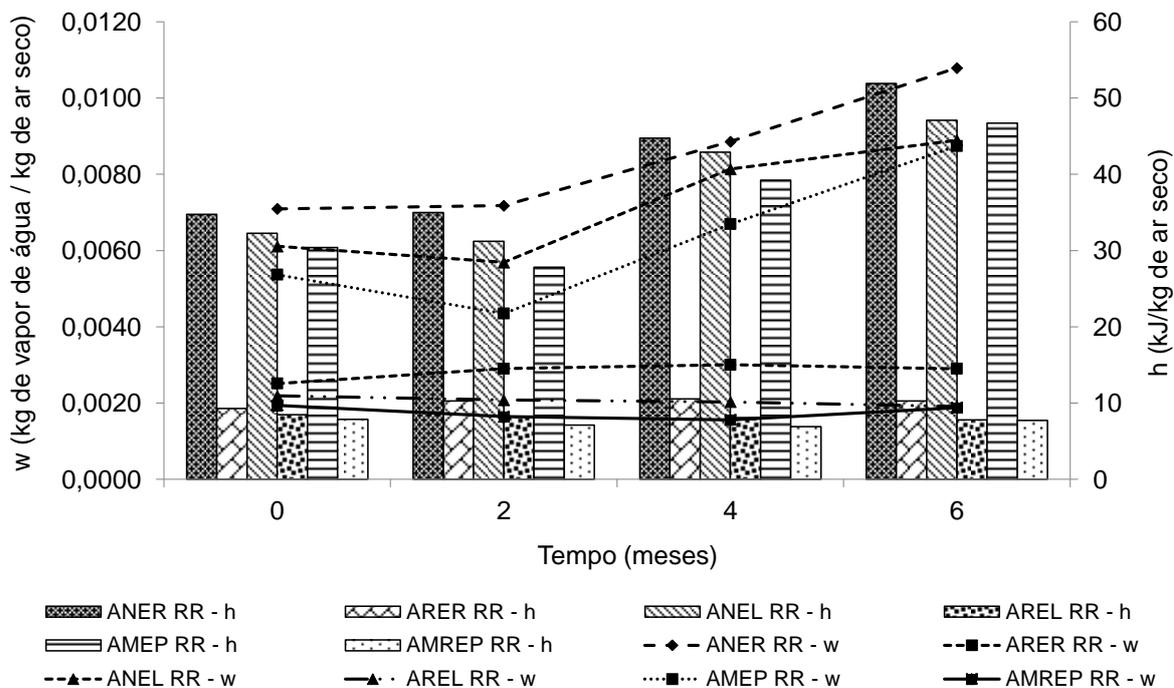


Fonte: Próprio autor.

Verificou-se, na Figura 6, no armazenamento de sementes da cultivar RR que no sistema de ANER a maior razão de umidade com aumento ao longo do tempo de armazenamento (0,0108 kg de vapor/kg de ar seco) e AMREP a menor razão de umidade permanecendo praticamente constante ao longo do tempo (0,0016 kg de vapor/kg de ar seco). A entalpia teve o mesmo comportamento da razão de mistura, em que o sistema ANER teve maior entalpia (51,90 kJ/kg de ar seco) e AMREP a menor entalpia (6,93 kJ/kg de ar seco). As razões das pressões de vapor dos ambientes de armazenamento e do ar intergranular mostraram que o AMEP teve os maiores valores (1,52 kPa), indicando que as pressões de vapor intergranulares foram baixas em relação ao ambiente. Ao contrário, foi observado para o ARER (0,83 kPa), quando as razões de pressão foram mais baixas, indicando que a pressão de vapor do ar intergranular foi elevada diminuindo a diferença em relação às pressões de vapor do ambiente. A partir do segundo mês de armazenamento as

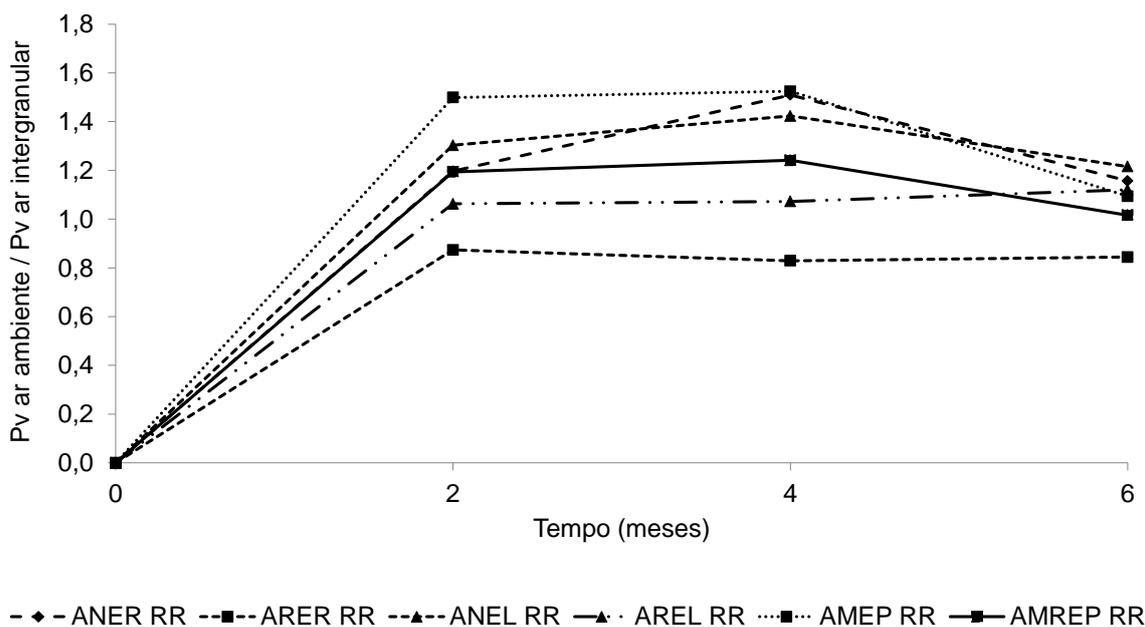
pressões de vapor mantiveram-se equilibradas nos ambientes de armazenamento e no ar intergranular (entre 0,8 e 1,5 kPa) (Tabela 6 e Figura 7).

Figura 6 - Razão de umidade e entalpia dos ambientes de armazenamento das sementes de soja RR



Fonte: Próprio autor.

Figura 7 - Relação de pressões de vapor do ar ambiente e do ar intergranular de armazenamento de sementes de soja RR



Fonte: Próprio autor.

Observou-se na Tabela 7 e Figura 8 que houve variações dos teores de água das sementes de soja RR2 armazenadas nas diferentes condições e embalagens de armazenamento, ao longo do tempo.

Tabela 7 - Caracterização das sementes de soja RR2 e dos ambientes de armazenamento

CA	TA (meses)	CL	U(bu) (%)	U(bs) (%)	T (°C)	UR (%)	Psat (kPa)	Pv (kPa)	Patm (kPa)	w (kg de vapor de água / kg de ar seco)	h (kJ/kg de ar seco)	Pv ar ambiente / Pv ar intergranular
ANER	0	RR2	12,18	13,86	16,71	59,66	1,88	1,12	101	0,0070	34,43	0,00
ANER	2	RR2	12,23	13,93	16,71	59,92	1,88	1,13	103	0,0069	34,16	1,24
ANER	4	RR2	10,88	12,20	22,10	53,31	2,64	1,40	105	0,0084	43,56	1,58
ANER	6	RR2	11,63	13,15	24,31	57,69	3,01	1,74	107	0,0102	50,48	1,21
ARER	0	RR2	12,18	13,86	3,00	57,89	0,75	0,43	109	0,0025	9,20	0,00
ARER	2	RR2	14,18	16,52	3,00	67,65	0,75	0,51	111	0,0028	10,12	0,89
ARER	4	RR2	14,15	16,48	3,00	67,54	0,75	0,50	113	0,0028	9,98	0,89
ARER	6	RR2	14,18	16,52	3,00	67,65	0,75	0,51	115	0,0027	9,87	0,89
ANEL	0	RR2	12,18	13,86	16,71	59,66	1,88	1,12	117	0,0060	32,01	0,00
ANEL	2	RR2	11,35	12,80	16,71	55,27	1,88	1,04	119	0,0055	30,64	1,34
ANEL	4	RR2	11,28	12,71	22,10	55,52	2,64	1,46	121	0,0076	41,50	1,51
ANEL	6	RR2	11,10	12,49	24,31	54,83	3,01	1,65	123	0,0084	45,92	1,27
AREL	0	RR2	12,18	13,86	3,00	57,89	0,75	0,43	125	0,0022	8,41	0,00
AREL	2	RR2	11,23	12,64	3,00	52,86	0,75	0,40	127	0,0019	7,86	1,14
AREL	4	RR2	11,20	12,61	3,00	52,72	0,75	0,39	129	0,0019	7,78	1,14
AREL	6	RR2	10,90	12,23	3,00	51,09	0,75	0,38	131	0,0018	7,56	1,17
AMEP	0	RR2	12,18	13,86	16,71	59,66	1,88	1,12	133	0,0053	30,17	0,00
AMEP	2	RR2	11,30	12,74	16,71	55,00	1,88	1,04	135	0,0048	28,94	1,35
AMEP	4	RR2	11,45	12,93	22,10	56,48	2,64	1,49	137	0,0068	39,53	1,49
AMEP	6	RR2	11,25	12,68	24,31	55,65	3,01	1,68	139	0,0076	43,72	1,25
AMREP	0	RR2	12,18	13,86	3,00	57,89	0,75	0,43	141	0,0019	7,80	0,00
AMREP	2	RR2	11,35	12,80	3,00	53,53	0,75	0,40	143	0,0017	7,38	1,12
AMREP	4	RR2	12,83	14,71	3,00	61,20	0,75	0,46	145	0,0020	7,94	0,98
AMREP	6	RR2	11,05	12,42	3,00	51,91	0,75	0,39	147	0,0016	7,13	1,16

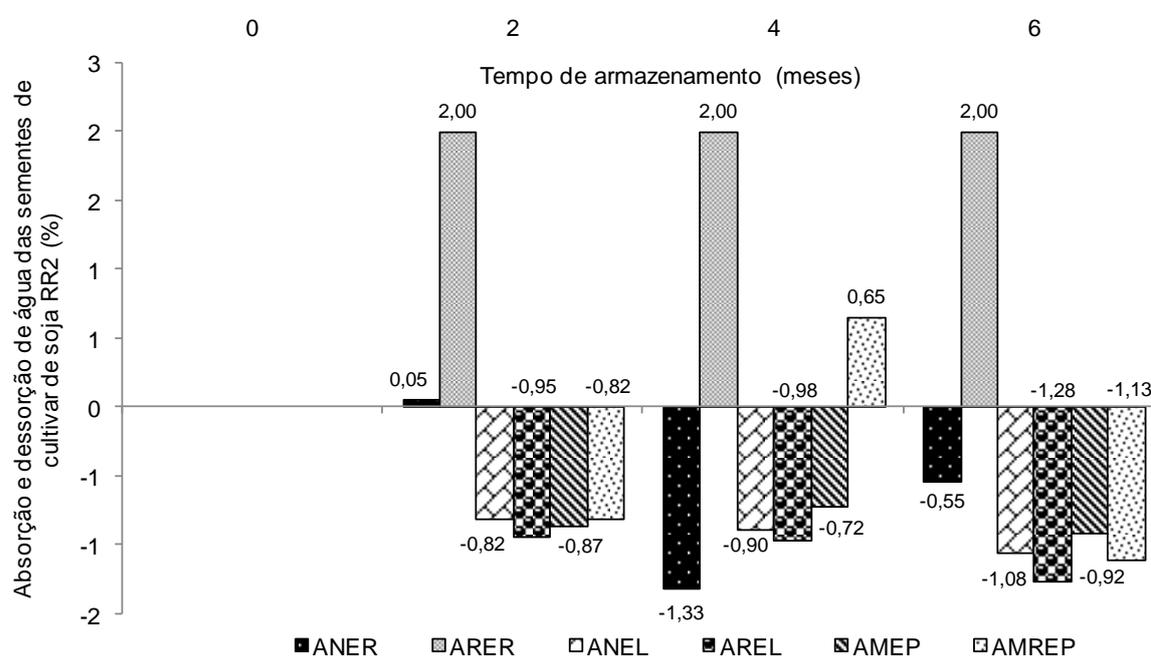
AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CA = Condição de Armazenamento; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico; TA = Tempo de Armazenamento.

Fonte: Próprio autor.

No ARER as sementes de soja absorveram umidade em até 2,00 p.p., permanecendo em equilíbrio higroscópico ao longo do tempo de armazenamento,

enquanto que nas demais condições de armazenamento influenciaram na redução dos teores de água das sementes em até 1,33 p.p. para o ANER. Virgolino et al. (2016) verificaram em estudos realizados com diferentes embalagens e condições de armazenamento durante 90 dias, maior conservação do teor de água e temperaturas nos lotes de sementes de soja armazenadas em big bags em ambientes climatizados, quando comparados as embalagens de papel kraft.

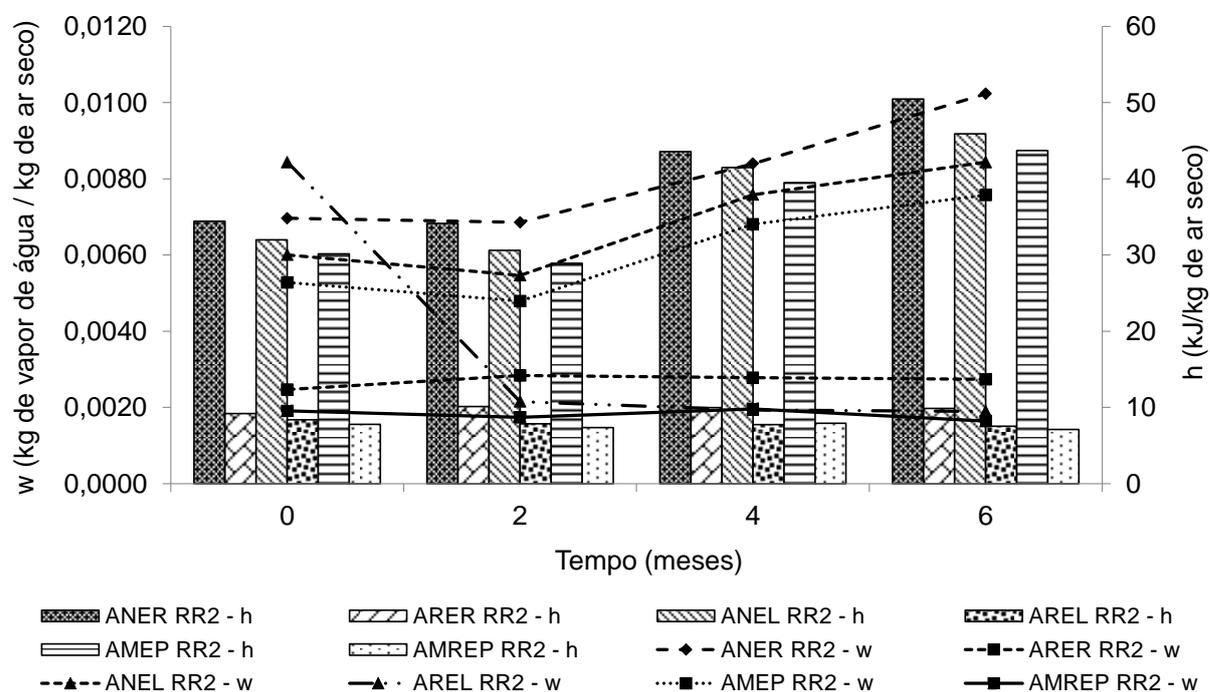
Figura 8 - Absorção e dessorção de água das sementes de cultivar de soja RR2 em função das diferentes condições, embalagens e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

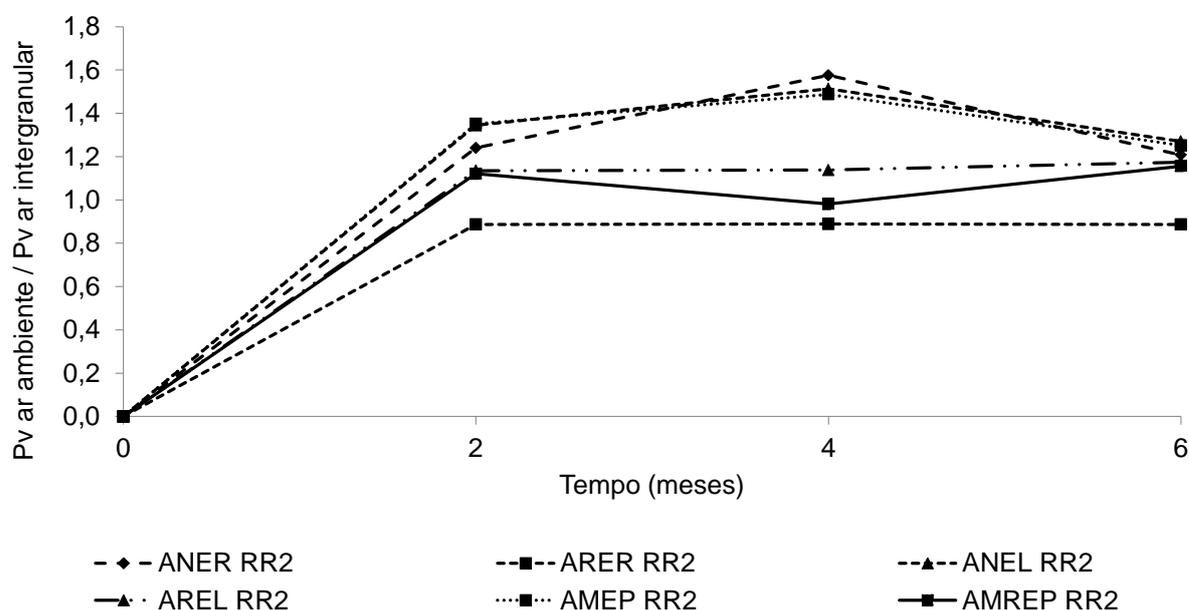
Observou-se na Figura 9 para o armazenamento de sementes da cultivar RR2 que no ANER teve a maior razão de umidade com aumento ao longo do tempo de armazenamento (0,0102 kg de vapor/kg de ar seco) e no AMREP a menor razão de umidade (0,0017 kg de vapor/kg de ar seco). A entalpia teve o mesmo comportamento da razão de mistura, em que o ANER teve maior entalpia (50,48 kJ/kg de ar seco) e AMREP a menor entalpia (7,13 kJ/kg de ar seco).

Figura 9 - Razão de umidade e entalpia dos ambientes de armazenamento das sementes de soja RR2



As razões das pressões de vapor dos ambientes de armazenamento e do ar intergranular mostraram que o ANER teve os maiores valores (1,58 kPa), indicando que as pressões de vapor intergranulares foram baixas em relação ao ambiente. Ao contrário foi observado para o ARER (0,89 kPa), quando as razões de pressão foram mais baixas, indicando que a pressão de vapor do ar intergranular foi elevada diminuindo a diferença em relação às pressões de vapor do ambiente. A partir do segundo mês de armazenamento as pressões de vapor mantiveram-se equilibradas nos ambientes de armazenamento e no ar intergranular (entre 0,89 e 1,58 kPa) (Tabela 4 e Figura 10).

Figura 10 - Relação de pressões de vapor do ar ambiente e do ar intergranular de armazenamento de sementes de soja RR2



Fonte: Próprio autor.

Conforme se observa na Tabela 8, o tempo de armazenamento e a interação condições de armazenamento e cultivares não foram significativas, enquanto que as demais fontes de variação tiveram significância a 1% de probabilidade.

Tabela 8 - Análise de variância dos teores de água (%) nas sementes de soja

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CA	5	150,085417	30,017083	45,954	0,0000**
TA	3	3,344538	1,114861	1,707	0,1682 ^{ns}
CL	1	6,020833	6,020833	9,218	0,0028**
CA x TA	15	71,009167	4,733944	7,247	0,0000**
CA x CL	5	0,955417	0,191083	0,293	0,9164 ^{ns}
TA x CL	3	13,996250	4,665417	7,142	0,0002**
CA x TA x CL	15	39,505	2,633667	4,032	0,0000**
Erro	144	94,06	0,653194	45,954	
Total corrigido	191	378,976667	30,017083	1,707	

CV = 6,37%

Média geral = 12,00

Número de observações = 192

**Significativo a 1% de probabilidade, *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não Significativo.

CA = Condição de armazenamento; CL = Cultivares; TA = Tempo de armazenamento.

Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos nas Tabelas 9 e 10 indicaram que os teores de água das sementes de soja variaram ao longo do tempo de armazenamento, com redução da umidade em até 8,35 p.p. nas condições de ANER, ANEL, AMEP, AREL, AMREP, influenciadas pelas maiores pressões de vapor do ar do ambiente de armazenamento em relação ao ar intergranular, sendo que os principais fatores influenciadores foram a temperatura e a umidade relativa do ar (Tabelas 5, 6 e 7), enquanto que na condição ARER observou-se um aumento dos teores de água, principalmente, nos seis meses de armazenamento em até 14,40%, quando a condição do ambiente de armazenamento estava com umidade relativa do ar acima de 70% (Tabelas 5, 6 e 7), independente da cultivar. Zuffo et al. (2017) estudando a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja colhidas em diferentes períodos e submetidas ao armazenamento em ambiente não climatizado durante 240 dias verificaram redução significativa do teor de água, devido à permeabilidade da embalagem que permitiu que as sementes entrassem em equilíbrio higroscópico com a umidade relativa do ar mais elevadas.

Tabela 9 - Avaliação dos teores de água (%) das sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar

CARM	RR				RR2			
	Zero	Dois	Quatro	Seis	Zero	Dois	Quatro	Seis
ANER	12,22 Aa	12,65 Aa	11,30 Bb	12,10 Ba	12,17 Aa	12,22 Aa	10,87 Cc	11,62 Bb
ANEL	12,22 Aa	11,67 ABb	11,92 Bab	11,55 Bb	12,17 Aa	11,35 Ab	11,27 BCb	11,10 Bb
AMEP	12,22 Aa	10,32 Bc	11,20 Bb	12,77 Ba	12,17 Aa	11,30 Ab	11,45 BCb	11,25 Bb
ARER	12,22 Ac	14,40 Ab	15,25 Aa	14,95 Ab	12,17 Ab	14,17 Ba	14,15 Aa	14,17 Aa
AREL	12,22 Aa	11,90 ABb	11,80 Bb	11,35 Bc	12,17 Ab	11,22 Ab	11,20 BCb	10,90 Bb
AMREP	12,22 Aa	10,75 Bb	10,40 Bb	12,40 Ba	12,17 Ab	11,35 Ac	12,82 BAa	8,35 Cd

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tempo de armazenamento, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

As sementes de soja armazenadas em embalagens com maior permeabilidade permitiram trocas com maior intensidade de umidade entre o ar ambiente e o ar intergranular ocasionando alterações na umidade de equilíbrio higroscópico das sementes durante o armazenamento, possibilitando maior deterioração e redução do

vigor e viabilidade do lote. Smaniotto et al. (2014) avaliando o armazenamento de sementes de soja com temperatura média de 27 °C, durante 180 dias de armazenamento, observaram uma redução do teor de água de 12, 13 e 14% (b.u.) para 11, 12 e 13% (b.u.), respectivamente, devido à permeabilidade da embalagem que permitiu a troca de vapor d'água com o ambiente.

Tabela 10 - Avaliação dos teores de água (%) das sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento

CARM	Zero		Dois		Quatro		Seis	
	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2
ANER	12,22 Aa	12,17 Aa	12,65 Ba	12,22 Bb	11,30 Ba	10,87 Cb	12,10 Ba	11,62 Bb
ANEL	12,22 Aa	12,17 Aa	11,67 CBa	11,35 Bb	11,92 Ba	11,27 BCb	11,55 Ba	11,10 Bb
AMEP	12,22 Aa	12,17 Aa	10,32 Cb	11,30 Ba	11,20 Ba	11,45 BCa	12,77 Ba	11,25 Bb
ARER	12,22 Aa	12,17 Aa	14,40 Aa	14,17 Ab	15,25 Aa	14,15 Ab	14,95 Aa	14,17 Ab
AREL	12,22 Aa	12,17 Aa	11,90 CBa	11,22 Bb	11,80 Ba	11,20 BCb	11,35 Ba	10,90 Bb
AMREP	12,22 Aa	12,17 Aa	10,75 Cb	11,35 Ba	10,40 Bb	12,82 BAa	12,40 Ba	8,35 Cb

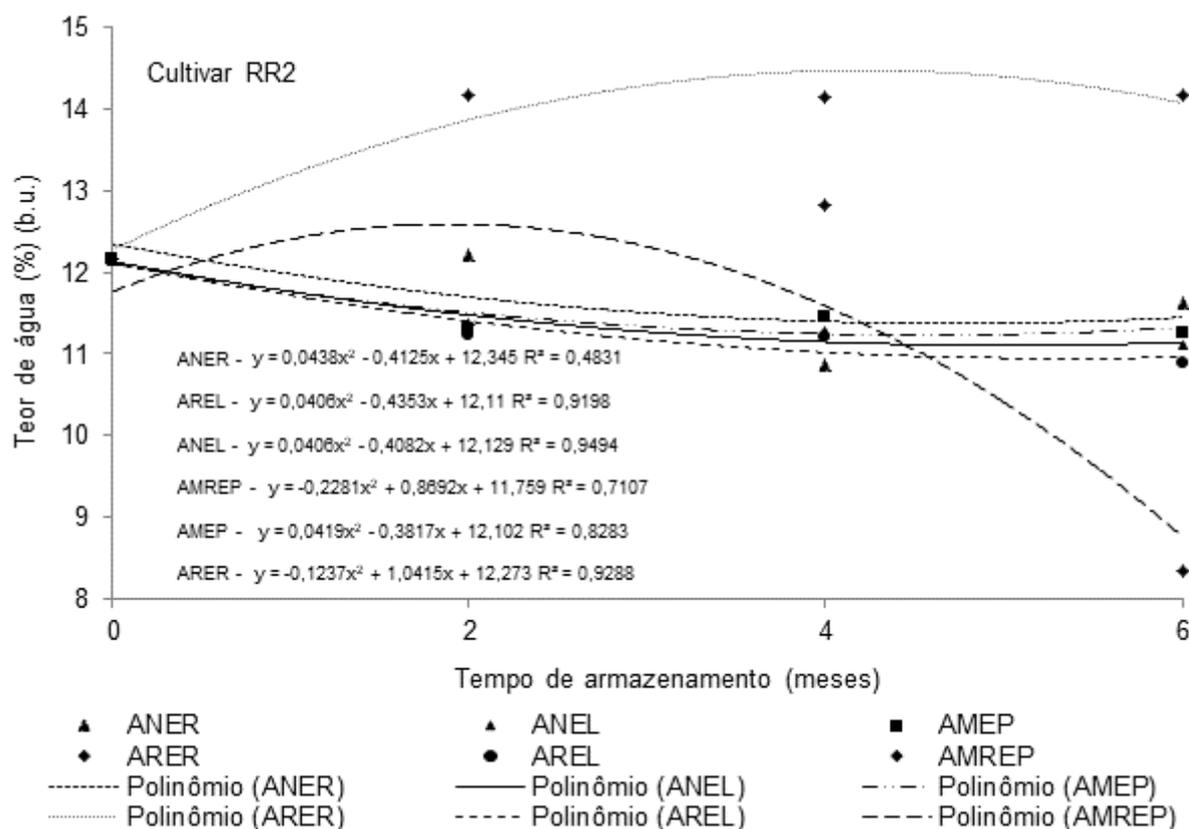
Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cultivar de soja, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Na análise de regressão, Figuras 11 e 12, observaram-se variações dos teores de água, para cada cultivar, em que a condição ARER e AMREP influenciou no aumento e redução dos teores de água, respectivamente.

Figura 12 - Teor de água (% b.u.) em sementes de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Em um estudo realizado por Filho et al. (2013) verificou-se que as sementes de soja com teor de água 12,5 (b.u.) submetidos ao armazenamento em condições de umidade e temperatura não controladas durante 180 dias, apresentaram um aumento no teor de água aos 45 e 180 dias. Porém houve uma redução aos 90 e 135 dias devido à variação da umidade relativa do ar, o que favoreceu os processos de sorção e consequentemente a flutuação do teor de água durante o período de armazenamento. Verificou-se na Tabela 11, na avaliação da massa específica aparente que houve diferença significativa a 1% de probabilidade para todos os tratamentos experimentais.

Tabela 11 - Análise de variância da massa específica aparente (kg/m³) de sementes de soja

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CA	5	5904,971719	1180,994344	15,144	0,0000**
TA	3	272131,634523	90710,544841	1163,178	0,0000**
CL	1	20261,068102	20261,068102	259,807	0,0000**
CA x TA	15	15172,050790	1011,470053	12,970	0,0000**
CA x CL	5	2535,832773	507,166555	6,503	0,0000**
TA x CL	3	13751,276723	4583,758908	58,777	0,0000**
CA x TA x CL	15	6563,320202	437,554680	5,611	0,0000**
Erro	144	11229,856300	77,985113		
Total corrigido	191	347550,011131			

CV = 1,21%,
Média geral = 728,0284375
Número de observações = 192

**Significativo a 1% de probabilidade, *Significativo a 5% de probabilidade.

CA = Condição de armazenamento; CL = Cultivares; TA = Tempo de armazenamento.

Fonte: Próprio autor.

Nos resultados observados nas Tabelas 12 e 13, a massa específica aparente aumentou ao longo do tempo de armazenamento (776,69 kg/m³) e diferenciou-se entre as cultivares, com a redução dos teores de água das sementes, prevalecendo os maiores valores para a cultivar RR.

Tabela 12 - Avaliação da massa específica aparente (kg/m³) das sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento

CARM	RR				RR2			
	Zero	Dois	Quatro	Seis	Zero	Dois	Quatro	Seis
ANER	661,39 Ac	738,4 Bb	746,35 Bb	774,62 Aa	667,60 Ac	730,66 Bb	725,20 Cb	750,20 Aa
ANEL	661,39 Ac	758,82 Ab	784,10 Aa	776,69 Aa	667,60 Ac	718,73 ABb	736,98 CBa	727,78 Ba
AMEP	661,39 Ac	755,66 ABb	754,19 Bb	775,80 Aa	667,60 Ac	723,77 Bb	775,26 Aa	731,96 Bb
ARER	661,39 Ad	754,71 ABb	739,80 Bc	760,51 Aa	667,60 Ad	701,86 Bc	721,380 Cb	738,91 ABa
AREL	661,39 Ac	754,91 ABb	782,41 Aa	771,63 Aa	667,60 Ac	714,08 ABb	746,51 Ba	740,13 ABa
AMREP	661,39 Ac	757,33 Bb	795,05 Aa	769,82 Ab	667,60 Ad	717,30 ABc	787,47 Aa	732,28 ABb

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tempo de armazenamento, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 13 - Avaliação da massa específica aparente (kg/m^3) das sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar

CARM	Zero		Dois		Quatro		Seis	
	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2
ANER	661,39 Aa	667,60 Aa	738,41 Ba	730,66 Ba	746,35 Ba	725,20 Cb	774,62 Aa	750,20 Ab
ANEL	661,39 Aa	667,60 Aa	758,82 Aa	718,73 ABb	784,10 Aa	736,98 CBb	776,69 Aa	727,78 Bb
AMEP	661,39 Aa	667,60 Aa	755,66 ABa	723,77 Bb	754,19 Ba	775,26 Ab	775,80 Aa	731,96 Bb
ARER	661,39 Aa	667,60 Aa	754,71 ABa	701,86 Bb	739,80 Ba	721,38 Cb	760,51 Aa	738,91 ABb
AREL	661,39 Aa	667,60 Aa	754,91 ABa	714,08 ABb	782,41 Aa	746,51 Bb	771,63 Aa	740,13 ABb
AMREP	661,39 Aa	667,60 Aa	757,33 Ba	717,30 ABb	795,05 Aa	787,47 Aa	769,82 Aa	732,28 ABb

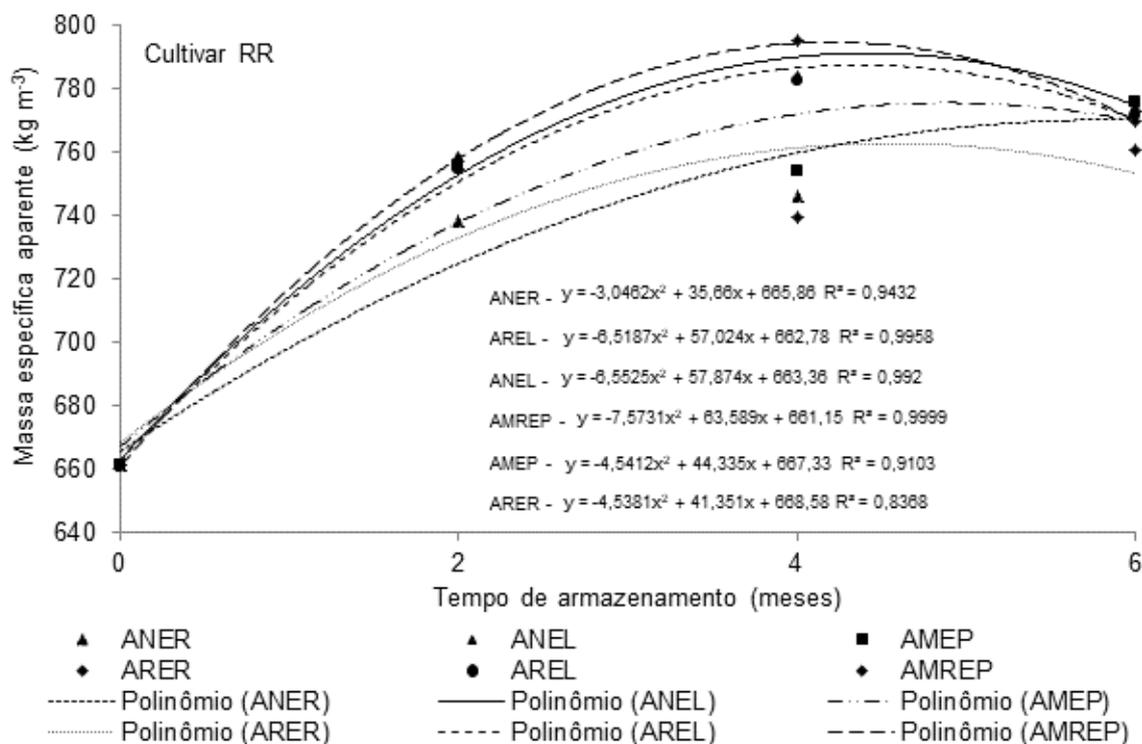
Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cultivar de soja, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenamento; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

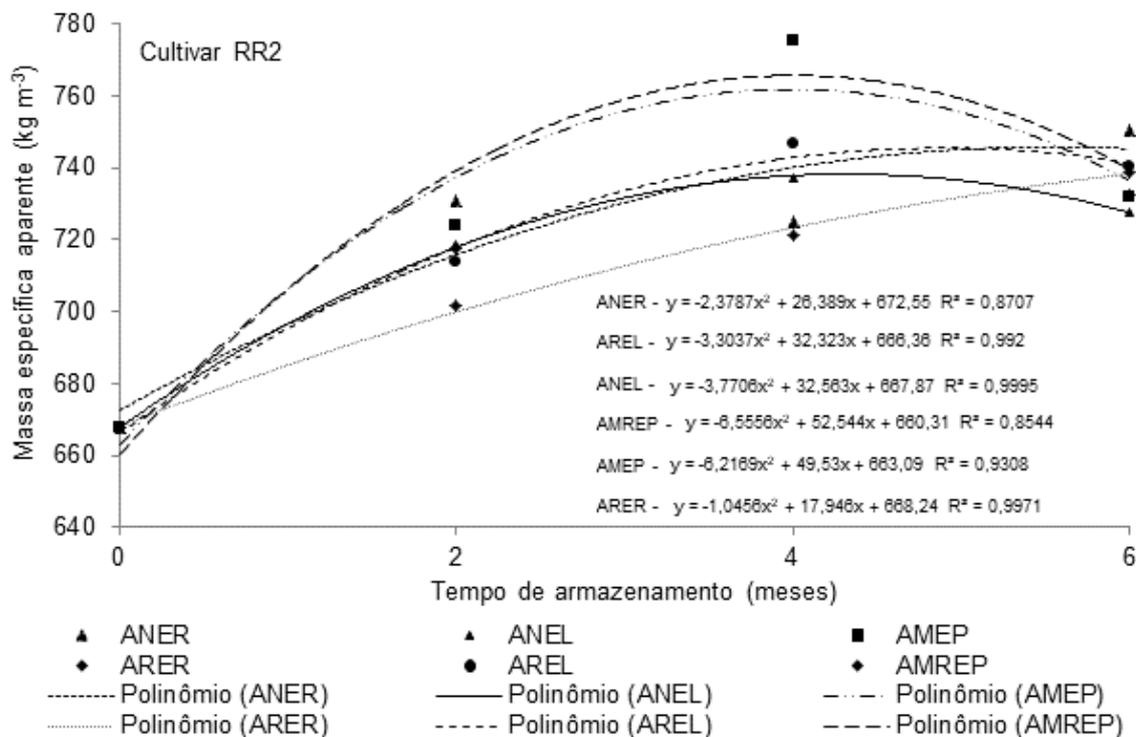
Nas Figuras 13 e 14, avaliando as condições de armazenamento ao longo do tempo, notou-se que os maiores valores de massa específica das sementes de soja da cultivar RR foram observados para o AMREP, AREL e ANEL e os menores valores para o ANER. Entretanto, na Figura 14, na avaliação da cultivar RR2 verificaram-se os maiores de massa específica aparente no AMREP e AMEP.

Figura 13 - Massa específica aparente (kg/m^3) de sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Figura 14 - Massa específica aparente (kg/m^3) de sementes de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Na análise de variância dos resultados do peso de mil sementes observou-se que os resultados foram significativos a 1 e 5% de probabilidade (Tabela 14).

Tabela 14 - Análise de variância para o peso de mil sementes (g) de soja

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CA	5	2169,283878	433,856776	26,360	0,0000**
TA	3	171,101893	57,033964	3,465	0,0179*
CL	1	16040,882826	16040,882826	974,618	0,0000**
CA x TA	15	4153,703154	276,913544	16,825	0,0000**
CA x CL	5	520,227903	104,045581	6,322	0,0000**
TA x CL	3	23962,039539	7987,346513	485,298	0,0000**
CA x TA x CL	15	1785,871095	119,058073	7,234	0,0000**
Erro	144	2370,044675	16,458644		
Total corrigido	191	51173,154962			

CV = 1,91%

Média geral = 211,87

Número de observações = 192

**Significativo a 1% de probabilidade, *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não Significativo.

CA = Condição de armazenamento; CL = Cultivares; TA = Tempo de armazenamento.

Fonte: Próprio autor.

Nas Tabelas 15 e 16, observou-se que o peso das sementes de cultivar de soja RR reduziu ao longo do tempo de armazenamento (191,39 g), enquanto que a cultivar RR2 ganhou massa (236,43 g), independente da condição de armazenamento. Entre as cultivares observou-se que as sementes da cultivar RR2 tiveram maior peso ao final do armazenamento, embora os pesos iniciais de armazenamento tenham sido inferiores.

Tabela 15 - Avaliação do peso de mil sementes (g) de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento

CARM	RR				RR2			
	Zero	Dois	Quatro	Seis	Zero	Dois	Quatro	Seis
ANER	223,13 Aa	195,70 ABb	195,56 BCb	192,62 Ab	203,53 Ab	232,02 ABa	226,82 ABa	228,03 Ca
ANEL	223,13 Aa	193,31 ABb	194,54 BCb	191,39 Ab	203,53 Ab	223,72 Ca	225,93 Ba	228,04 Ca
AMEP	223,13 Aa	188,51 Bb	226,94 Aa	195,35 ABb	203,53 Ab	227,85 ABCa	228,68 ABa	228,03 Ca
ARER	223,13 Aa	200,07 Ab	200,12 Bb	201,35 Ab	203,53 Ab	234,96 Ab	234,66 Ab	236,43 Bb
AREL	223,13 Aa	190,81 Bb	191,09 Cb	193,01 Bb	203,53 Ab	226,38 ABa	225,93 Ba	224,87 Ca
AMREP	223,13 Aa	190,87 Bb	189,50 Cb	196,07 ABb	203,53 Ab	225,40 ABa	196,96 Cb	228,04 BCb

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tempo de armazenamento, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de r fia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem r fia; CARM = Condi o de armazenagem; RR = Primeira Gera o de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Gera o de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 16 - Avalia o do peso de mil sementes (g) de soja em fun o das condi es de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento

CARM	Zero		Dois		Quatro		Seis	
	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2
ANER	223,13 Aa	203,53 Ab	195,70 ABb	232,02 ABa	195,56 BCb	226,82 ABa	192,62 Ab	228,03 Ca
ANEL	223,13 Aa	203,53 Ab	193,31 ABb	223,72 Ca	194,54 BCb	225,93 Ba	191,39 Ab	228,04 Ca
AMEP	223,13 Aa	203,53 Ab	188,51 Bb	227,85 ABCa	226,94 Aa	228,68 ABa	195,35 ABb	228,03 Ca
ARER	223,13 Aa	203,53 Ab	200,07 Ab	234,96 Ab	200,12 Bb	234,66 Aa	201,35 Ab	236,43 Ba
AREL	223,13 Aa	203,53 Ab	190,81 Bb	226,38 ABa	191,09 Cb	225,93 Ba	193,01 Bb	224,87 Ca
AMREP	223,13 Aa	203,53 Ab	190,87 Bb	225,40 ABa	189,50 Ca	196,96 Ca	196,07 ABb	228,04 BCa

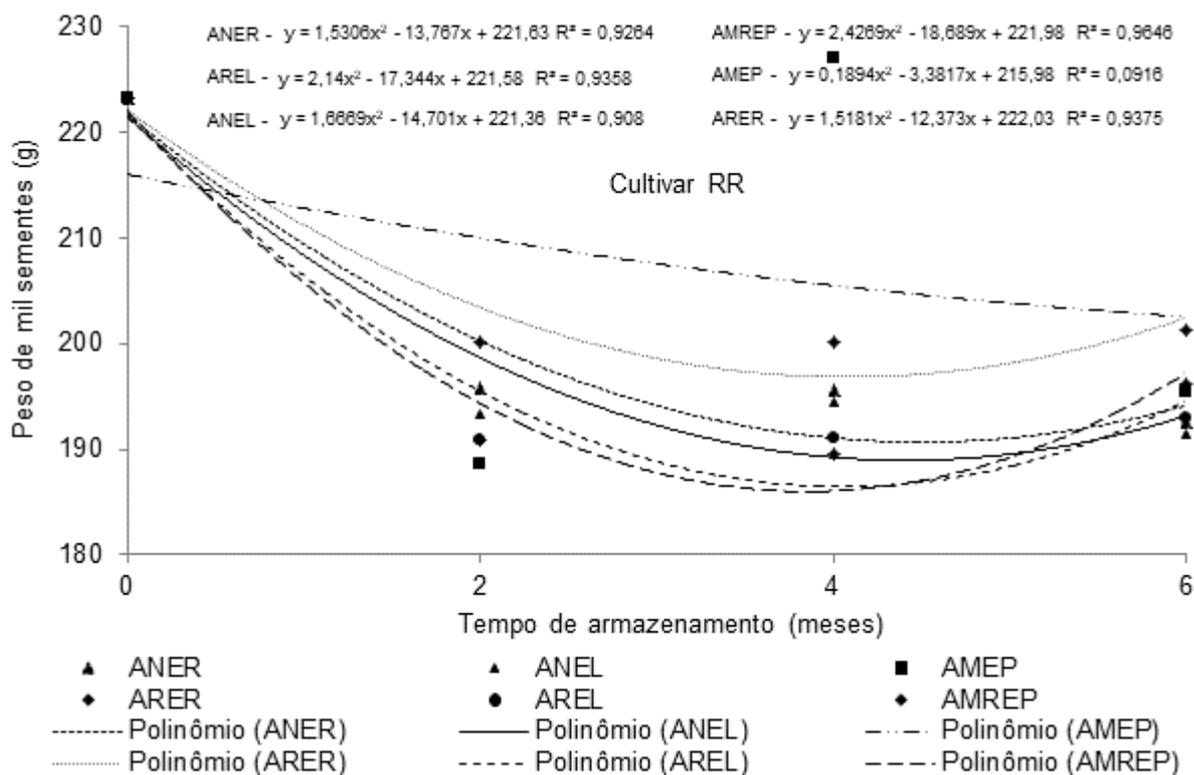
Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cultivar de soja, maiúsculas nas colunas para cada condi o de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de r fia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem r fia; CARM = Condi o de armazenagem; RR = Primeira Gera o de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Gera o de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 15, observou-se que o AMEP conservou o peso das sementes da cultivar RR, enquanto que, na condi o de ANREP as sementes tiveram os pesos reduzidos. Para a cultivar RR2 (Figura 16), verificou-se que a condi o ARER manteve os pesos das sementes de soja, enquanto que, na condi o ANREP influenciou na redu o da massa das sementes.

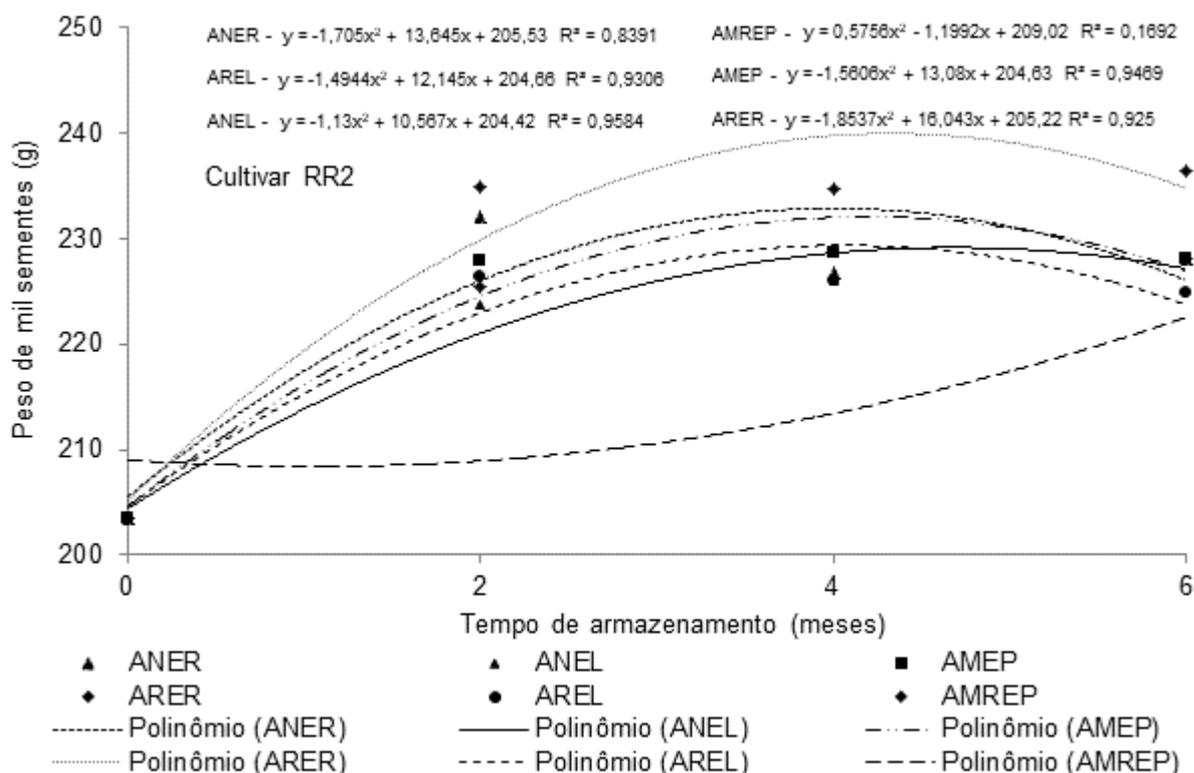
Figura 15 - Peso de mil de sementes (g) de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Segundo Haeberlin et al. (2016) em 180 dias de armazenamento de sementes de soja na temperatura de 35 °C e com teor de água inicial de 16%, houveram decréscimos constantes no peso de 1000 sementes devido ao mofo nos grãos observados nesta condição de temperatura, enquanto que, na temperaturas de 15 e 25 °C ocorreram acréscimos e decréscimos de massa devido às propriedades higroscópicas do grão.

Figura 16 - Peso de mil de sementes (g) de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Na análise de variância do teste de condutividade elétrica das sementes de soja, observou-se que, as funções de variações da condição de armazenamento, tempo de armazenamento, cultivares e a interação condições de armazenamento x tempo de armazenamento foram significativas a 1 e 5% de probabilidade, entretanto, as interações das condições de armazenamento x cultivares, tempo de armazenamento x cultivares, condição de armazenamento x tempo de armazenamento x cultivares não foram significativas (Tabela 17).

Tabela 17 - Análise de variância da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CA	5	36349,763067	7269,952613	26,615	0,0000**
TA	3	21151,013977	7050,337992	25,811	0,0000**
CL	1	1078,918852	1078,918852	3,950	0,0488*
CA x TA	15	38385,193804	2559,012920	9,368	0,0000**
CA x CL	5	1515,593367	303,118673	1,110	0,3579 ^{ns}
TA x CL	3	915,340560	305,113520	1,117	0,3443 ^{ns}
CA x TA x CL	15	2596,924271	173,128285	0,634	0,8432 ^{ns}
Erro	144	39334,283000	273,154743		
Total corrigido	191				
CV = 10,55%					
Média geral = 156,69					
Número de observações = 192					

**Significativo a 1% de probabilidade, *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não Significativo.

Fonte: Próprio autor.

Nas Tabelas 18 e 19, observou-se que o tempo de armazenamento aumentou significativamente a quantidade de íons lixiviados nas sementes de soja, independente da condição de armazenamento e cultivar, aumentando a condutividade elétrica de 137,45 para 206,83 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

Tabela 18 - Avaliação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento

CARM	RR				RR2			
	Zero	Dois	Quatro	Seis	Zero	Dois	Quatro	Seis
ANER	137,45 Ac	137,27 Bc	170,33 Ab	197,03 Aa	142,10 Ac	142,23 Bc	173,24 ABb	191,45 Aa
ANEL	137,45 Ac	172,34 Ab	174,90 Ab	186,61 Aa	142,10 Ab	182,45 Aa	186,56 Ba	176,37 ABa
AMEP	137,45 Ac	171,65 Ab	163,12 Ab	206,82 Aa	142,10 Ac	155,34 ABc	172,20 ABb	206,45 Aa
ARER	137,45 Aa	118,63 Bb	119,81 Bb	116,34 Bb	142,10 Aa	138,23 Ba	143,18 Ba	118,89 Db
AREL	137,45 Ab	145,61 ABb	155,51 Aa	143,45 Bb	142,10 Ab	164,15 ABa	167,34 ABa	157,65 BCa
AMREP	137,45 Ab	175,71 Aa	179,09 Aa	141,89 Bb	142,10 Ab	155,34 ABb	190,65 Ba	141,32 ABb

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tempo de armazenamento, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Comparando-se entre as cultivares, notou-se que a RR (197,03 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) teve maiores valores de condutividade elétrica em relação a RR2 (118,89 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). Zuchi et al. (2013) avaliaram a estrutura das membranas celulares de sementes de soja armazenadas em ambiente refrigerado e não climatizado utilizando o teste de condutividade elétrica. Os autores observaram nos resultados obtidos menores valores de íons lixiviados em sementes armazenadas com refrigeração, sendo um indicativo de organização dos tecidos celulares das sementes.

Tabela 19 - Avaliação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar

CARM	Zero		Dois		Quatro		Seis	
	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2
ANER	137,45 Aa	142,10 Aa	137,27 Ba	142,23 Ba	170,33 Aa	173,24 ABa	197,03 Aa	191,45 Aa
ANEL	137,45 Aa	142,10 Aa	172,34 Aa	182,45 Aa	174,90 Aa	186,56 Ba	186,61 Aa	176,37 ABa
AMEP	137,45 Aa	142,10 Aa	171,65 Aa	155,34 ABb	163,12 Ab	172,20 ABa	206,82 Aa	206,45 Aa
ARER	137,45 Aa	142,10 Aa	118,63 Bb	138,23 Ba	119,81 Bb	143,18 Ba	116,34 Bb	118,89 Db
AREL	137,45 Aa	142,10 Aa	145,61 ABb	164,15 ABa	155,51 Ab	167,34 ABa	143,45 Ba	157,65 BCa
AMREP	137,45 Aa	142,10 Aa	175,71 Aa	155,34 ABb	179,09 Ab	190,65 Ba	141,89 Ba	141,32 ABa

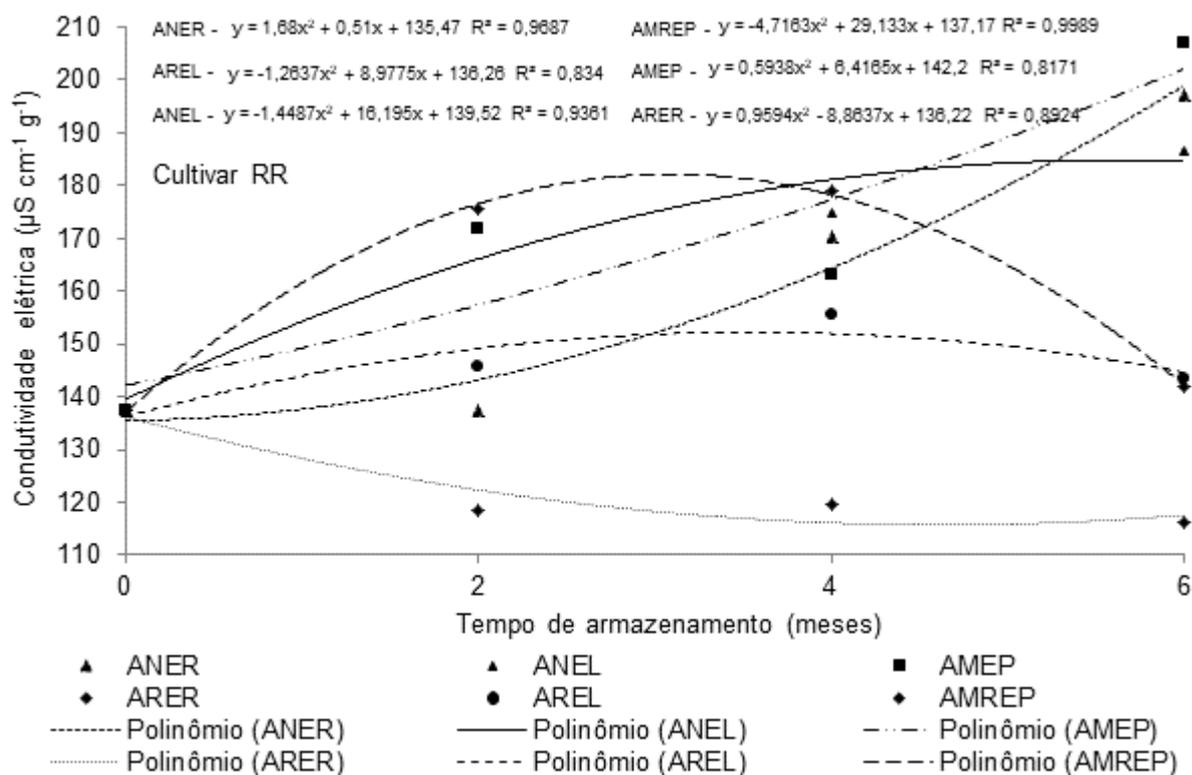
Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cultivar de soja, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Verificou-se nas Figuras 17 e 18, entre as condições de armazenamento que o AMEP e o ANER tiveram os maiores valores de condutividade elétrica, enquanto que, o ARER teve os menores valores de condutividade elétrica para ambas as cultivares RR e RR2. Smaniotto et al. (2014) estudaram a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições e observaram que no armazenamento das sementes com teores de água de 12% (b.u.) em ambiente natural houve redução dos valores de condutividade elétrica em comparação aos teores de água de 13 e 14% (b.u.), sendo um bom indicativo para a conservação da qualidade fisiológica.

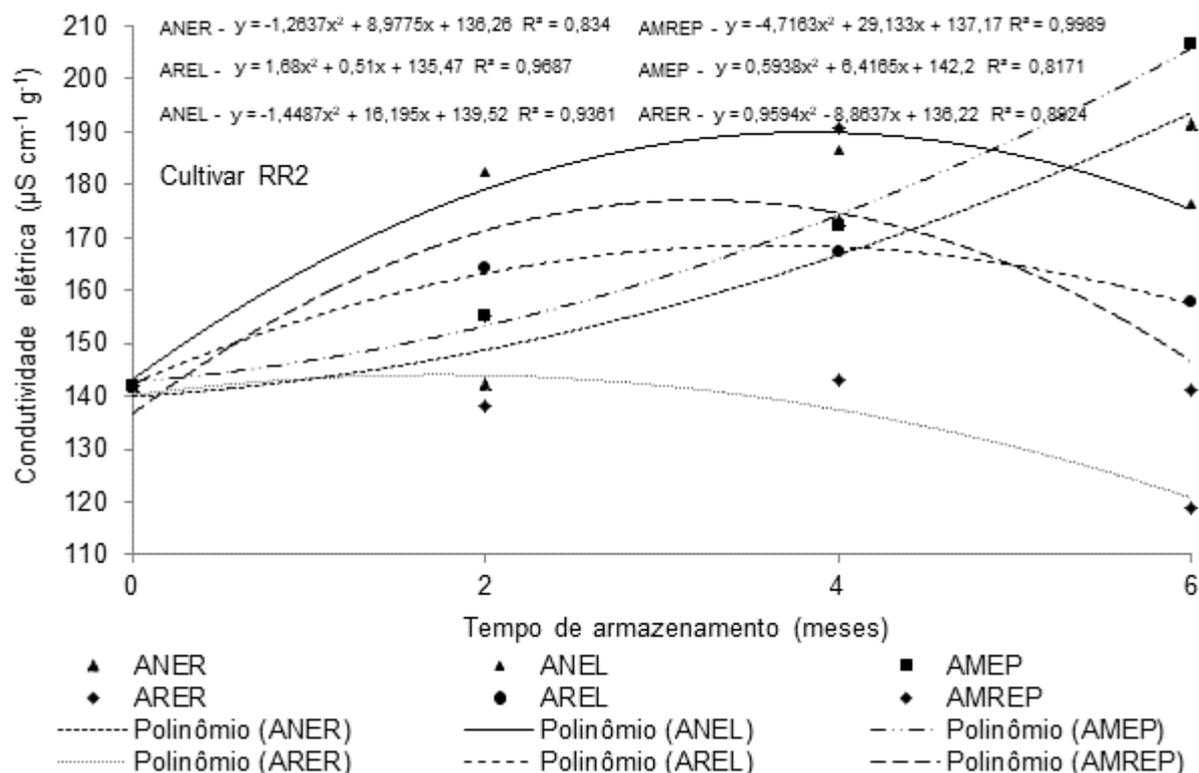
Figura 17 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Virgolino et al. (2016) e Ferreira et al. (2017) verificaram que as sementes armazenadas em embalagens de kraft em ambiente natural tiveram maiores valores de condutividade elétrica do que as sementes armazenadas em *big bags* com ambientes refrigerados. No entanto, Carvalho et al. (2016) observaram que sementes de soja armazenadas em ambiente não refrigerado durante 210 dias tiveram maior lixiviação de solutos, resultando em maiores leituras no teste de condutividade elétrica e redução da qualidade das sementes ao final do armazenamento.

Figura 18 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja da cultivar RR2 em função de diferentes condições e tempo de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

Neves et al. (2016) observaram em lotes de sementes de soja com resultados de condutividade elétrica em torno de $70\text{-}80 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, foram sujeitos a danos mecânicos e quando submetidas ao armazenamento podem apresentar baixo percentual de germinação. Paraginski et al. (2015) estudando a qualidade de grãos de milho durante 12 meses de armazenamento em ambiente climatizado, verificaram que nas temperaturas de 5 e 15 °C não foi observado aumento da condutividade elétrica, enquanto que na temperatura de 25 °C teve um aumento gradual, porém na temperatura de 35 °C observaram-se maiores valores de condutividade elétrica, já nos primeiros 3 meses de armazenamento. De acordo com Carvalho et al. (2016), as sementes de soja armazenadas em embalagens de papel multifoliado, *big bag* e polipropileno tiveram um aumento da condutividade elétrica pela liberação de exsudatos, indicando maior deterioração das sementes ao longo do tempo de armazenamento.

Na avaliação do teste de germinação nas sementes de soja, com exceção da interação tempo de armazenamento x cultivares, todas as funções de variação foram significativas a 1% de probabilidade (Tabela 20).

Tabela 20 - Análise de variância da germinação (%) das sementes de soja

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CA	5	665,651042	133,130208	5,721	0,0001**
TA	3	1142,265625	380,755208	16,363	0,0000**
CL	1	619,921875	619,921875	26,641	0,0000**
CA x TA	15	1317,953125	87,863542	3,776	0,0000**
CA x CL	5	594,734375	118,946875	5,112	0,0002**
TA x CL	3	126,265625	42,088542	1,809	0,1482 ^{ns}
CA x TA x CL	15	1717,203125	114,480208	4,920	0,0000**
Erro	144	3350,750000	23,269097		
Total corrigido	191	9534,744792			
CV = 5,04%					
Média geral = 95,63					
Número de observações = 192					

**Significativo a 1% de probabilidade, *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não Significativo.

De acordo com as Tabelas 21 e 22, observou-se que o percentual de germinação de sementes de cultivares de soja RR e RR2 reduziu ao longo do tempo de armazenamento de 99% a até 67,50%. Entre as cultivares, verificou-se que a RR2 manteve maior percentual de germinação que a RR ao final dos seis meses de armazenamento. Em um estudo realizado por Smaniotto et al. (2014) com a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas, os autores verificaram que as sementes de soja com teores de água de 12, 13 e 14% (b.u.) resfriadas artificialmente a 20 °C mantiveram o poder germinativo das sementes até os 180 dias de armazenamento.

Tabela 21 - Avaliação da germinação (%) das sementes de soja em função das condições de armazenamento e cultivares para cada tempo de armazenamento

CARM	RR				RR2			
	Zero	Dois	Quatro	Seis	Zero	Dois	Quatro	Seis
ANER	95,50 Aa	97,25 Aa	85,50 Ac	89,50 BCb	99,00 Aa	100,00 Aa	95,00 ABb	95,00 Bb
ANEL	95,50 Aa	97,15 Aa	91,00 ABb	87,00 Bc	99,00 Aa	100,00 Aa	99,00 Aa	97,50 Ab
AMEP	95,50 Aa	96,30 Aa	97,50 Ba	67,50 Cb	99,00 Aa	100,00 Aa	93,00 ABc	97,50 Ab
ARER	95,50 Ab	99,23 Aa	97,50 Ba	99,00 Aa	99,00 Aa	99,50 Aa	98,50 Aa	99,50 Aa
AREL	95,50 Ab	99,50 Aa	90,50 ABc	98,00 Aa	99,00 Aa	99,50 Aa	98,50 Aa	99,50 Aa
AMREP	95,50 Aa	97,00 Aa	91,00 ABb	98,00 Aa	99,00 Aa	99,00 Aa	86,00 Bb	87,25 Cb

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tempo de armazenamento, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Segundo Zuffo et al. (2017), o armazenamento em ambiente não climatizado de sementes de soja durante 240 dias provocou a redução do poder germinativo das sementes, registrando valores abaixo do padrão de comercialização. Carvalho et al. (2014) verificaram que o percentual de germinação de sementes de cultivares de soja submetidas ao armazenamento em ambiente não climatizado durante 210 dias reduziu significativamente, ficando abaixo dos padrões de comercialização.

Tabela 22 - Avaliação da germinação (%) das sementes de soja em função das condições e tempo de armazenamento para cada cultivar

CARM	Zero		Dois		Quatro		Seis	
	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2	RR	RR2
ANER	95,50 Ab	99,00 Aa	97,50 Ab	100,00 Aa	85,50 Ab	95,00 Aba	89,50 BCb	95,00 ABa
ANEL	95,50 Ab	99,00 Aa	97,50 Ab	100,00 Aa	91,00 ABb	99,00 Aa	87,00 Bb	97,50 Aa
AMEP	95,50 Ab	99,00 Aa	96,00 Ab	100,00 Aa	97,50 Ba	93,00 ABb	67,50 Cb	97,50 Aa
ARER	95,50 Ab	99,00 Aa	99,50 Aa	99,50 Aa	97,50 Ba	98,50 Aa	99,00 Aa	99,50 Aa
AREL	95,50 Ab	99,00 Aa	99,50 Aa	99,50 Aa	90,50 ABb	98,50 Aa	98,00 Aa	99,50 Aa
AMREP	95,50 Ab	99,00 Aa	97,00 Ab	99,00 Aa	91,00 ABa	86,00 Bb	98,00 Aa	87,25 Bb

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cultivar de soja, maiúsculas nas colunas para cada condição de armazenamento.

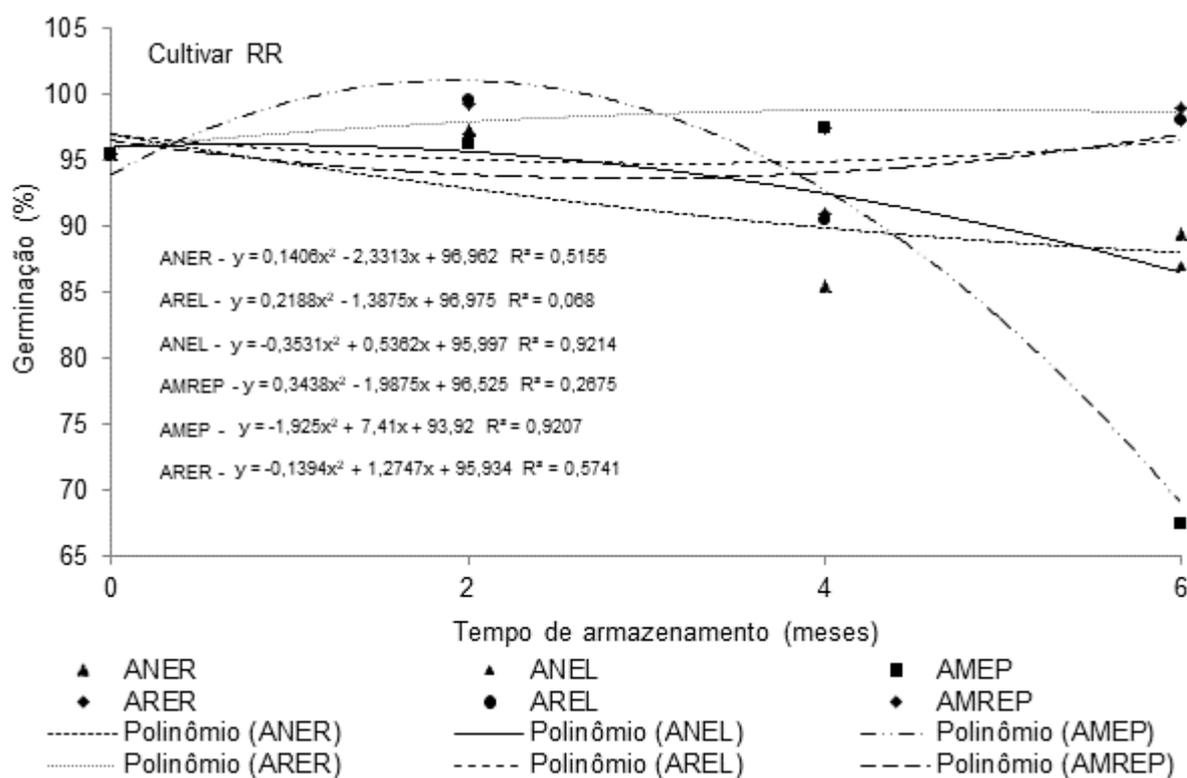
AMEP = Atmosfera modificada embalagem polietileno; AMREP = Atmosfera modificada refrigerada embalagem polietileno; ANEL = Atmosfera natural embalagem laminada; ANER = Atmosfera natural embalagem de rafia; AREL = Atmosfera refrigerada embalagem laminada; ARER = Atmosfera refrigerada embalagem rafia; CARM = Condição de armazenagem; RR = Primeira Geração de Soja Transgênico; RR2 PRO = Terceira Geração de Soja Transgênico.

Fonte: Próprio autor.

Na avaliação da germinação das sementes RR nas diferentes condições de armazenamento (Figuras 19 e 20), verificou-se que o ARER, AREL e o AMREP conservaram a qualidade das sementes, constantemente, com alto percentual de germinação ao longo do tempo de armazenamento (acima de 90%), ao contrário ocorreu para as condições de AMEP, ANEL e ANER, as quais influenciaram na redução do percentual de germinação das sementes até 67,50%. Cardoso et al. (2012) e Bessa et al. (2015) avaliaram o potencial fisiológico de sementes de crambe no armazenamento em embalagens de sacaria de polipropileno trançado, metálica, garrafa plástica tipo PET e caixa de isopor, durante 270 dias. Segundo o que os autores observaram, o armazenamento em embalagem PET teve redução dos teores de água nas sementes ao final do tempo de armazenamento, enquanto que, a embalagem metálica obteve os melhores resultados de germinação.

Em geral, a qualidade fisiológica das sementes de crambe diminuiu com o avanço do tempo de armazenamento. Analisando os resultados de germinação das sementes da cultivar RR2, observou-se que as condições AREL, ARER, ANEL, AMEP e ANER mantiveram a qualidade de germinação das sementes acima de 94% até o final do período de armazenamento, enquanto que, a condição AMREP teve os menores resultados de germinação, chegando a 85% ao final dos seis meses de armazenamento.

Figura 19 - Germinação (%) de sementes de soja da cultivar RR em função de diferentes condições e tempo de armazenamento

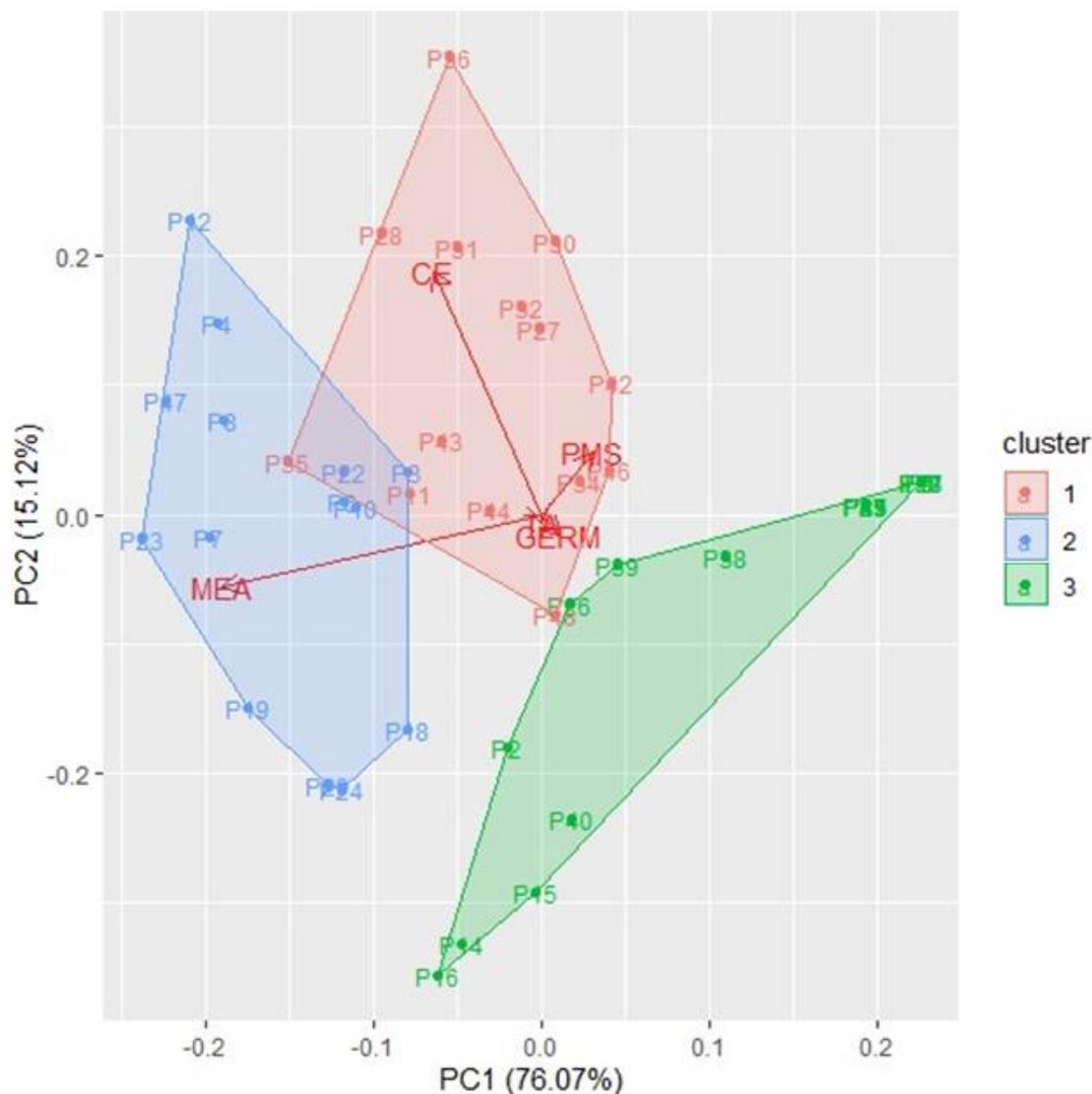


Fonte: Próprio autor.

Por outro lado, Zuchi et al. (2013) verificaram efeitos benéficos da refrigeração quando avaliaram a germinação de sementes de soja armazenadas em diferentes condições. Segundo os autores durante os 120 dias de armazenamento não houve danos mecânicos nas sementes submetidas à refrigeração, testados via tetrazólio, obtendo-se resultados positivos de viabilidade e vigor. Filho et al. (2013) experimentaram secar sementes de soja com temperatura do ar de 40 °C e encontraram resultados positivos ao longo do armazenamento em ambiente não climatizado durante 180 dias, quando as sementes se mantiveram com um poder germinativo de 80%, ficando um percentual aceitável dentro do padrão de comercialização de sementes. Enquanto que, Virgolino et al. (2016) e Camilo et al. (2017) observaram maior percentual de sementes de soja germinadas quando armazenadas em ambientes resfriados artificialmente em embalagens de *big bags*, quando comparados ao armazenamento em embalagens de papel de Kraft em ambientes não climatizados.

melhores resultados da primeira contagem da germinação foram obtidos nas sementes de feijão carioca armazenadas a 20 °C, enquanto que, os resultados do teste de germinação acompanharam essa tendência, bem como os resultados de condutividade elétrica, as quais tiveram resultados de 58,56 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ em sementes armazenadas em ambiente não climatizado e 55,90 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ para sementes armazenadas em ambientes climatizados, no período de 18 meses. Sarath et al. (2016) estudado o potencial fisiológico de sementes de amendoim submetidas a secagem a 40 °C, obtiveram 96% de germinação após 150 dias de armazenamento. Paraginski et al. (2015) avaliaram a qualidade de grãos de milho armazenados em temperaturas climatizadas a 5, 15, 25 e 35 °C ao longo de 12 meses de armazenamento, quando observaram-se em todas as temperaturas uma redução do percentual de germinação. Nas temperaturas de 5 e 15 °C ocorreram os melhores resultados de germinação, na temperatura de 25 °C teve uma redução de 13,24 p.p. mantendo-se com 73,75% de germinação até o final dos 12 meses, enquanto que, na temperatura de 35 °C o percentual de germinação reduziu para 0% em 90 dias de armazenamento. Enquanto que, Carvalho et al. (2016) em estudos realizados com o armazenamento de sementes de soja em embalagens de papel multifoliado, *big bag* e polipropileno observaram que as sementes tiveram um desempenho similar quanto a redução da germinação e vigor, diferindo apenas entre os períodos de avaliação ao longo dos 8 meses de armazenamento.

Figura 21 - Análise de PCA e agrupamento das condições, embalagens e tempo de armazenamento para as sementes de cultivares de soja RR e RR2, quanto à qualidade física e fisiológica



Fonte: Próprio autor.

Nas análises de PCA e agrupamento (Figura 21) das condições, embalagens e tempo de armazenamento para as sementes de cultivares de soja RR e RR2, quanto à qualidade física e fisiológica observou-se a formação de três grupos distintos, sendo o grupo 1 (*cluster 1*) formado por P11, P26, P27, P28, P30, P31, P32, P34, P35, P42, P43, P44, P46 e P48, distinguindo-se a avaliação da germinação, o teste de condutividade elétrica e o peso de mil sementes, enquanto que o grupo 2 (*cluster 2*) foi formado por P3, P4, P6, P7, P8, P10, P12, P17, P18, P19, P22, P23, P24 sobressaindo-se a análise da massa específica aparente e o grupo 3 (*cluster 3*) foi

formado por P1, P2, P5, P9, P13, P14, P15, P16, P20, P21, P25, P26, P29, P33, P37, P38, P39, P40, P41, P45, P47 onde nenhuma variável se destacou.

Entre os grupos 1 e 2 evidenciou-se uma distinção de agrupamentos, em que a cultivar RR2 desempenhou uma melhor resposta para a germinação, condutividade elétrica e peso de mil sementes e a cultivar RR2 para a massa específica aparente. No agrupamento 1 destacou-se P11, diferenciando-se das demais condições, enquanto que, no agrupamento 2 não houve distinção. Analisando os grupos 2 e 3, verificou-se que o efeito do tempo de armazenamento de 2, 4 e 6 meses aproximaram os resultados das variáveis de germinação, condutividade elétrica, peso de mil sementes e massa específica aparente. Observou-se nos grupos 1 e 2 que houve intersecção de algumas condições, indicando P6, P8, P10, P11, P22, P35 como repostas similares para todas as variáveis. No agrupamento 3, a maioria das respostas obtidas foi em função do tempo zero de armazenamento, onde todos os tratamentos iniciais foram iguais, estendendo-se para algumas variáveis até os dois meses de armazenamento e eventualmente para outras, até os 4 meses.

6 CONCLUSÕES

Nas condições de armazenamento em ambiente natural em embalagem laminada e atmosfera refrigerada em embalagem laminada obtiveram os melhores resultados de qualidade física e fisiológica das sementes.

As embalagens de rafia e polietileno nas condições de armazenamento com atmosfera refrigerada e modificada não conservaram a qualidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento.

As sementes de soja mantiveram melhor a qualidade física e fisiológica ao longo do tempo de armazenamento em atmosfera natural com embalagem laminada e atmosfera refrigerada em embalagem laminada.

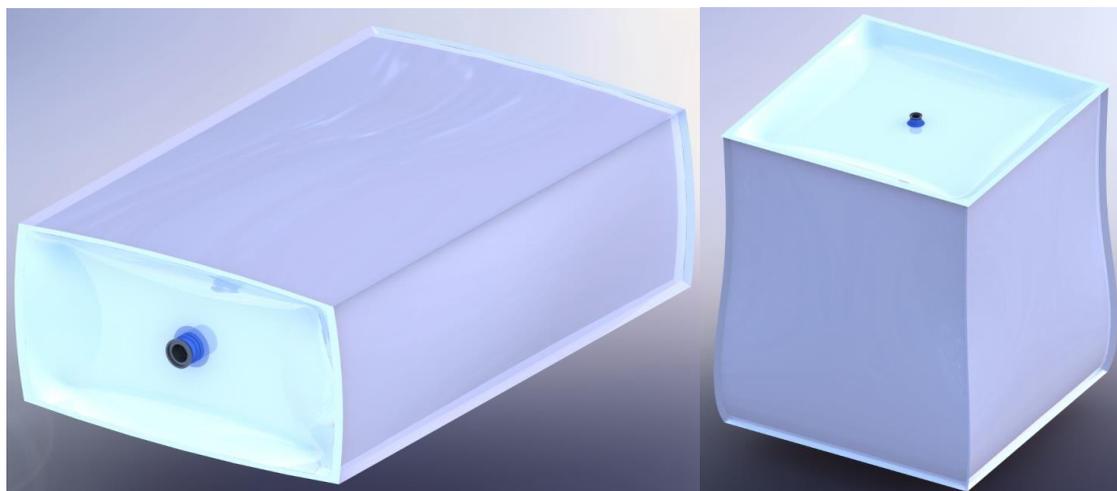
As sementes da cultivar RR conservam-se com melhor qualidade fisiológica, enquanto que, as sementes da cultivar RR2 mantiveram-se com maior massa específica aparente durante o tempo de armazenamento.

Concluiu-se que o uso de embalagens laminadas em ambiente natural foi a melhor alternativa para o armazenamento de sementes de soja ao longo de seis meses, equiparando-se quanto à qualidade, no armazenamento em embalagem laminada com ambiente refrigerado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentemente de outros países produtores de soja, a qual possuem no período de entressafra condições climáticas favoráveis para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, por um período maior, no Brasil necessita-se enfrentar as condições adversas climáticas (temperatura e umidade relativa) para garantir que os lotes de sementes mantenham um percentual de germinação até a semeadura. Desta forma, entende-se que é fundamental encontrar soluções que possam auxiliar no controle das condições de armazenagem, atendendo os padrões especificados para a comercialização de sementes. Conforme as conclusões do estudo realizado, propõe-se um sistema alternativo para o armazenamento de sementes de soja em *big bags* laminados com baixa permeabilidade (Figura 22), que promova trocas gasosas de vapor de água e calor, entre as sementes e o meio de armazenamento.

Figura 22 - Modelos de embalagens de *big bags* laminados para o armazenamento de sementes de soja



Fonte: Próprio autor.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e microflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 554-560, 2012.

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

ALVAREZ, M. F. Revisión: Envasado activo de los alimentos. **Food Science and Technology International**, v. 6, n. 2, p. 97-108. 2000.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/2810640/Embalagens/dc38bf4-15c0-4340-b9f8-63419742a5d8>>. Acesso em 8 de novembro de 2019.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, p. 273-294, 2018.

ATUNGULU, G. G.; OLATUNDE, G. A.; Assessment of New In-Bin Drying and Storage Technology for Soybean Seed. **Drying Technology**, v. 36 n. 5, 2017.

BARÃO, M. Z. **Embalagens para produtos alimentícios**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2011.

BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; MIGLIORINI, P.; SANGIOGO, M; KOCH, F. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes salvas de soja da região norte do Rio Grande do Sul. **Revistas Agrarian**. v. 9, n. 31, p. 1-10, 2016.

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

BEULTER, N. A.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P.; BARBOSA, J. C.; Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 639-645, 2006.

BRASIL. Instrução Normativa, nº. 45, de 17 de setembro de 2013. **Padrões de Identidade e Qualidade para a produção e a comercialização de sementes**. Seção 1. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União de 20/09/2013. Brasília.

BRODY, A. L.; STRUPINSKY, E. R.; KLINE, L. R. **Active Packaging for Food Applications**. New York: CRC Press, 2002, 220p.

CAMILO, G. L.; CASTELLANOS, C. I. S.; SUÑÉ, A. S.; ALMEIDA, A. S.; SOARES, V. N.; TUNES, L. V. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento após revestimento com agroquímicos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 2, p. 180-189, 2017.

CAPILHEIRA, A. F. **Armazenamento de sementes de soja em embalagens permeável e hermética, com e sem atmosfera modificada**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Physiological quality of seeds in conventional and glyphosate-resistant soybean produced by foliar. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; MAVAIEIE, D. P. R.; SILVA, H. W.; LOPES, C. G. M. Pre-packing cooling and types of packages in maintaining physiological quality of soybean seeds during storage. **Journal of Seeds Science**, v. 38, n. 2, p. 129-139, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento – Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em 06 de abril de 2019.

CONCEIÇÃO, G. M.; LÚCIO, A. D.; MERTZ-HENNING, L. M.; HENNING, F. A.; BECHE, M.; ANDRADE, F. F. de. Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 1020-1024, 2016.

CORADI, P. C.; LEMES, A. F. C. Experimental silo-dryer-aerator for the storage of soybean grains. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 279-285, 2018.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 1, p. 7-14, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina, Embrapa Soja, 2014, 265p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 06 de abril de 2019.

FABRIS, S.; FREIRE, M. T. de A.; REYES, F. G. R. Embalagens plásticas: tipos de materiais, contaminação de alimentos e aspectos de legislação. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 19, n. 2, 2006.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2019.

FARIA, R. Q.; MARQUES, J. F.; CONEGLIAN, A.; SANTOS, A. R. P. Soybean physiological damage analyses in different packaging during storage. In: ASABE Annual International Meeting. **Anais....American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2016.

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

FILHO, J. M. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.

FONTOURA, D. R. S.; CALIL, R. M.; CALIL, E. M. B. A importância das embalagens para alimentos - aspectos socioeconômicos e ambientais. **Atlas de Saúde Ambiental**, São Paulo, v. 4, p. 138-160, 2016.

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

GORGULHO, C. F. Embalagens. Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/informacao/arquivos/n16RadarTecnologico_Embalagem_verso26072018.pdf>. Acesso em 8 de novembro de 2019.

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**, v. 7, n. 3, p. 345-658, 2014.

HAEBERLIN, L.; BANDEIRA, A. H.; MARTENS, S.; PILAR, E. M.; BILHALVA, N. S.; PARAGINSKI. Parâmetros comerciais de grãos de soja armazenados durante seis meses com umidade de 16%. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. v. 8, n. 2, 2016.

JONG, A. R.; BOUMANS, T. S.; VEEN, J. V.; RIJK, R.; ZANDVOORT, M, V. Active and intelligent packaging for food: Is it the future, **Food Additives & Contaminants**. v. 22, n. 10, p. 975-979, 2005.

JUVINO, A. N. K.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; SALES, J. F. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 844–850, 2014.

HENNING, A. S. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I. Embalagens de polipropileno trançado laminado para o armazenamento de sementes tratadas industrialmente. In: XXXV Reunião de Pesquisa de Soja. **Anais...XXXV Reunião de Pesquisa de Soja**, 2016.

KOHMANN, L. M.; MEDEIROS, J. F.; VIDOR, G.; RIBEIRO, J. L. D. Percepção e elasticidade de preço para embalagens sustentáveis de alimentos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 4, p. 875-888, 2016.

KOLCHINSKI, M. E.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intraespecífica da soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

LANDIM A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B. S.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, n. 26, v.1, p. 82-92. 2016.

LIMA, D. C.; DUTRA, A. S.; CAMILO, J. M. Physiological quality of sesame seeds during storage. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 138-145, 2014a.

LIMA, J. M. E.; OLIVA, L. S. C.; SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, D. S.; Qualidade fisiológica de sementes de soja-hortaliça armazenadas em diferentes embalagens. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, 2014b.

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**, v. 53, n. 3, p. 1086-1095, 2013.

MOREANO, T. B.; MARQUES, O. J.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Evolution of the physical and physiological quality of soybean seeds during processing. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 313-322, 2018.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. C. L. Características agrônômicas e componentes de produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.

NEVES, J. M. G.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, H. P.; REIS, R. G. E.; ZUCHI, J.; VIEIRA, A. R. Quality of soybean seeds with high mechanical damage index after processing and storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 1025-1030, 2016.

OLIVEIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; TEIXEIRA, F. G. Determinação da Força de Adesão da Metalização com Alumínio em filmes Plásticos Utilizados em Embalagens Flexíveis – Desenvolvimento e Validação de Metodologia. **Polímeros**, v. 21, n. 3, p. 233-239, 2011.

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. Active Food Packaging Technologies. **Food Science and Nutrition**. v. 44, n. 3, p. 185-193. 2004.

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-Agriambi**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 358-363, 2015.

PESKE, S. T. Embalagem para sementes. **Revista Seednews**, v. 7, n. 2, p. 28-35, 2003.

QUARTIM, E. Embalagens metalizadas flexíveis I. **Embalagem Sustentável**. 2012. Disponível em <embalagensustentavel.com.br/2012/06/18/embalagens-metalizadas-i>. Acesso em 19 de outubro de 2019.

ROCHA, G. C.; NETO, A. R.; CRUZ, S. J. S.; CAMPOS, G. W. B.; CASTRO, A. C. O.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Revista Científica**, v. 1, n. 5, p. 50-65, 2017.

RIBEIRO, M. P. R.; FUJI, M. C. B. L.; VALÉRIO, C.; SANTO, B. F. N.; SABADIN, V. P. O marketing e a embalagem no desenvolvimento do produto “milhitos” elaborado na disciplina de projeto interdisciplinar em ciência e tecnologia de alimentos. In: 6ª Mostra Acadêmica UNIMEP. **Anais...Mostra Acadêmica UNIMEP**, 2008.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

SANTOS, J.; MUHL, F. R.; MOREIRA, A.; RITTER, F. S.; FELDMANN, N. A.; RHODEN, A.; BALBINOT, M. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja produzidas no município de Frederico Westphalen/RS. **Revista Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, p. 1-14, 2016.

SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**, Campinas: CETEA/ITAL, 2001, 213p.

SARATH, K. L. L.; GONELI, A. L. D.; FILHO, C. P. H.; MASETTO, T. E.; OBA, G. C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 3, p. 233-240, 2016.

SILVA, T. A.; SILVA, P. B.; SILVA, E. A. A.; NAKAGAWA, J. CAVARIANI, C.; Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 227-332, 2016.

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 Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, V. Ambiente controlado para armazenamento e qualidade de sementes de soja em Roraima. **Embrapa Roraima**, 2006, 5p. (Comunicado Técnico, 14).

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SAROTTO, R. P. CAVARIANI, C. CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

VILELA, F. A.; MENEZES, N. L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News**, v. 8, n. 4, p. 22-25, 2009.

ZUCHI, J.; NETO, J. B. F.; SEDIYAMA, C. S.; FILHO, A. F. L.; REIS, M. S. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 353-360, 2013.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p. 4-6.

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

ZUCARELI, C.; Brzezinski, C. J. A.; Werner, F.; Ramos Júnior, E. U.; Nakagawa, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p.803-809, 2015.

ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; STEINER, F. Physiological and sanitary quality of soybean seeds harvested at different periods and submitted to storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 3, p. 312-320, 2017.