

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SEMENTES**



**Dissertação**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E METABOLISMO ANTIOXIDANTE  
DE PLÂNTULAS DE SOJA PRODUZIDA NA REGIÃO DO BAIXO PARNAÍBA  
MARANHENSE**

**RAIMUNDA NONATA OLIVEIRA DA SILVA**

Pelotas, 2017

**RAIMUNDA NONATA OLIVEIRA DA SILVA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E METABOLISMO ANTIOXIDANTE  
DE PLÂNTULAS DE SOJA PRODUZIDA NA REGIÃO DO BAIXO PARNAÍBA  
MARANHENSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do professor Dr. Dario Munt de Moraes, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de mestre em Ciências (Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Prof. Dr<sup>o</sup> Dario Munt de Moraes

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Caroline Leivas Moraes

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Fernanda Reolon

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

S111q Silva, Raimunda Nonata Oliveira da

Qualidade fisiológica de sementes e metabolismo antioxidante de plântulas de soja produzida na região do Baixo Parnaíba Maranhense / Raimunda Nonata Oliveira da Silva ; Dario Munt de Moraes, orientador ; Caroline Leivas Moares, Fernanda Reolon, coorientadores. — Pelotas, 2017. 64 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Glycine max L. 2. Armazenamento. 3. Vigor. 4. Leste maranhense. I. Moraes, Dario Munt de, orient. II. Moares, Caroline Leivas, coorient. III. Reolon, Fernanda, coorient. IV. Título.

CDD : 633.34

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

**Banca examinadora:**

---

Prof. Drº Dario Munt de Moraes  
(PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes/UFPEL, Orientador)

---

Prof. Drº Francisco Amaral Villela  
(PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes/UFPEL)

---

Drº Geri Eduardo Meneghello  
(PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes/UFPEL)

---

Drª Cristina Ferreira Larré  
(PPG em Fisiologia Vegetal/UFPEL)

Dedico esta dissertação a Deus, em primeiro lugar por ser o meu melhor amigo e está em todos os momentos comigo, me fortalecendo e cuidando de mim.

À minha mãe, Maridete Oliveira da Silva, pelo apoio nessa etapa tão importante da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de conquistar mais essa vitória, pois sem sua ajuda jamais teria conseguido, sou eternamente grata pelo seu amor.

Aos meus pais Alicio Lima da Silva e Maridete Oliveira da Silva, por todo cuidado e dedicação, em especial minha querida mãe que sempre esteve ao meu lado e por todo seu esforço e empenho para que eu alcançasse meus objetivos.

À toda a minha família, em especial minha irmã Maria Aparecida, pelo apoio e ajuda financeira nessa etapa tão importante da minha vida.

Ao meu orientador professor Dr. Dario Munt de Moraes, pela orientação, paciência e confiança em mim depositada.

Às minhas co-orientadoras Caroline Leivas de Moraes e Fernanda Reolon, por todo empenho durante a realização do trabalho. A vocês meus sinceros agradecimentos!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Pelotas, em nome de todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela formação concedida. Em especial aos professores Lilian Tunes e Luís Eduardo Panozzo, pelos muitos conselhos e principalmente pela confiança em mim depositada.

Ao Engenheiro Agrônomo Geri Eduardo Meneghello, por todo auxílio e os muitos ensinamentos durante a realização desse trabalho.

À empresa Sementes Pampeana, pela oportunidade e por todo aprendizado. Em especial a minha querida amiga Cristina Strobel, uma grande mulher que me auxiliou muito ao longo dessa jornada. A você meus sinceros Agradecimentos!

Aos meus colegas e amigos Ireni Leitzke, Diele Mass, Jerffeson Araújo, Ítala Dubal, Ewerton Gewehr e Cristina Larré pela ajuda e suporte na execução do trabalho.

À família Neitzke pelo acolhimento e carinho, em especial a querida Isabel Neitzke por todos os momentos maravilhosos em família.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento desse trabalho.

## EPÍGRAFE

*Aqueles que semeiam chorando façam a colheita com alegria! Aqueles que saíram chorando, levando a semente para semear, voltarão cantando, cheios de alegria, trazendo nos braços os feixes da colheita (salmos 126: 5-6).*

## RESUMO

Silva, Raimunda Nonata Oliveira da. **Qualidade fisiológica de sementes e metabolismo antioxidante de plântulas de soja produzida na região do Baixo Parnaíba Maranhense**, 2017. 64f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A utilização de sementes de qualidade é a base para o sucesso das lavouras. Um fator importante a ser considerado é a forma de armazenamento das sementes, consistindo em uma etapa fundamental para manutenção da qualidade das mesmas. A produção de sementes de soja na região do Baixo Parnaíba Maranhense é um grande desafio, pois esta região possui limitações climáticas que não favorecem a produção de sementes de alta qualidade. Desta forma, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes e o metabolismo antioxidante de plântulas de soja produzidas na região do Baixo Parnaíba Maranhense, após diferentes períodos de armazenamento. Foram realizados dois experimentos com as sementes das cultivares BRS 333 RR, PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR. No primeiro estudo foram utilizados lotes com qualidade superior e no segundo estudo, lotes com qualidade inferior. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. As sementes foram submetidas aos testes teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, emergência em campo, atividade respiratória e metabolismo antioxidante de enzimas. Sementes de soja de diferentes cultivares apresentam comportamento diferenciado durante o armazenamento em condições controladas. A redução de qualidade de sementes de soja durante o armazenamento não ocorre na mesma velocidade para todas as cultivares. As sementes de soja da cultivar BRS 333 RR possuem um alto potencial de armazenamento, com menores reduções de qualidade durante o armazenamento em condições controladas. As sementes de soja da cultivar PAMPEANA 20 RR apresentam alto potencial de armazenamento, quando se utiliza lotes de alto vigor, mantendo sua qualidade até seis meses de armazenamento, sem grandes reduções de qualidade em condições controladas. As sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR apresentam maiores reduções de qualidade durante o armazenamento. A cultivar BRS 333 RR possui um sistema antioxidante eficiente na remoção de espécies reativas de oxigênio, mantendo a qualidade de sementes. A cultivar PAMPEANA 10 RR apresenta aumento na atividade das enzimas antioxidantes, em determinados períodos de armazenamento, porém este não é suficiente para manter a qualidade das sementes.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L., armazenamento, vigor, leste maranhense

## ABSTRACT

Silva, Raimunda Nonata Oliveira da. **Physiological quality of seeds and antioxidant metabolism of seedlings from soybean produced in Baixo Parnaíba Maranhense region**, 2017. 64f. Dissertation (Master degree in Science) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The use of high seeds quality is the basis for the success of the crop. The production of soybean seeds in the region of Baixo Parnaíba Maranhense is a great challenge due to this region has climatic limitations that do not support the production of high seeds quality. Besides that, the way of storing seeds is an important step to maintaining seed quality. The objective of this study was to evaluate the physiological seeds quality and the antioxidant metabolism of soybean seedlings produced in the Baixo Parnaíba Maranhense region, after different storage periods. Two experiments were conducted in this study. The first study included lots with higher quality seed. The second study included lots with lower quality seed. The seeds of BRS 333 RR, PAMPEANA 20 RR, and PAMPEANA 10 RR cultivars were used. The experimental model used to analyze seed quality was a split-plot completely randomized experimental design with four replications. The seeds were subjected to the moisture content, the seed quality (germination, first germination count, accelerated aging, electrical conductivity, field emergence, and respiratory activity tests), and antioxidant metabolism of enzymes. Soybean seeds of different cultivars show different behavior during storage under controlled conditions. The reduction of soybean seed quality during storage does not occur at the same speed for all cultivars. The soybean seeds of BRS 333 RR cultivar have a high potential of storage, with smaller reductions in seed quality during the storage under controlled conditions. The PAMPEANA 20 RR cultivar presents high storage potential, when used high vigor lots, maintaining their quality up to six months of storage, without major reductions in quality under controlled conditions. The seeds of the PAMPEANA 10 RR cultivar present higher quality reductions during storage. The BRS 333 RR cultivar has an efficient antioxidant system in the removal of reactive oxygen species, maintaining the quality of seeds. The seeds of PAMPEANA 10 RR cultivar shows an increase in the antioxidant enzymes activity, during certain periods of storage, but this is not enough to maintaining the quality of the seeds.

**Keywords:** *Glycine max* L., storage, vigor, maranhense east.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Mapa de localização do Território do Baixo Parnaíba.....	16
FIGURA 2.	Ilustração do aparelho Pettenkofer utilizado para mensurar a atividade respiratória.....	26
FIGURA 3.	Atividade respiratória de sementes de três cultivares de soja com qualidade superior (A), após diferentes períodos de armazenamento (B).....	34
FIGURA 4.	Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) na parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas de três cultivares de soja qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento.....	35
FIGURA 5.	Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) na parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas de três cultivares de soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento..	37
FIGURA 6.	Atividade da enzima catalase (CAT) na parte aérea de plântulas três cultivares de soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento.....	38
FIGURA 7.	Atividade respiratória de sementes de três cultivares de soja com qualidade inferior (A), após diferentes períodos de armazenamento (B).....	45
FIGURA 8.	Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) na parte aérea (A) e raiz (B, C) de plântulas de três cultivares de soja qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento.....	48
FIGURA 9.	Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas de três cultivares de soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento.....	49
FIGURA 10.	Atividade da enzima catalase (CAT) na parte aérea de plântulas três cultivares de soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento.....	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Caracterização inicial de sementes de três cultivares de soja em função da qualidade. Pelotas, RS, 2017.....	24
TABELA 2.	Valores médios de teor de água, germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três cultivares de soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017.....	30
TABELA 3.	Valores médios de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência em campo de sementes de três cultivares soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017.....	32
TABELA 4.	Valores médios de teor de água, germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três cultivares de soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017.....	41
TABELA 5.	Valores médios de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência em campo de sementes de três cultivares soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017.....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1	Produção de sementes de soja no Brasil.....	15
2.2	Caracterização da região do Baixo Parnaíba Maranhense.....	16
2.3	Cultivares.....	17
2.4	Armazenamento de sementes.....	18
2.5	Qualidade fisiológicas de sementes.....	20
2.6	Atividade respiratória de sementes.....	21
2.7	Metabolismo antioxidante.....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
4.1	Experimento 1 – Cultivares com qualidade superior.....	28
4.2	Experimento 2 – Cultivares com qualidade inferior.....	39
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja tem grande relevância para o agronegócio brasileiro, sendo a atividade agrícola de maior expressão no país, movimentando bilhões de dólares a cada safra. Segundo o levantamento de dados da Companhia Nacional de Abastecimento, a área cultivada com a cultura da soja chegou a 33 milhões de hectares, com uma produção de grãos de 95 milhões de toneladas na safra 2015/2016 (CONAB, 2016).

No Brasil, a exploração da soja apresentou maior expressão inicialmente no sul do país e hoje já é encontrada nos mais diferentes ambientes, comprovado pelo grande avanço em áreas do cerrado, levando o progresso e desenvolvimento para regiões despovoadas e desvalorizadas (FREITAS, 2011). O Estado do Maranhão faz parte do cerrado brasileiro e apresenta uma extensa área agricultável com aptidão agrícola para produção de grãos, mas atualmente somente uma pequena parte dessa área é cultivada com grandes culturas como soja, milho, algodão e feijão. Demonstrando assim, que esse estado ainda apresenta grande potencial de expansão da área cultivada.

A Mesorregião Leste Maranhense faz parte do complexo de produção agrícola conhecido como MAPITIBA (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia), sendo uma das últimas fronteiras agrícolas do País. Embora a Mesorregião Sul Maranhense ainda seja responsável pela maior área colhida e volume produzido de soja no estado, vale destacar o desempenho da Mesorregião Leste Maranhense, principalmente após a inserção da microrregião de Chapadinha, que teve em 1995 seus primeiros registros de cultivo de soja, obtendo uma produção de 72 toneladas (ARAÚJO, 2009).

A região do Baixo Parnaíba Maranhense compreende um conjunto de microrregiões e está inserida, em sua maior parte, na Mesorregião Leste Maranhense. Atualmente quase todos os municípios do Baixo Parnaíba produzem soja, sendo que a área cultivada com essa cultura na região chegou a 73.000 ha, com uma produção de 225 mil toneladas na safra 2014/2014 (SAGRIMA, 2014). No entanto, na safra 2015/2015 a área cultivada com soja aumentou para 78.000 ha, porém houve redução na produção para 177 mil toneladas (APROSOJA MEIO NORTE, 2015), em função de instabilidades climáticas.

O uso de sementes de alta qualidade é base para o estabelecimento de lavouras comerciais de forma satisfatória mesmo em condições adversas, pois os

cultivos agrícolas são considerados atividade de alto risco em todas as etapas do processo produtivo seja por intempéries climáticas ou questão de manejo. Diante disso o produtor não pode errar na hora da escolha da semente, e por isso nos últimos anos têm optado pela busca de sementes de qualidade superior. Segundo Silva et al. (2010), a qualidade das sementes refletirá diretamente no resultado final da cultura, proporcionando maior uniformidade de população, elevado vigor das plantas, reduções de doenças transmitidas via semente e, conseqüentemente, maior produtividade.

Diante desse cenário, as empresas produtoras de sementes estão se modernizando e, melhorando seus padrões de qualidade para atender o mercado consumidor. Porém, a produção de sementes de alta qualidade é dificultada em algumas regiões do país, devido à condições climáticas desfavoráveis, principalmente em ambientes tropicais. Nessas regiões, a produção desse produto só é possível mediante a adoção de técnicas especiais (FRANÇA NETO et al., 2007). A modificação das condições ambientais no armazenamento, tais como, redução da temperatura e umidade relativa constitui-se em uma técnica fundamental para manutenção da qualidade das sementes em regiões de clima quente e úmido (VILLELA; MENEZES, 2009).

É importante destacar que, as características relacionadas à qualidade fisiológica das sementes tem influência na herança genética. Assim, há cultivares de soja que apresentam sementes com desempenho fisiológico inferior a de outros genótipos da mesma espécie (MARCOS FILHO, 1999; 2015). Na produção de sementes, além da qualidade, é de fundamental importância que as sementes sejam originadas de materiais genéticos adaptados às condições de climáticas da região onde a cultura será implantada, fator este, imprescindível para obtenção de um produto final com produtividade e qualidade (SILVA et al., 2010).

Diante da dificuldade de encontrar materiais que se adaptassem às condições ambientais da região e também devido à falta de sementes para abastecer o mercado local, surgiu então, a necessidade de produzir sementes na região do Baixo Parnaíba Maranhense. Porém, produzir sementes nessa região tem-se mostrado um desafio, principalmente devido algumas limitações climáticas como, regime de chuvas irregulares, associada a temperaturas elevadas, solo arenoso e pobre em nutrientes, que juntos não favorecem a produção de sementes. Outra peculiaridade da região é a necessidade de técnicas especiais de resfriamento artificial, pois devido às altas

temperaturas, as sementes precisam ser mantidas em armazéns resfriados durante todo o período de armazenamento (SILVA; MENEGHELLO, 2016), o que contribui para aumentos consideráveis nos custos de produção.

Apesar das limitações climáticas, a produção de sementes nessa região já está consolidada, sendo uma atividade de grande importância socioeconômica para a comunidade local, gerando empregos, renda e desenvolvimento, além de ser muitas vezes a única alternativa para os agricultores, visto que cultivares de outras regiões não se adaptam bem as condições climáticas locais, resultando em baixa produtividade, o que, na maioria das vezes, não cobre os custos de produção. A forte demanda por sementes nessa região, frequentemente obriga os agricultores a fazerem cadastros de reserva para garantir o volume necessário para a semeadura, pois em anos de instabilidade climática, tornar-se difícil produzir o volume demandado.

Assim, torna-se necessário o aprofundamento das pesquisas sobre a qualidade da semente produzida nessa região, bem como a verificação do comportamento dos materiais ao longo do armazenamento e associando esses fatores às perdas de qualidade, fornecendo dados que possam subsidiar produtores sobre a escolha dos materiais a serem produzidos. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes e o metabolismo antioxidante de plântulas de soja produzidas na região do Baixo Parnaíba Maranhense, após diferentes períodos de armazenamento.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Produção de Sementes no Brasil**

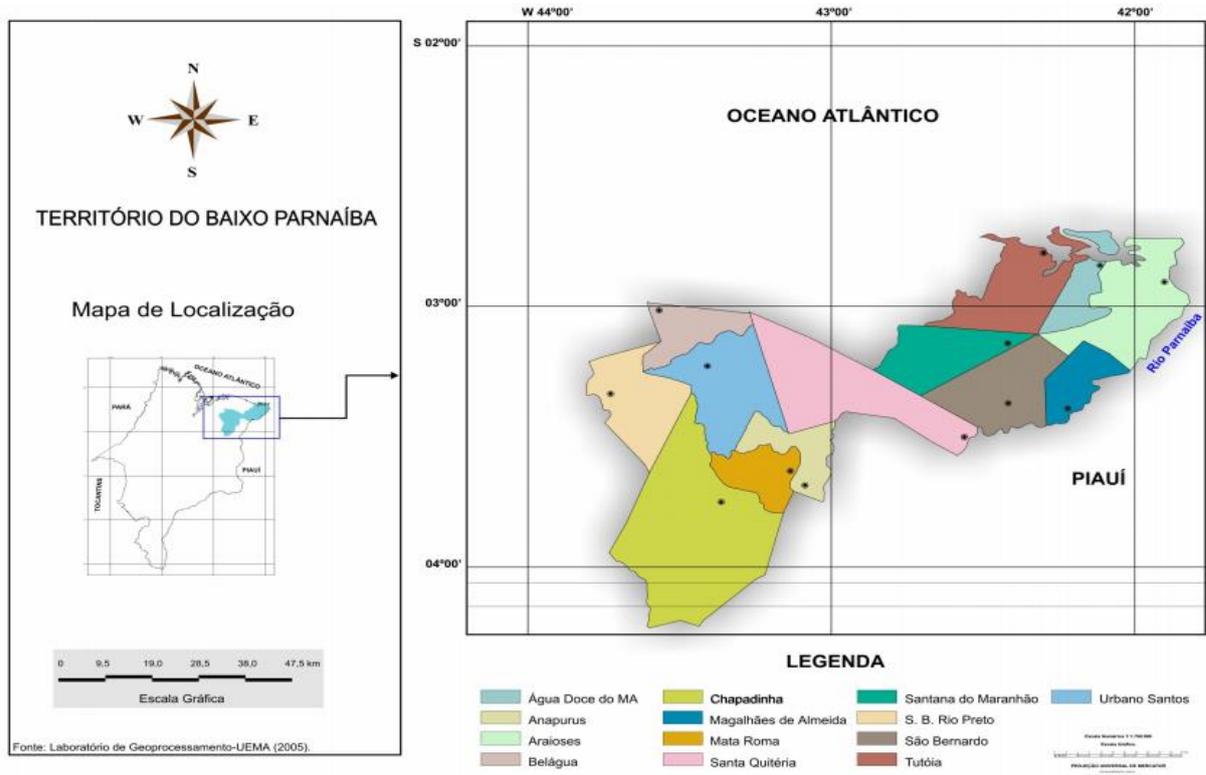
Sementes de qualidade são fundamentais para uma agricultura competitiva, sendo essenciais para implantação dos sistemas de cultivo. As sementes são apontadas como um dos principais fatores para o aumento significativo de produtividade no Brasil. Os crescentes níveis de tecnologia nas lavouras têm como base a utilização de sementes, desenvolvidas e produzidas conforme os exigentes padrões do Sistema Brasileiro de Sementes e Mudas (MIYAMOTO, 2013).

O Brasil possui uma indústria de sementes sólida e robusta, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China, movimentando um mercado doméstico de

aproximadamente R\$ 10 bilhões. A cultura da soja, principal commodity cultivada no Brasil é responsável por impressionantes 34% do mercado nacional de sementes. Na safra agrícola 2004/2005 a produção de sementes de soja correspondia a aproximadamente 820 mil toneladas saltando para 1,984 milhões de toneladas na safra 2014/2015 crescimento de 125% em uma década (ABRASEM, 2006; 2015).

## 2.2 Caracterização da região do Baixo Parnaíba Maranhense

A região do Baixo Parnaíba - MA faz parte da Mesorregião Leste Maranhense. Na região são produzidas sementes de soja, arroz e feijão. Os campos de produção de sementes são distribuídos nos municípios de Mata Roma, Anapurus e Buriti, devido à proximidade com a unidade de beneficiamento de semente que fica localizada no município de Mata Roma-MA (Figura 1).



**Figura 1-** Mapa de localização do Território do Baixo Parnaíba.

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento- UEMA, 2005.

O clima da região é considerado sub-úmido (C2), apresentando dois períodos distintos: um com presença abundante de chuvas, nos meses de janeiro a maio; e outro de seca, com redução das chuvas, de agosto a novembro, sendo a média anual precipitação pluvial de 1200 a 2000 mm. A temperatura média gira em torno de 27° C

e a umidade relativa varia de 83% no período chuvoso a 57% no período seco, com média anual de 70%. O solo predominante é o Latossolo Amarelo (MARANHÃO, 2002).

### **2.3 Cultivares**

O valor agrônômico de uma cultivar é constituído de várias características, sendo as principais resistência a doenças e insetos, resistência a fatores ambientais adversos, qualidade de seus produtos, potencial de rendimento e precocidade (PESKE et al., 2012). Assim, a escolha da cultivar adequada é uma decisão importantíssima que cabe ao produtor, agricultor ou técnico responsável, devendo sempre levar em consideração as características desejáveis da cultivar que melhor se adapte às condições locais em que a cultura vai ser estabelecida, pois uma escolha equivocada pode levar ao insucesso da lavoura.

Desde que foram iniciados os primeiros cultivos de soja na região do Baixo Parnaíba Maranhense, poucas cultivares ainda persistem com forte demanda no mercado local, com destaque para as cultivares BRS 333 RR, M-9144 RR, BRS Traçajá e, mais recentemente, as cultivares Pampeana 10 RR, Pampeana 20 RR e Pampeana 30 RR.

A cultivar de soja BRS 333 RR foi desenvolvida pela Embrapa, sendo indicada para cultivos no sul do Maranhão, sudoeste do Piauí e norte do Tocantins. Possui exigência para solos de média e alta fertilidade. O tipo de crescimento é determinado, com coloração da flor roxa e hilo preto imperfeito. Possui boa ramificação, boa resistência ao acamamento e pertence ao grupo de maturidade relativa 9.4 e população de plantas de 180 a 220 mil plantas/ha (EMBRAPA, 2013).

Essa cultivar tem sido muito cultivada na região do Baixo Parnaíba Maranhense. Os produtores têm alcançado altos rendimentos, porém em anos em que o período chuvoso é irregular, ela apresenta produtividades inferiores às cultivares desenvolvidas para a região, que possuem uma maior resistência à seca.

A cultivar PAMPEANA 10 RR, desenvolvida para região do Baixo Parnaíba Maranhense, se adapta bem em outras regiões do nordeste. É indicada principalmente para solos de solos de baixa fertilidade, possui hábito de crescimento indeterminado e sistema radicular agressivo. Apresenta ciclo longo em torno de 130 dias, boa ramificação, folha estreita, o que facilita a aplicação de defensivos, possui

flor branca e cor do hilo preto. Essa cultivar atualmente corresponde por grande parte da demanda de sementes na região, devido as suas características de adaptabilidade em condições adversas, se recuperando bem quando ocorrem veranicos (fenômeno muito frequente na região), sendo esta uma das características mais marcantes da cultivar, além de possuir alto rendimento de grãos, mesmo em anos em que o período chuvoso é irregular.

Considerada uma cultivar rústica, a PAMPEANA 20 RR desenvolvida para a região do Baixo Parnaíba Maranhense. Adapta-se bem em solos de baixa fertilidade, apresentando alto potencial produtivo. Possui hábito de crescimento semideterminado, ciclo longo em torno de 135 dias, boa ramificação e coloração de flor roxa. Apesar de lançada recentemente, já é grande a demanda de sementes dessa cultivar no mercado local e regiões circunvizinhas, devido a sua rusticidade, adaptação e potencial produtivo.

## **2.4 Armazenamento de Sementes**

O armazenamento das sementes inicia-se ainda no campo, quando estas atingem a maturidade fisiológica, surge, portanto, grande desafio de manter a qualidade das sementes durante todo o período de armazenamento, visto que não é possível melhorar a qualidade das sementes mesmo em condições ideais (FONSECA et al., 1980; POPINIGIS, 1985; VILLELA; PERES, 2004;).

A deterioração da semente é um processo inexorável, contínuo e irreversível, mas é possível retardar sua velocidade através do manejo correto e eficiente das condições ambientais durante o armazenamento (BAUDET; VILLELA, 2012; CARDOSO et al., 2012). Como consequência do processo de deterioração, as sementes começam a reduzir vigor, ficando mais suscetíveis a estresses e eventualmente, perdem a capacidade de originar plântulas normais (SILVA et al., 2014).

A deterioração é um dos grandes problemas do armazenamento de sementes, principalmente das oleaginosas (BRACCINI et al., 2001), pois estas tendem a deteriorar-se mais rápido que as amiláceas. Uma possível explicação deve-se a instabilidade química dos lipídios, que se constitui em um dos fatores preponderantes para a redução do desempenho das sementes de várias espécies, principalmente das

oleaginosas. Os danos causados pela peroxidação lipídica têm causado deterioração das sementes de oleaginosas durante seu envelhecimento (JOSÉ et al., 2010).

Entre os fatores que mais afetam a qualidade das sementes durante o armazenamento, destacam-se a temperatura do ambiente, a umidade relativa do ar e umidade da semente (AGUIAR, 1995; DEMITO; AFONSO, 2009; MENEGHELLO, 2014). No entanto, a umidade relativa é mais importante do que a temperatura para a manutenção da qualidade, uma vez que a mesma controla o grau de umidade da semente (FONSECA et al., 1980). Por serem higroscópicas, as sementes perdem ou absorvem água até entrarem em equilíbrio com o ambiente. Em ambientes úmidos, sementes secas absorvem umidade do ar e, inversamente, sementes úmidas em ambientes secos perdem umidade para o ar (POPINIGIS, 1985; BAUDET; VILLELA, 2012).

O alto grau de umidade das sementes armazenadas pode proporcionar o reinício das atividades metabólicas do embrião e o aumento da atividade respiratória, intensificando o processo de deterioração. Temperaturas elevadas também contribuem para o aumento da respiração das sementes e proliferação de micro-organismos, favorecendo o esgotamento das reservas das sementes (POPINIGIS, 1985; AGUIAR, 1995; BRAGANTINI, 2005). Segundo Lazzari (1997), existe uma estreita correlação entre grau de umidade e temperatura da semente no consumo de matéria seca pelos fungos de armazenamento, com maior consumo em condições de altas temperaturas e elevado grau de umidade.

Em regiões de clima quente e úmido, durante o período de armazenamento, condições favoráveis para a manutenção da qualidade das sementes podem ser obtidas pela modificação das condições ambientais, tais como, umidade e temperatura controladas. No armazenamento a granel, por exemplo, o resfriamento das sementes mantidas em silos, vem sendo realizado com emprego de temperatura entre 15 a 20°C e umidade relativa de 55 a 60%. Sementes de soja são conservadas nesse sistema, em geral, por quatro a seis meses no armazenamento temporário à espera do beneficiamento completo. Os resultados alcançados têm sido plenamente satisfatórios, especialmente nos locais e épocas do ano, cujas condições climáticas são desfavoráveis à conservação de sementes de soja (VILLELA; MENEZES, 2009).

## 2.5 Qualidade Fisiológica de Sementes

As sementes apresentam atributos de qualidade, que podem ser divididos em físicos, fisiológicos, genético e sanitário. Consideram-se atributos fisiológicos aqueles que envolvem o metabolismo da semente para expressar seu potencial (PESKE et al., 2012). Portanto, a qualidade fisiológica da semente está relacionada com a capacidade que a mesma possui em desempenhar suas funções vitais, sendo caracterizada pela longevidade, germinação e vigor. A diminuição dessa qualidade pode ser traduzida na redução da porcentagem de germinação pelo aumento de plântulas anormais e redução do vigor das plântulas (TOLEDO et al., 2009).

A qualidade fisiológica de sementes tem sido objeto de estudos de inúmeras pesquisas, devido sua relevância no processo de produção, principalmente pela contribuição no aumento significativo de produtividade. A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica proporciona uma maior velocidade de emergência, rápido estabelecimento, melhor desempenho de plântulas em campo, uniformidade do estande e sobrevivência de plantas em campo (VANZOLINI; CARVALHO, 2002; ZAMBIAZZI et al., 2014; BELUFI et al., 2015; CANTARELI et al., 2015).

A utilização de sementes de alto vigor também proporciona acréscimos no índice de área foliar, na produção de matéria seca e no rendimento de sementes em uma comunidade de plantas de soja (KOLCHINSKI et al., 2005). Em estudo com sementes de soja, Panozzo et al. (2009), verificaram incrementos de 17% no rendimento de grãos de plantas originadas de sementes de alto vigor, em comparação às originadas de sementes de baixo vigor.

Os agricultores estão cada vez mais exigentes com relação à qualidade das sementes disponibilizadas no mercado. Diante disso, as empresas produtoras de sementes devem priorizar a produção de sementes com alta qualidade, procurando manter e determinar essa qualidade. Informações sobre o vigor, como por exemplo, desempenho em campo, também devem ser obtidas procurando sempre descartar os lotes que apresentam baixa qualidade, evitando que essa semente chegue ao agricultor e cause riscos ao sistema de produção (CANTARELI et al., 2015).

De acordo com Krzyzanowski e França Neto (2003), sementes de baixa qualidade comprometem o estande das plantas no campo, o que influi diretamente na produtividade da lavoura. Em situações em que população de plantas encontra-se

abaixo da recomendada para a cultivar utilizada, há a necessidade da ressemeadura, onerando os custos de produção, além da perda da melhor época de semeadura.

## 2.6 Atividade Respiratória

A respiração é um processo metabólico em que substâncias orgânicas são oxidadas num sistema celular com a liberação de energia, tendo o oxigênio molecular como aceptor final de elétrons. Os substratos respiratórios podem ser carboidratos, como amido, sacarose, frutose, glicose e outros açúcares; lipídios, principalmente os triglicerídeos; ácidos orgânicos e, eventualmente, proteínas (MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A atividade respiratória é o primeiro evento metabólico que acompanha a reidratação da semente. O aumento da respiração varia de valores mínimos a níveis bem elevados, pouco tempo após o início da embebição da semente (POPIGINIS, 1985).

A respiração é influenciada pela atividade de um grupo de enzimas que agem como catalisadores da decomposição de substâncias de reservas (MARCOS FILHO, 2015). Durante o processo de deterioração, podem ocorrer alterações na atividade enzimática, prejudicando o processo respiratório e atividades de síntese, podendo ocasionar o comprometimento da germinação e vigor da semente (MARINI et al., 2013).

A integridade das mitocôndrias é outro aspecto fundamental a ser relacionado com o potencial fisiológico das sementes. Em sementes vigorosas, as mitocôndrias mantêm-se mais organizadas, à medida que evolui o processo de germinação. No entanto, em sementes não viáveis, as membranas internas permanecem completamente desestruturadas. Outro ponto importante que merece destaque é o marcante acréscimo de ATP em sementes vigorosas no início do processo de germinação e o baixo nível naquelas de desempenho inferior (MARCOS FILHO, 2015).

Desta forma, a atividade respiratória constitui-se em um importante indicativo da redução da qualidade de sementes e pode ser utilizada para a identificação de parâmetros relacionados ao processo de deterioração (MARINI et al., 2013). Nesse sentido, vários estudos têm sido realizados associando a atividade respiratória com o nível de vigor da maioria das grandes culturas, como por exemplo, soja (MENDES et

al., 2009; DODE et al., 2013), feijão-miúdo (AUMONDE et al., 2012) e algodão (VENSKE et al., 2014).

## 2.7 Metabolismo Antioxidante

A deterioração de sementes ocorre de forma progressiva, tendo seu início a partir da maturidade fisiológica, podendo ser acelerada em qualquer uma das etapas pós-maturidade. É um processo geralmente associado a uma série de alterações degenerativas que ocorrem naturalmente com o tempo de envelhecimento ou intensificado por condições de estresse, como temperatura e umidade elevada, desenvolvimento de micro-organismos entre outros (MARCOS FILHO, 2015).

Alterações como desestabilização na atividade de enzimas e desestruturação do sistema de membranas celulares são alguns dos processos degenerativos que ocorrem durante o processo de deterioração (DELOUCHE; BASKIN, 1973; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; MCDONALD, 1999; MARINI et al., 2013). Tais processos, os quais desencadeiam estresse oxidativo, são causados, principalmente, pela peroxidação de lipídios (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010), devido ao aumento das espécies reativas do oxigênio (EROs) (DEL RIO et al., 1998; BARBOSA et al., 2010a). Essas espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como o radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), oxigênio singlete ( $^1O_2$ ) e radical hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ), são oriundas de subprodutos do seu metabolismo normal, porém podem exceder-se em resposta a exposição à algum tipo de estresse, resultando em danos oxidativos que poderão ser reparados e atenuados pela ação de um complexo sistema antioxidante (MARTÍ et al., 2009; BARBOSA et al., 2014).

Para diminuir a deterioração, as células possuem um eficiente mecanismo de defesa antioxidante, o qual age por meio da ação de enzimas, como a superóxido dismutase, peroxidase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT), além de metabólicos não enzimáticos, que atuam de forma conjunta, na remoção das EROs e na redução do dano oxidativo (APEL; HIRT, 2004; ROSA et al., 2005).

A superóxido dismutase (SOD) é considerada a primeira linha de defesa contra as EROs, sendo capaz de anular a ação do superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), através da conversão em  $H_2O_2$ , atenuando o processo oxidativo. Com o objetivo de evitar a conversão do  $H_2O_2$  em radicais mais reativos, como o radical hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ), subseqüentemente, este

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pode ser metabolizado a H<sub>2</sub>O e O<sub>2</sub> pela catalase (CAT) ou pela ascorbato peroxidase (APX) (BOWLER et al. 1992; APEL; HIRT, 2004; BARREIROS et al., 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Fisiologia de Sementes e no Laboratório didático de Análise de Sementes, ambos pertencentes à Universidade Federal de Pelotas-RS.

Foram realizados dois experimentos com sementes das cultivares BRS 333 RR, PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, produzidas na região do Baixo Parnaíba Maranhense, na safra 2015/2015.

Após o beneficiamento, as sementes ficaram armazenadas em câmara fria, sob temperatura média de 18° C e umidade relativa média de 48%, na unidade de beneficiamento de sementes localizada no município de Mata Roma-MA.

Foram coletadas amostras representativas de seis lotes, sendo dois lotes de cada cultivar. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas-RS para realização das análises a cada período de armazenamento (dois, quatro e seis meses).

**Tabela 1.** Caracterização inicial de sementes de três cultivares de soja em função da qualidade. Pelotas, RS, 2017

Genótipo	Germinação (%)	Teste de Tetrazólio (%)	
		viabilidade	vigor
BRS 333 RR*	94	94	89
PAMPEANA 20 RR*	95	93	90
PAMPEANA 10 RR*	93	93	89
BRS 333 RR**	94	91	85
PAMPEANA 20 RR**	93	88	85
PAMPEANA 10 RR**	93	88	83

\*Lotes de sementes caracterizados com qualidade superior, utilizados para execução do experimento 1

\*\*Lotes de sementes caracterizados com qualidade inferior, utilizados para execução do experimento 2

O teste de tetrazólio foi realizado utilizando 100 sementes, divididas em duas repetições de 50 sementes, sendo estas acondicionadas entre papel por 16 horas à temperatura de 25° C. Passado o tempo necessário ao acondicionamento, as sementes foram totalmente submersas na solução de 0,075 % de sal de tetrazólio, e

colocadas em estufa à temperatura de 40° C por um período de 2,5 horas, sendo posteriormente lavadas e analisadas individualmente (FRANÇA NETO et al., 1998).

O grau de umidade das sementes foi determinado pelo método de estufa a 105±3° C, por 24 horas, utilizando-se duas subamostras por repetição para cada lote de 4,5 g de sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem média de teor de água para cada lote (BRASIL, 2009).

As sementes foram tratadas com fungicida MAXIM ADVANCED ® utilizando a dose de 125 mL por 100 kg de sementes<sup>-1</sup>, conforme recomendação do fabricante. O volume de calda utilizado foi de 600 mL por 100 kg de sementes<sup>-1</sup>, o qual foi composto pelo ingrediente ativo e água destilada. A mistura foi aplicada diretamente no fundo de um saco plástico e espalhada até uma altura de aproximadamente 15 cm e, em seguida as sementes foram colocadas no interior do saco plástico, agitando-as por três minutos. Após o tratamento, os sacos plásticos foram abertos, para permitir a secagem das sementes em temperatura ambiente, por um período de 24 horas, conforme metodologia descrita por Nunes (2005).

Após o tratamento, foram realizados os seguintes testes para a avaliação da fisiológica das sementes: Teste de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência em campo. Também foram realizados os testes de condutividade elétrica e atividade respiratória das sementes, porém para essas análises foram utilizadas sementes sem tratamento químico com fungicida. Realizou-se também atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo antioxidante.

O teste de germinação foi realizado utilizando-se uma metodologia alternativa recomendada pela Embrapa Soja (2007), que pode ser realizada quando as sementes apresentam um baixo teor de água e índice de plântulas anormais acima de 6%, especificamente nas raízes. Antes da adoção da técnica realizou-se pré-testes, onde verificou-se que as sementes se enquadravam nessas condições. A técnica consiste no pré-condicionamento das sementes antes da realização do teste de germinação. Neste caso, as sementes foram dispostas sobre uma tela metálica fixada na posição mediana de caixas tipo gerbox, contendo no fundo 40 mL de água destilada, por um período de 16 horas a temperatura constante de 25° C.

Após o pré-condicionamento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme as Regras para Análise de Sementes, utilizando-se 200 sementes, divididas em quatro subamostras de 50 sementes, para cada repetição. As sementes foram colocadas em folhas de papéis umedecidas com água destilada

equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e logo em seguida transferidas para o germinador à temperatura constante de 25°C. A avaliação foi realizada no oitavo dia após a sementeira, considerando a porcentagem de plântulas normais.

A primeira contagem de germinação (PCG) foi conduzida em conjunto com o teste de germinação. A contagem foi realizada cinco dias após a sementeira, de acordo com a RAS. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

O teste de envelhecimento acelerado (EA) foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes por repetição, no qual as sementes foram dispostas em uma camada única sobre uma tela metálica fixada na posição mediana de caixas gerbox, contendo no fundo 40 ml de água destilada. Posteriormente, as caixas foram tampadas e levadas para incubadora do tipo BOD, regulada à temperatura de 41° C por 48 horas, conforme metodologia adotada por Marcos Filho (1999). Logo após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009), efetuando-se a avaliação aos cinco dias, considerando a porcentagem de plântulas normais.

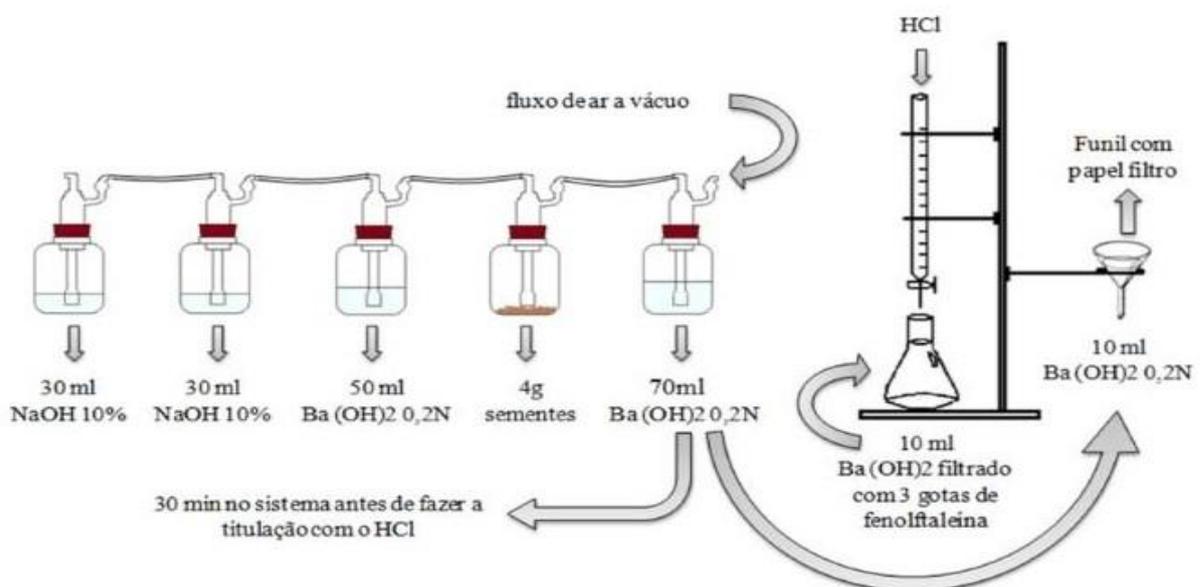
Na avaliação da condutividade elétrica (CE) foram utilizadas 25 sementes por subunidades, para cada repetição. As sementes foram pesadas e em seguida foram imersas em um recipiente contendo 80 mL de água deionizada e mantidas, por um período de 24 horas, em incubadora tipo BOD à temperatura de 25° C. Após esse período, realizou-se a leitura da condutividade elétrica das soluções, com o auxílio de um condutímetro digital. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$  de sementes, conforme metodologia adaptada de Vieira e Krzyzanowski (1999).

O teste de emergência no campo (EC) foi conduzido com 200 sementes, divididas em quatro repetições de 50 sementes, semeadas em canteiros com profundidade de aproximadamente de 5 cm. A contagem das plântulas emergidas foi realizada aos 21 dias após a sementeira.

A taxa respiratória das sementes foi determinada pelo método de Pettekofer, conforme metodologia adaptada por Moraes et al (2012). O aparelho é constituído por cinco frascos lavadores de gases, sendo dois frascos contendo 30 mL de hidróxido de sódio (NaOH), cuja finalidade é reter o CO<sub>2</sub> do ar do ambiente. Um terceiro frasco é utilizado para armazenamento das sementes, isento de CO<sub>2</sub> e, os demais frascos, contendo hidróxido de bário (BaOH), nas quantidades de 50 e 70 mL (Figura 2), cuja finalidade é reagir com o CO<sub>2</sub> proveniente da atividade respiratória das sementes,

resultando na formação de carbonato de bário ( $\text{BaCO}_3$ ). Os frascos são interligados por mangueira de silicone e acoplados a uma trompa aspiradora de ar. O fluxo de ar é regulado por meio de uma mangueira, permitindo o controle da velocidade do ar.

Foram utilizadas 4 g de sementes por amostra, embebidas por um período de 24 horas. Posteriormente, foram colocadas no frasco isento de  $\text{CO}_2$ , onde permaneceram por um período de 30 minutos. Logo após, foi realizada a titulação na amostra de  $\text{BaCO}_3$ , a qual recebeu duas gotas de fenolftaleína e, em seguida, submetida a titulação com ácido clorídrico  $\text{HCl}$  0,1N. No ponto de viragem, registrou-se o volume de  $\text{HCl}$  gasto em cada uma das repetições, o qual foi diretamente relacionado com a quantidade de  $\text{CO}_2$  fixado pela solução de ( $\text{BaOH}$ ), utilizado para a determinação da atividade respiratória das sementes, uma vez que o dióxido de carbono fixado é proveniente do seu processo de respiração. O cálculo final da atividade respiratória foi realizado com base na média de quatro repetições, cujo resultado é expresso em quantidade de  $\text{CO}_2$  liberado por grama de semente por hora ( $\mu\text{gCO}_2$  liberado  $\text{g}^{-1}$  semente  $\text{h}^{-1}$ ), utilizando-se a seguinte equação:  $N \times D \times 22$  (MÜLLER, 1964), onde:  $N$  = normalidade do ácido usado ( $\text{HCl}$  0,1N);  $D$  = diferença entre o volume de  $\text{HCl}$  gasto na Titulação da Prova em Branco e o volume de  $\text{HCl}$  gasto na Titulação da Amostra; 22 = peso molecular equivalente a meia molécula de  $\text{CO}_2$  para a atividade respiratória (AR). O resultado foi expresso em quantidade de dióxido de carbono liberado por grama de semente, por hora ( $\mu\text{g CO}_2 \cdot \text{g semente}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ).



**Figura 2** – Ilustração do aparelho Pettenkofer utilizado para mensurar a atividade respiratória.

Fonte: Cavalcante (2016).

A atividade das enzimas antioxidantes foi determinada a partir de amostras de plântulas obtidas no final do teste de germinação de sementes a cada período de armazenamento.

O extrato enzimático para a determinação das atividades da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), foi obtido por meio da maceração de aproximadamente 250 mg de folhas e raiz em nitrogênio líquido, seguido da homogeneização em polivinilpolipirrolidona (PVPP) 20 % (p/p) e 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8) contendo EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 20 mM. Após a obtenção do extrato, este foi centrifugado a 12000 g por 20 min a 4°C e o sobrenadante foi utilizado para mensurar a atividade enzimática e a quantificação das proteínas pelo método de Bradford (1976).

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) foi baseada na sua capacidade de inibir a foto-redução de nitroazul de tetrazólio (NBT) (GIANNOPOLITIS; REIS, 1977) no meio de reação contendo fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), metionina (14 mM), EDTA (0,1 mM), NBT (75 µM) e riboflavina (2 mM). Os recipientes com o meio de reação e o extrato (25 µL para parte aérea e 50 µL para raiz) foram iluminados por 10 minutos, em uma caixa adaptada com lâmpada fluorescente de 15 W. Para o controle, o mesmo meio de reação sem a amostra foi iluminado e, como branco foi utilizado tubo com meio de reação mantido no escuro. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 560 nm, assumindo que uma unidade de SOD é a quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a foto-redução do NBT. Os resultados foram expressos em U.mg<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da enzima catalase (CAT) foi determinada segundo metodologia adaptada de Azevedo et al. (1998). A atividade da enzima foi monitorada pelo decréscimo na absorbância em 240 nm, durante 90 segundos, a 30 °C, num meio de reação contendo fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 12,5 mM e 50 µL do extrato enzimático. Os resultados foram expressos em µmol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi realizada segundo Nakano e Asada (1981), com modificações. A atividade da enzima foi monitorada por meio da avaliação da taxa de oxidação do ascorbato (ASA) a 290 nm, num meio de reação, composto de tampão fosfato de potássio, 100 mM (pH 7,0), ácido ascórbico (0,5 mM), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0,1 mM) e extrato (50 µL para parte aérea e 100 µL para raiz), durante 90 segundo, a 30° C. Os resultados foram expressos em µmol ASA min<sup>-1</sup> mg proteína<sup>-1</sup>.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdividas no tempo, com quatro repetições, para cada experimento. Nas parcelas foram avaliados os períodos de armazenamento e nas subparcelas as cultivares.

Os dados de cada experimento foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ) e, quando significativas, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4. 1 Experimento 1- Cultivares com qualidade superior**

Para a variável teor de água das sementes, constatou-se que as sementes de todas as cultivares apresentaram comportamento semelhante aos dois e quatro meses de armazenamento, com valores médios de 9,6 e 9,3%, respectivamente. Após seis meses de armazenamento, houve redução no teor de água das sementes para todas as cultivares estudadas, com valores médios em torno de 7,6% (Tabela 2).

Vale destacar que, as condições no ambiente de armazenamento em que as sementes foram submetidas, podem ter contribuído para a acentuada redução no teor de água das sementes. Demito e Afonso (2009) e Zucareli et al. (2015), encontraram valores menores de teor de água em sementes armazenadas em ambiente com resfriamento artificial, em comparação com sementes não resfriadas, indicando que o ambiente controlado com sistema de resfriamento artificial pode contribuir para diminuição do teor de água das sementes. Forti et al. (2010), estudando sementes de soja armazenadas em câmara seca, relataram que os teores de água das sementes diminuíram durante armazenamento atingindo valores entre 6-7% no final do período. Segundo esse autor, a baixa umidade relativa (50%) dentro da câmara proporcionou redução no teor de água nas sementes.

O baixo conteúdo de água das sementes pode favorecer o aparecimento de anormalidades, principalmente nas raízes das plântulas. Se avaliadas em rolos de papel, essas anormalidades podem ser confundidas com dano mecânico, devido à similaridade dos sintomas. Esses danos são decorrentes da absorção de excessivamente rápida de água presente no substrato e, como consequência, lotes de alta qualidade podem ser rejeitados para comercialização (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2007). Resultados semelhantes foram verificados por Vanzolini et

al. (2007), ao trabalhar com sementes de soja, cujos lotes de alta qualidade apresentaram baixo percentual de germinação, decorrentes de um provável dano de embebição.

Para a variável germinação foi observado interação entre os períodos de armazenamento e cultivares (Tabela 2). Analisando o efeito de cultivares dentro de cada período de armazenamento, verificou-se que, aos dois meses de armazenamento as sementes das cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR apresentaram desempenho superior, com médias de 96 e 97%, respectivamente, em comparação às sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR, que obteve 93% de germinação.

Ainda na Tabela 2, constatou-se que aos quatro e seis meses de armazenamento, as sementes da cultivar PAMPEANA 20 RR mantiveram maior percentual de germinação, com média de 95%. Enquanto as sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR permaneceram com os menores valores de germinação, com médias de 93 e 89% aos quatro e seis meses de armazenamento, respectivamente. Já as sementes da cultivar BRS 333 apresentou resultado intermediário, aos quatro meses, não diferindo das demais. No entanto, aos seis meses de armazenamento obteve desempenho inferior a PAMPEANA 20 RR e superior a PAMPEANA 10 RR.

Analisando os períodos de armazenamento, apenas as sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR, apresentaram redução significativa no percentual de plântulas normais durante o armazenamento (Tabela 2). Essa diminuição da germinação é um importante indicativo da redução da qualidade das sementes. Para alguns autores, há evidências claras de que a variabilidade genética das cultivares tem influência na qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO, 1999; MERTZ et al., 2009; SANTOS et al, 2012).

Apesar do desempenho diferenciado das sementes das cultivares durante os períodos de armazenamento, de maneira geral, pode-se observar que, as sementes apresentaram germinação média variando de 95 a 89%, após seis meses de armazenamento (Tabela 2), valores acima do mínimo permitido para comercialização de sementes de soja que é de 80% (BRASIL, 2013).

Para primeira contagem da germinação (Tabela 2), observou-se que não houve diferença significativa entre os períodos de armazenamento, pois a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação manteve-se estável durante o armazenamento. Por outro lado, ao analisar o comportamento das

cultivares, após diferentes períodos de armazenamento, pode-se observar que houve diferença significativa. As sementes das cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR apresentaram desempenho superior às sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR. A primeira contagem da germinação é uma ferramenta extra que o produtor pode utilizar para identificar diferenças entre lotes com germinação muito semelhantes. Este teste se baseia no princípio da velocidade de germinação (AOSA, 1983), pois à medida que avança o processo de deterioração, a velocidade de germinação é reduzida. Neste sentido, amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem de germinação podem ser consideradas mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999).

**Tabela 2.** Valores médios de teor de água, germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três cultivares de soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017

Genótipo	Teor de água (%)			Média	
	Períodos de armazenamento (meses)				
	2	4	6		
BRS 333 RR	9,4	9,1	7,6	8,7	
Pampeana 20 RR	9,3	9,5	7,9	8,9	
Pampeana 10 RR	10,1	9,2	7,6	8,9	
Média	9,6	9,3	7,6		
Genótipo	Germinação (%)			Média	
	96 Aa	94 ABa	93 Ba		94
	97 Aa	95 Aa	95 Aa		96
Pampeana 10 RR	93 Ba	93 Ba	89 Cb	92	
Média	95	94	92		
C.V. parcela (%)	2,38				
C.V. subparcela (%)	1,12				
Genótipo	Primeira contagem da germinação (%)			Média	
	88	88	89		88 A
	89	90	89		89 A
Pampeana 10 RR	84	83	82	83 B	
Média	87 <sup>ns</sup>	87 <sup>ns</sup>	87 <sup>ns</sup>		
C.V. parcela (%)	2,48				
C.V. subparcela (%)	1,84				

\*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, e ns não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para o teste de envelhecimento acelerado foi observado redução no percentual de plântulas durante o armazenamento (Tabela 3). Vários autores têm relatado a redução da qualidade de sementes de soja à medida que avança o período de armazenamento, tornando-se mais expressivas após seis meses, tanto em ambientes controlados como não controlados, porém as reduções são mais drásticas em ambientes não controlados (BARBOSA et al., 2010b; SMANIOTTO et al., 2014). Os efeitos práticos da redução de qualidade das sementes podem ser traduzidos pela

redução do seu vigor, aumento da incidência plântulas anormais e, como consequência final, decréscimo na porcentagem de germinação (TOLEDO et al., 2009; SILVA et al., 2014).

Para o fator cultivar, pelo teste de envelhecimento acelerado, verifica-se que houve diferença significativa, onde as sementes da cultivar BRS 333 RR apresentaram maior vigor, em comparação às sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, as quais apresentaram comportamento semelhante entre elas (Tabela 3). As características genéticas das cultivares possivelmente influenciaram neste resultado, pois existem genótipos mais sensíveis ao teste de envelhecimento acelerado e, conseqüentemente, a condições extremas de alta umidade relativa e temperaturas elevadas (MARCOS FILHO, 1999).

Os resultados do teste de condutividade elétrica foram significativos apenas para os fatores isolados (Tabela 3). Quanto ao efeito dos períodos de armazenamento, foi possível observar que, conforme se prolongou o armazenamento, aumentou a lixiviação de solutos, sendo este um indicativo da redução de qualidade das sementes durante o armazenamento. Vale salientar que, um dos primeiros eventos do processo de deterioração é a desestruturação do sistema de membranas, resultando em uma baixa capacidade de retenção de solutos e, como consequência, as sementes começam a perder eletrólitos, açúcares, aminoácidos e outras substâncias (DELOUCHE, 2002). Nesse sentido, o teste de condutividade elétrica é uma importante ferramenta para avaliação da qualidade das sementes, pois no início do armazenamento pequenas diferenças de qualidade podem não ser detectadas por outros testes.

Para o fator cultivar houve efeito significativo, onde as sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR apresentaram menores valores de condutividade elétrica, em comparação às sementes da cultivar BRS 333 RR, a qual apresentou maior porcentagem de plantas normais no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3). Estes resultados podem ter sido influenciados por características próprias das cultivares estudadas, pois sabe-se que o genótipo é um dos fatores que pode interferir nos resultados deste teste, mesmo estando dentro de um padrão de vigor semelhante (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Em estudo com sementes de soja, Panobiano e Vieira (1996) verificaram diferenças significativas na condutividade elétrica entre diferentes genótipos. Ao analisarem cultivares de soja CAC-1 e FT-Estrela, Silva et al. (2010), verificaram

superioridade da cultivar CAC-1, cuja a mesma apresentou menores valores de condutividade. No entanto, este resultado não foi comprovado pelo teste de envelhecimento acelerado, pois a cultivar FT-Estrela apresentou desempenho superior à CAC-1. As situações descritas demonstram a importância da utilização de mais de um teste de vigor em programa de controle interno de qualidade.

**Tabela 3.** Valores médios de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência em campo de sementes de três cultivares soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017

Genótipo	Envelhecimento acelerado (%)			Média
	Períodos de armazenamento (meses)			
	2	4	6	
BRS 333 RR	88	82	79	83 A
Pampeana 20 RR	80	72	66	72 B
Pampeana 10 RR	78	77	68	74 B
Média	82 a	77 b	71 c	
C.V. parcela (%)	3,50			
C.V. subparcela (%)	7,72			
Genótipo	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )			Média
	Períodos de armazenamento (meses)			
	2	4	6	
BRS 333 RR	100	106	108	105 B
Pampeana 20 RR	81	94	101	92 A
Pampeana 10 RR	85	97	100	94 A
Média	89 a	99 b	103 b	
C.V. parcela (%)	7,44			
C.V. subparcela (%)	3,48			
Genótipo	Emergência em campo (%)			Média
	Períodos de armazenamento (meses)			
	2	4	6	
BRS 333 RR	97	98	87	94 A
Pampeana 20 RR	98	93	84	92 A
Pampeana 10 RR	95	92	78	88 B
Média	96 a	94 a	83 b	
C.V. parcela (%)	3,68			
C.V. subparcela (%)	3,63			

\*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável emergência em campo, constatou-se que todas as sementes das cultivares apresentaram alto percentual de emergência, até os quatro primeiros meses de armazenamento, com média de 96% após dois meses e 94% após quatro meses. Porém, aos seis meses de armazenamento houve diminuição na porcentagem de emergência, evidenciando a redução da qualidade, atingindo média de 83% de emergência (Tabela 3). Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos pelos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, que identificaram redução da qualidade durante o armazenamento, principalmente nos meses finais.

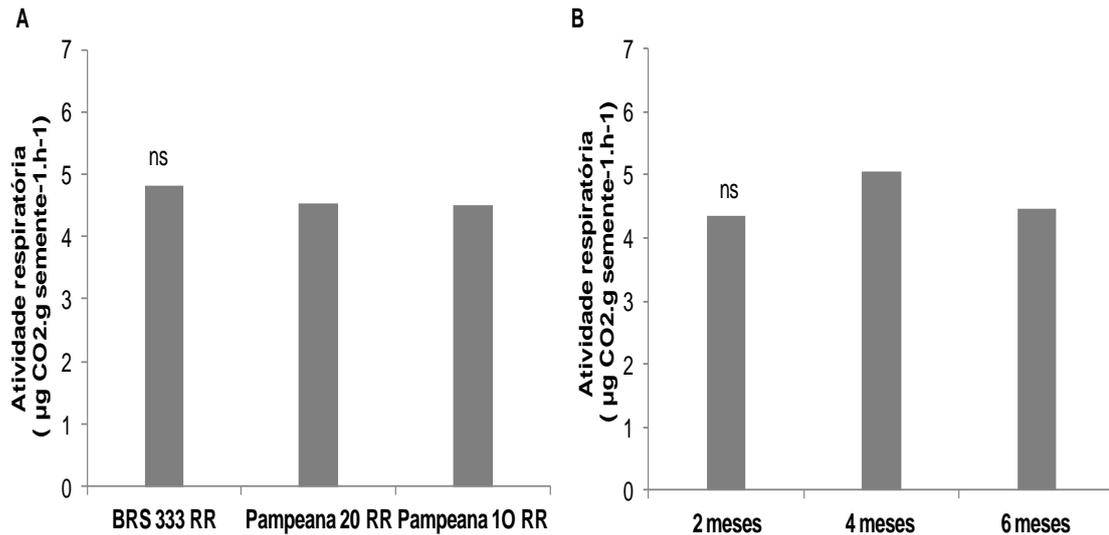
Delouche (1969) propôs uma sequência de efeitos menores da deterioração sobre o desempenho das sementes, dentre eles, degradação das membranas,

redução na velocidade de germinação e de crescimento de plântulas e diminuição da tolerância aos estresses ambientais, como condições de campo menos favoráveis. Nesse sentido, a redução do vigor das sementes pode ser facilmente detectada antes das sementes perderem sua capacidade de germinar, sendo este o último evento no processo de deterioração.

Em trabalho realizado por Santos et al. (2012), avaliando a qualidade fisiológica de 65 cultivares de soja, destas 32% apresentaram germinação média de 91% e emergência média de 73%. Essa diferença acentuada entre os valores de germinação e emergência em campo ressalta a importância da utilização de testes de vigor em um programa de controle de qualidade de uma empresa produtora de sementes, de forma que, a análise da qualidade das sementes, não deve se basear somente no teste de germinação, e sim associá-lo a outros testes, garantindo a segurança da qualidade da semente produzida.

A redução da qualidade durante o armazenamento ocorreu para as sementes das três cultivares estudadas, porém, com maior intensidade para a cultivar PAMPEANA 10 RR (Tabela 3). Esses resultados podem ter relação com a desuniformidade no processo de maturação das sementes dessa cultivar, já que a mesma possui hábito de crescimento indeterminado. Cultivares de crescimento indeterminado apresentam florescimento de maneira escalonada, podendo apresentar flores e vagens bem desenvolvidas simultaneamente (NEUMAIER et al., 2000), o que proporciona maturidade das sementes em momentos distintos. De maneira geral, as flores de uma mesma planta ou mesma inflorescência não são polinizadas ou fecundadas ao mesmo tempo, de modo que impossibilita a completa uniformidade de maturação em um mesmo indivíduo ou população de plantas, ficando expostas a condições ambientais desfavoráveis (PESKE et al., 2012; MARCOS FILHO, 2015).

Na avaliação da atividade respiratória das cultivares, não houve diferença significativa entre as médias. No entanto, aos quatro meses de armazenamento, pode-se observar um leve aumento na atividade respiratória das sementes (Figura 3b). Esse incremento no processo respiratório pode ter sido provocado por oscilações de temperatura dentro da câmara de armazenamento ou durante o transporte das sementes da Unidade de Beneficiamento de Sementes até o Laboratório de Análise de Sementes. Tais oscilações de temperatura podem favorecer o aumento da atividade respiratória das sementes (POPINIGIS, 1985).



**Figura 3** – Atividade respiratória de sementes de três cultivares de soja com qualidade superior (A), após diferentes períodos de armazenamento (B). \* ns não diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Para atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) foi verificada interação entre os períodos de armazenamento e cultivares, tanto na parte aérea como na raiz (Figura 4). Aos dois meses de armazenamento a cultivar PAMPEANA 20 RR apresentou maior atividade da enzima SOD na parte aérea, em comparação às cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 10 RR. No entanto, aos quatro meses de armazenamento, houve aumento na atividade da enzima, sendo esta superior para a cultivar BRS 333 RR. Aos seis meses de armazenamento a atividade da SOD foi semelhante em todas as cultivares (Figura 4a).

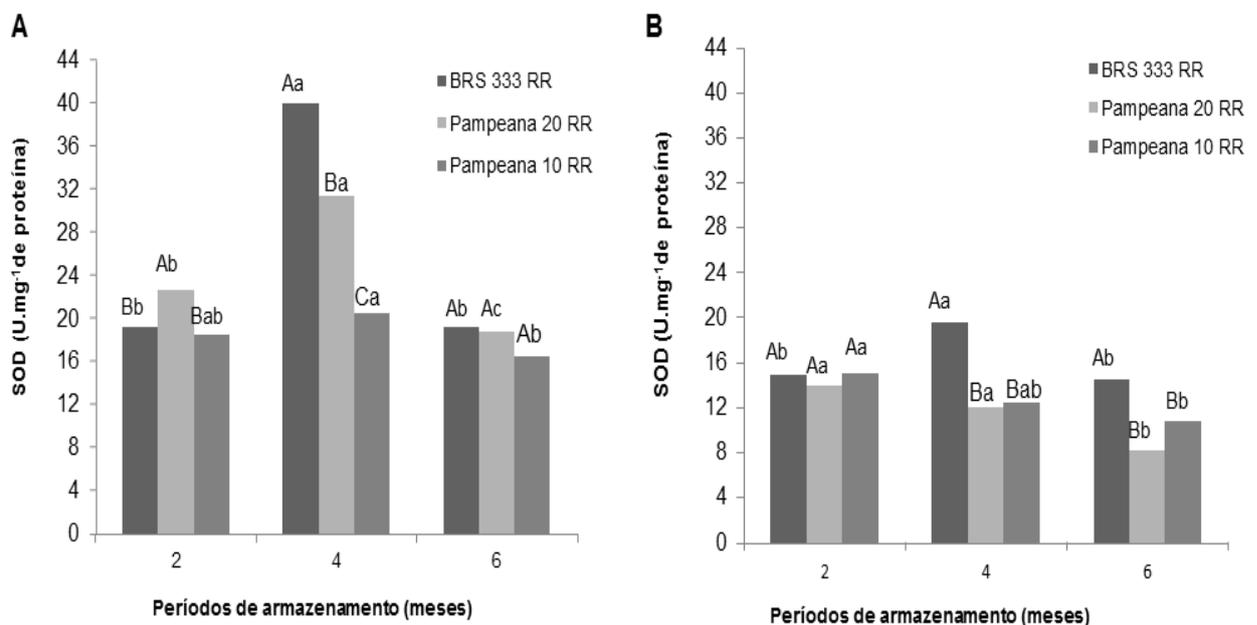
Analisando os períodos de armazenamento, a atividade da enzima SOD foi alterada para todas as cultivares, com aumentos significativos no quarto mês de armazenamento e redução no período final (Figura 4a). Corroborando com este trabalho, vários autores relataram a diminuição da atividade da SOD à medida que se prolonga o período de armazenamento em sementes de soja (SUNG; CHIU, 1995), algodão (GOEL; SHEORAN, 2003) e milho (TIMÓTEO, 2010).

Quanto à atividade da SOD nos tecidos radiculares (Figura 4b), aos dois meses de armazenamento, não foi observado diferença estatística entre as cultivares. No entanto, no quarto e sexto mês de armazenamento, houve incremento da atividade da SOD na cultivar BRS 333 RR, diferindo das demais.

Analisando a atividade enzimática da SOD nas raízes das plântulas, em diferentes períodos de armazenamento para cada cultivar, verificou-se aumento significativo para BRS 333 aos quatro meses, com posterior decréscimo, no último

período. Para as cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, houve redução da atividade da SOD durante o armazenamento (FIGURA 4b).

A enzima superóxido dismutase (SOD) a qual faz parte do sistema antioxidante, é uma das primeiras enzimas a atuar na defesa contra as espécies reativas de oxigênio (EROs) (APEL;HIRT, 2004). Em função disso, o aumento na atividade desta enzima pode conferir maior tolerância ao estresse (JALEEL et al., 2007). O pico máximo de atividade dessa enzima, tanto na parte aérea como na raiz, foi verificada para a cultivar BRS 333 RR, no quarto mês de armazenamento (Figura 4). Este resultado pode estar relacionado com o aumento nos níveis de EROs neste período. Apesar de ter ocorrido um aumento na atividade dessa enzima para a cultivar BRS 333 RR no quarto mês de armazenamento, constatou-se para essa cultivar menor redução no vigor pelo teste envelhecimento acelerado. Já a cultivar PAMPEANA 10 RR apresentou menor atividade da SOD em determinados períodos do armazenamento. Esta, por sua vez, apresentou baixo desempenho fisiológico nos testes de vigor em comparação às demais cultivares.



**Figura 4** – Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) na parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas três cultivares de soja qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento.

Para atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX), houve interação entre períodos de armazenamento e cultivares, na parte aérea e raízes (Figura 5). Ao analisar o efeito de cultivar dentro dos períodos de armazenamento, na parte aérea

das plantas, verificou-se que no segundo mês as cultivares não apresentaram diferenças significativas na atividade da enzima APX. Porém, no quarto mês de armazenamento, a cultivar PAMPEANA 20 RR apresentou maior atividade, quando comparada com as demais cultivares. Já aos seis meses de armazenamento a cultivar PAMPEANA 10 RR apresentou atividade superior, diferindo significativamente da BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR (Figura 5a).

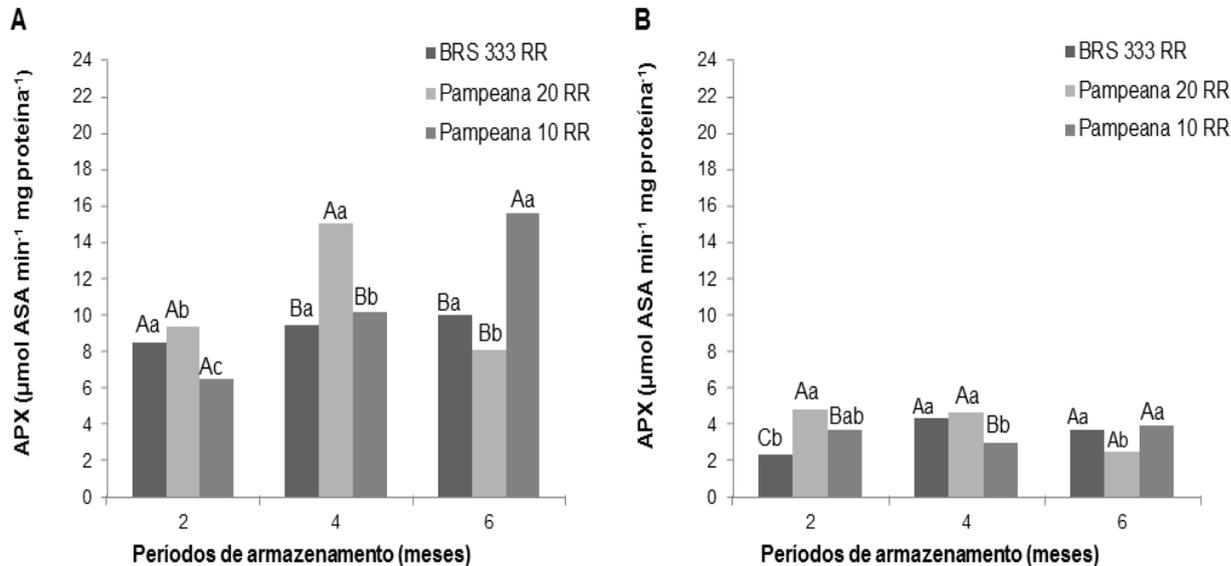
Comparando os períodos de armazenamento para cada cultivar, foi observado incremento progressivo na atividade da APX nos tecidos foliares, para cultivar PAMPEANA 10 RR. Para a cultivar BRS 333 não foi verificado aumento significativo na atividade da enzima. Já na cultivar PAMPEANA 20 RR esse acréscimo ocorreu somente no quarto mês de armazenamento (Figura 5a).

Analisando a atividade da enzima APX, nos tecidos radiculares, aos dois meses de armazenamento, verificou-se com maior atividade na cultivar PAMPEANA 20 RR. Aos quatro meses as cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR apresentaram maior atividade. Já aos seis meses de armazenamento, não houve diferenças entre as cultivares (Figura 5b).

Ao longo do armazenamento, a atividade enzimática da APX apresentou comportamento diferenciado para as cultivares, sendo que para a cultivar PAMPEANA 20 RR foi verificado redução significativa no último período. No entanto, para as cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 10 RR houve aumento na atividade dessa enzima.

As enzimas APX e CAT são consideradas fundamentais na remoção do peróxido de hidrogênio oriundo da dismutação do radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) pela SOD, porém a APX possui maior afinidade  $H_2O_2$  do que a CAT (APEL; HIRT, 2004; DEUNER et al., 2011). Nesse sentido, pequenas quantidades de  $H_2O_2$ , podem induzir a atividade da APX. A maior atividade da APX para as cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, tanto na parte aérea como nos tecidos radiculares, indica o intenso trabalho na remoção do  $H_2O_2$ , porém nem sempre pode ser o suficiente para contornar os danos, pois quando os danos atingem níveis elevados ocorre a perda da capacidade de controlar as EROs (BAILLY et al., 2008). A cultivar PAMPEANA 10 RR, embora tenha apresentado aumento na atividade dessa enzima no período final de armazenamento (Figura 5a), não foi suficiente para contornar possíveis danos, o que pode ser confirmado pelo baixo desempenho dessa cultivar nos testes de vigor.

Mostrando comportamento diferenciado dos genótipos em resposta a ação da enzima.



**Figura 5** – Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) na parte aérea (A) e raiz (B) plântulas de três cultivares de soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento.

Nos tecidos foliares, a interação entre os períodos de armazenamento e cultivares foi significativa para atividade da catalase (CAT). No segundo mês de armazenamento as cultivares não apresentaram diferenças significativas na atividade da enzima (Figura 6). Porém, aos quatro meses de armazenamento a PAMPEANA 10 RR apresentou menor atividade, diferindo significativamente das demais cultivares. Já, no último período de armazenamento, não houve diferença significativa entre as cultivares.

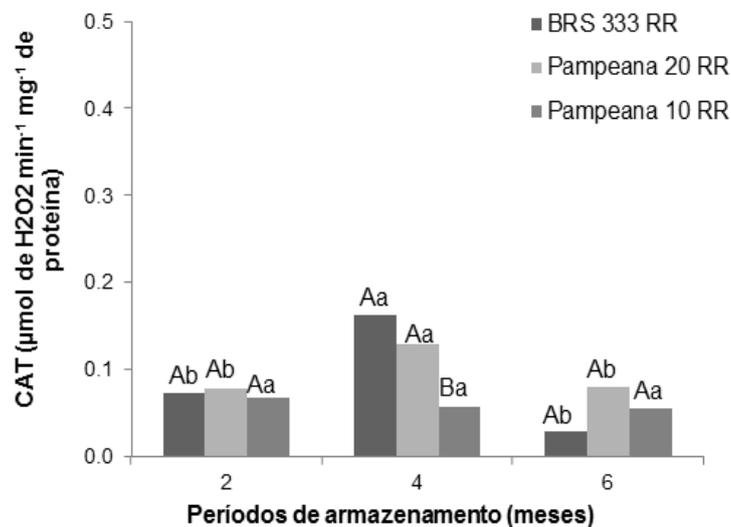
A CAT é uma enzima que atua na eliminação do peróxido de hidrogênio, oriundo da dismutação do superóxido ( $O_2^-$ ) pela SOD (APEL; HIRT, 2004). Como descrito anteriormente, a PAMPEANA 10 RR apresentou baixa atividade no quarto mês. Decréscimos na atividade dessa enzima podem ocasionar menor proteção da célula contra danos oxidativos, resultando na redução de qualidade (MARCOS FILHO, 2015). Trabalhando com sementes de milho, CHANG e SUNG (1998) relataram que a redução na atividade da CAT pode ser responsável pelo acúmulo de peróxido de hidrogênio durante o armazenamento. A ação da dessa enzima é importantíssima para evitar a conversão do  $H_2O_2$  em radicais mais reativos.

Analisando a atividade da CAT, ao longo dos períodos de armazenamento, verificou-se que a cultivar PAMPEANA 10 RR manteve constante a atividade da CAT

em todos os períodos avaliados. Porém, as cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR tiveram incrementos no quarto mês de armazenamento, o que coincidiu com a maior atividade da enzima SOD, neste período (Figuras 3 e 6). Provavelmente a ação dessas duas enzimas de forma combinada foi eficiente em combater os danos provocados pelas EROs, evitando assim, maiores reduções de qualidade.

A atividade da SOD, de forma isolada, não é suficiente para proteger a semente contra o estresse, sendo necessário um sistema que atue conjuntamente na remoção dos radicais livres, evidenciando assim, o sincronismo das duas enzimas, com a CAT completando ação da SOD, no intuito de manter baixo o conteúdo de EROs (MCDONALD, 1999). Nesse sentido, o aumento na atividade da CAT pode ser justificado pela necessidade de neutralizar altas concentrações de peróxido de hidrogênio, oriundo da dismutação dos radicais superóxido pela SOD. Em função disso, essas enzimas devem apresentar equilíbrio entre a produção e eliminação desta espécie reativa de oxigênio, evitando assim maiores danos oxidativos (BOWLER et al., 1991).

Nos tecidos radiculares não foi possível determinar a atividade da CAT, o que pode ser explicado pelo fato desta enzima apresentar baixa afinidade pelo substrato, tornando-se ativa somente quando ocorre acúmulo acentuado de  $H_2O_2$  (JALEEL et al., 2009).



**Figura 6** – Atividade da enzima catalase (CAT) na parte aérea de plântulas três cultivares de soja com qualidade superior, após diferentes períodos de armazenamento. Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento.

## 4.2 Experimento 2 – Cultivares com qualidade inferior

Os valores dos teores médios de água das sementes aos dois e quatro meses variaram entre 9,7 a 9,5%, respectivamente, se mantendo muito próximos (Tabela 4). Porém, ao final do período de armazenamento, houve redução, atingindo o percentual de 7,3% de umidade, valores abaixo do recomendado para conservação de sementes de soja que é de 12% (BAUDET; VILLELA, 2012; SMANIOTTO et al., 2014).

O baixo teor de água das sementes proporciona redução na atividade metabólica, o que contribui para a manutenção da qualidade das mesmas (CARDOSO et al., 2012). Por outro lado, pode favorecer a ocorrência de danos por embebição, devido a rápida absorção de água para o interior das sementes. Esses danos ocorrem quando há diferenças acentuadas entre os potenciais hídricos da semente e do meio em que se encontram, desencadeando alterações na conformação e estrutura do sistema de membranas celulares (BARBOSA et al., 2012). As membranas celulares de sementes com baixo teor de água apresentam um processo de desorganização estrutural. Quanto menor o grau de umidade das sementes, maior é a lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio externo ao serem submetidas à rápida hidratação (CORREA; AFONSO JÚNIOR, 1999).

Analisando a variável germinação, verificou-se durante o armazenamento que não houve redução significativa (Tabela 4), sendo mínima a diferença entre os períodos, com redução de apenas 3 pontos percentuais entre o primeiro e último. A manutenção do percentual de germinação sem reduções significativas durante o armazenamento pode ser explicada pelo fato de que, as primeiras alterações degenerativas nos processos bioquímicos associados à deterioração, geralmente ocorrem antes que o declínio na capacidade germinativa seja verificado (DELOUCHE e BASKIN, 1973). Assim, o vigor das sementes já pode estar comprometido, porém, não o suficiente para ser detectado através da redução de plântulas normais no teste de germinação, que é conduzido em condições favoráveis de laboratório.

Os resultados obtidos no teste de germinação possibilitaram a diferenciação das cultivares em três grupos significativos (Tabela 4). As sementes da cultivar BRS 333 RR obtiveram desempenho superior com média de 95% no percentual de germinação, diferindo das demais cultivares. Já as sementes da cultivar PAMPEANA 20 RR se comportaram de forma intermediária com 93% de germinação, e as

sementes da PAMPEANA 10 RR obtiveram média de 87% de germinação, sendo inferior em relação às demais cultivares.

Para a variável primeira contagem de germinação houve interação significativa entre os fatores cultivar e períodos de armazenamento (Tabela 4). Avaliando o efeito de cultivares dentro de cada período de armazenamento, observou-se que aos dois meses as sementes da cultivar BRS 333 RR apresentaram maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação, em relação às sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR. Esta última, por sua vez, apresentou menor percentual de plântulas normais em comparação às demais cultivares. Semelhante aos resultados do primeiro período de avaliação, aos quatro meses de armazenamento, as sementes da cultivar BRS 333 RR obtiveram desempenho superior às sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, que não diferenciaram entre si. Seguindo a mesma tendência aos seis meses de armazenamento (Tabela 4).

Com relação aos períodos de armazenamento, não houve redução significativa nos valores da primeira contagem de germinação para as cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR. Somente as sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR apresentaram variação no percentual de plântulas normais durante os períodos de armazenamento (Tabela 4).

As sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR apresentaram comportamento diferenciado em relação às sementes das demais cultivares, mostrando pequenas variações na sua qualidade durante o armazenamento (Tabela 4). Na primeira época de avaliação, após dois meses de armazenamento, houve menor porcentagem de plântulas normais em comparação às épocas seguintes, mostrando que as sementes originadas dessa cultivar apresentam menor uniformidade. Uma possível explicação para essa variação pode estar associada ao hábito de crescimento indeterminado da cultivar, apresentando florescimento de forma escalonada. E essa característica, associada a condições de estresses climáticos na região de produção, faz com que nem todas as sementes passem por estresses climáticos no mesmo estágio de desenvolvimento.

Com relação aos períodos de armazenamento, não houve redução significativa no valores da primeira contagem da germinação para as cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR, somente a cultivar PAMPEANA 10 RR apresentou variação no percentual de plântulas normais durante os períodos de armazenamento (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios de teor de água, germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três cultivares de soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017

Genótipo	Teor de água (%)			Média		
	Períodos de armazenamento (meses)					
	2	4	6			
BRS 333 RR	9,1	9,0	7,2	8,4		
Pampeana 20 RR	10,4	10,3	7,7	9,4		
Pampeana 10 RR	9,8	9,3	7,2	8,7		
Média	9,7	9,5	7,3			
Genótipo	Germinação (%)			Média		
	BRS 333 RR	97	95		94	95 A
	Pampeana 20 RR	95	93		90	93 B
Pampeana 10 RR	88	88	86	87 C		
Média	93 <sup>ns</sup>	92 <sup>ns</sup>	90 <sup>ns</sup>			
C.V. parcela (%)	4,20					
C.V. subparcela (%)	1,98					
Genótipo	Primeira contagem de Germinação (%)			Média		
	BRS 333 RR	91 Aa	90 Aa		91 Aa	91
	Pampeana 20 RR	85 Ba	83 Ba		82 Ba	83
Pampeana 10 RR	77 Cb	82 Ba	80 Ba	80		
Média	84	85	84			
C.V. parcela (%)	2,65					
C.V. subparcela (%)	2,42					

\*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, e ns não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O teste de envelhecimento acelerado mostrou que houve redução significativa no percentual de plântulas normais, à medida que se prolongou o período de armazenamento (Tabela 5). Cabe ressaltar que, a redução de qualidade em função da deterioração durante o armazenamento é inevitável, mas pode ser retardada, dependendo das condições de armazenamento e das características da semente (BAUDET; VILLELA, 2012; CARDOSO et al., 2012; FORTI et al., 2010).

É importante destacar que o avanço do processo de deterioração de sementes depende também da qualidade inicial das mesmas (ADEBISI et al., 2004; ABREU et al., 2011). Em estudo realizado por Pascuali (2012), em sementes de soja, com viabilidade média em torno de 98% no início do armazenamento e, mantidas em condições refrigeradas, mostrou que o potencial de armazenamento nessas condições é superior a sete meses. No entanto, Forti et al. (2010), ao estudarem o comportamento de três lotes de sementes de soja, com diferentes níveis de vigor, durante o armazenamento, verificaram maior redução desta variável nas sementes de qualidade inicial inferior.

Analisando o efeito cultivar sobre o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 5), constatou-se diferença significativa entre as cultivares, no qual as sementes da cultivar BRS 333 RR apresentaram maior potencial de armazenamento em

comparação com as sementes das demais cultivares. Cabe ressaltar que, dentre as três cultivares estudadas, as sementes da cultivar PAMPEANA 20 RR apresentaram menor percentual de plântulas normais, em todos os períodos analisados, com valores variando de 52 a 30%, com redução de 22 pontos percentuais entre os meses iniciais e o período final de armazenamento (Tabela 5). O teste de envelhecimento acelerado baseia-se no fato de que sementes que possuem maior vigor são mais tolerantes às condições adversas de umidade relativa e temperatura elevada, conseqüentemente, apresentam valores mais altos de germinação que as menos vigorosas, que ao serem expostas às mesmas condições, têm sua viabilidade reduzida (DELOUCHE; BASKIN, 1973). O baixo percentual de plântulas normais da cultivar PAMPEANA 20 RR, no teste de envelhecimento acelerado, mostrou que essa cultivar apresentou reduções significativas de vigor durante o armazenamento. Pode-se observar que o vigor das sementes dessa cultivar já estava comprometido, logo nos meses iniciais de armazenamento, possivelmente em função da deterioração por umidade sofrida antes da colheita.

O desdobramento da interação entre cultivares e períodos de armazenamento para a variável condutividade elétrica encontra-se na Tabela 5. Analisando o efeito de cultivares dentro de cada período, verificou-se aos dois meses de armazenamento que as sementes da cultivar PAMPEANA 20 RR apresentaram os menores valores de condutividade elétrica em comparação às sementes das cultivares PAMPEANA 10 RR e BRS 333 RR, que não diferenciaram entre si (Tabela 5). Aos quatro e aos seis meses de armazenamento, não houve diferença significativa entre as cultivares para os valores de condutividade elétrica.

No entanto, apesar de não haver diferença significativa, pode-se observar que a cultivar PAMPEANA 20 RR apresentou maiores valores de condutividade elétrica alcançando  $130 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$  no último período de avaliação. Na literatura existem poucos relatos consistentes de estudos que correlacionem os valores de condutividade elétrica com a aptidão para a semeadura de sementes de soja em nível de campo. Nos Estados Unidos, lotes de sementes de soja que apresentam condutividade  $\geq 150 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ , não estão aptos à semeadura (AOSA, 1983).

Com relação aos períodos de armazenamento para cada cultivar, verificou-se que as sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR apresentaram variações significativas na liberação de exsudatos, à medida que avançou o período de armazenamento. Esse aumento progressivo na lixiviação de

solutos ocorre em função do extravasamento do conteúdo celular para o meio, em maiores quantidades em sementes deterioradas por apresentarem menor integridade das membranas, sendo este esse um indicativo da redução de qualidade (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; VIERA et al., 2002; KRUSE et al., 2006). As sementes da cultivar PAMPENA 20 RR, apesar de terem apresentado menores valores de condutividade elétrica nos meses iniciais de armazenamento, aumentaram muito a lixiviação de exsudatos aos seis meses de armazenamento, se igualando as sementes das demais cultivares. Baixos valores iniciais na leitura da condutividade podem ter sido influenciados por efeitos hereditários dos genótipos que podem mascarar as diferenças de vigor entre genótipos (AOSA, 1983; VIEIRA et al., 1996; PANOBIANCO et al., 1996; 1997; 1999).

Para a variável emergência em campo, houve interação entre os períodos de armazenamento e cultivares (Tabela 5). Analisando o fator cultivar, foi possível observar comportamento semelhante no segundo mês de armazenamento, com percentual mínimo de emergência de 92%. No entanto, aos quatro e aos seis de meses de armazenamento, as sementes da cultivar BRS 333 RR apresentaram porcentagem de emergência superior, diferindo das demais cultivares, com percentuais de 97% e 87%, respectivamente.

Para todas as cultivares verificou-se redução no percentual de plântulas emergidas no sexto mês de armazenamento, porém as reduções mais acentuadas foram para as sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, que embora tenham apresentado emergência em campo acima de 88% nos meses iniciais, no último período reduziram qualidade, com decréscimos de 22 e 15 pontos percentuais, entre o primeiro e o último período, respectivamente (Tabela 5).

Após o processo de colheita é comum às sementes permanecerem armazenadas na unidade de beneficiamento de sementes por determinado tempo até serem comercializadas, período este, que pode variar de acordo com a região ou empresa, podendo se prolongar até seis meses após a colheita ou mais. Nesse sentido, torna-se desejável que as sementes apresentem alto potencial de armazenamento e que estas consigam expressar o máximo possível de vigor em condições de campo. O efeito do vigor de sementes no campo tem sido demonstrado através velocidade de emergência, emergência total, população de plantas e produtividade (VANZOLINI; CARVALHO, 2002; SCHEEREN et al., 2010)

**Tabela 5.** Valores médios de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência em campo de sementes de três cultivares soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento. Pelotas, RS, 2017

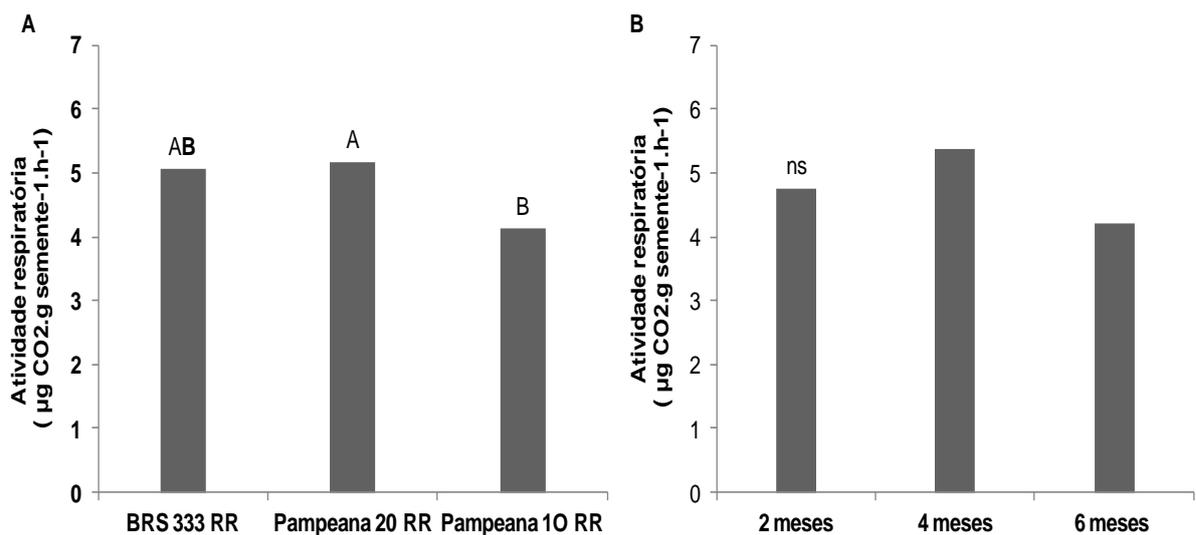
Genótipo	Envelhecimento acelerado (%)			Média
	Períodos de armazenamento (meses)			
	2	4	6	
BRS 333 RR	88	80	79	82 A
Pampeana 20 RR	52	42	30	41 C
Pampeana 10 RR	76	72	63	70 B
Média	72 a	65 b	57 c	
C.V. parcela (%)	7,44			
C.V. subparcela (%)	10,05			
Genótipo	Condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )			Média
BRS 333 RR	106 Ba	117 Aa	123 Aa	115
Pampeana 20 RR	86 Aa	108 Ab	130 Ac	108
Pampeana 10 RR	100 Ba	109 Aab	119 Ab	110
Média	98	112	124	
C.V. parcela (%)	10,78			
C.V. subparcela (%)	6,92			
Genótipo	Emergência em campo (%)			Média
BRS 333 RR	95 Aa	97 Aa	87 Ab	93
Pampeana 20 RR	95 Aa	90 Ba	73 Bb	86
Pampeana 10 RR	92 Aa	88 Ba	77 Bb	85
Média	94	91	78	
C.V. parcela (%)	5,46			
C.V. subparcela (%)	3,54			

\*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Algumas das manifestações da deterioração de sementes incluem o declínio no consumo de  $\text{O}_2$ . Por outro lado, pode haver aumento na liberação de  $\text{CO}_2$ , o que não significa, necessariamente, que o processo respiratório está ocorrendo de maneira eficiente, com consequente produção de energia (Marcos Filho 2015). Os resultados obtidos para a variável atividade respiratória apresentaram diferença significativa para o fator cultivar (Figura 7a), com maiores taxas respiratórias para as sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e BRS 333 RR, onde esta última, por sua vez, não diferiu estatisticamente das sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR, a qual apresentou menores valores na respiração. As sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR apresentaram baixo desempenho fisiológico nos testes de vigor analisados. Vários trabalhos têm associado à baixa atividade respiratória de sementes com lotes de menor vigor (MENDES et al., 2009; VENSKE et al., 2014; DODE et al., 2016).

Apesar de não haver diferença significativa entre os períodos de armazenamento, foi possível observar um leve aumento aos quatro meses e posterior redução aos seis meses de armazenamento (Figura 7b).

À medida que as sementes se deterioram a respiração torna-se menos intensa em decorrência de danos nas membranas mitocondriais, os quais podem ser associados à peroxidação lipídica, com conseqüente redução do vigor dessas sementes (MARCOS FILHO, 2015). A redução da atividade respiratória aos seis meses de avaliação corroborou com o aumento de lixiviados no teste de condutividade elétrica, redução no número de plantas normais no teste envelhecimento acelerado e redução da emergência em campo. Notadamente, a eficiência da atividade respiratória para verificação do vigor de sementes deve ser associada a outros testes de vigor.



**Figura 7** – Atividade respiratória de sementes de três cultivares de soja com qualidade inferior (A), após diferentes períodos de armazenamento (B). Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento e ns não diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Para a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) na parte aérea das plântulas, ocorreu interação entre os períodos de armazenamento e cultivares (Figura 8a). Aos dois meses a cultivar BRS 333 RR apresentou maior atividade da enzima, seguida pela PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR. No quarto mês as cultivares apresentaram comportamento semelhante. Já aos seis meses, as cultivares diferiram entre si, com maior atividade da enzima na cultivar PAMPEANA 20 RR e menor para cultivar BRS 333 RR.

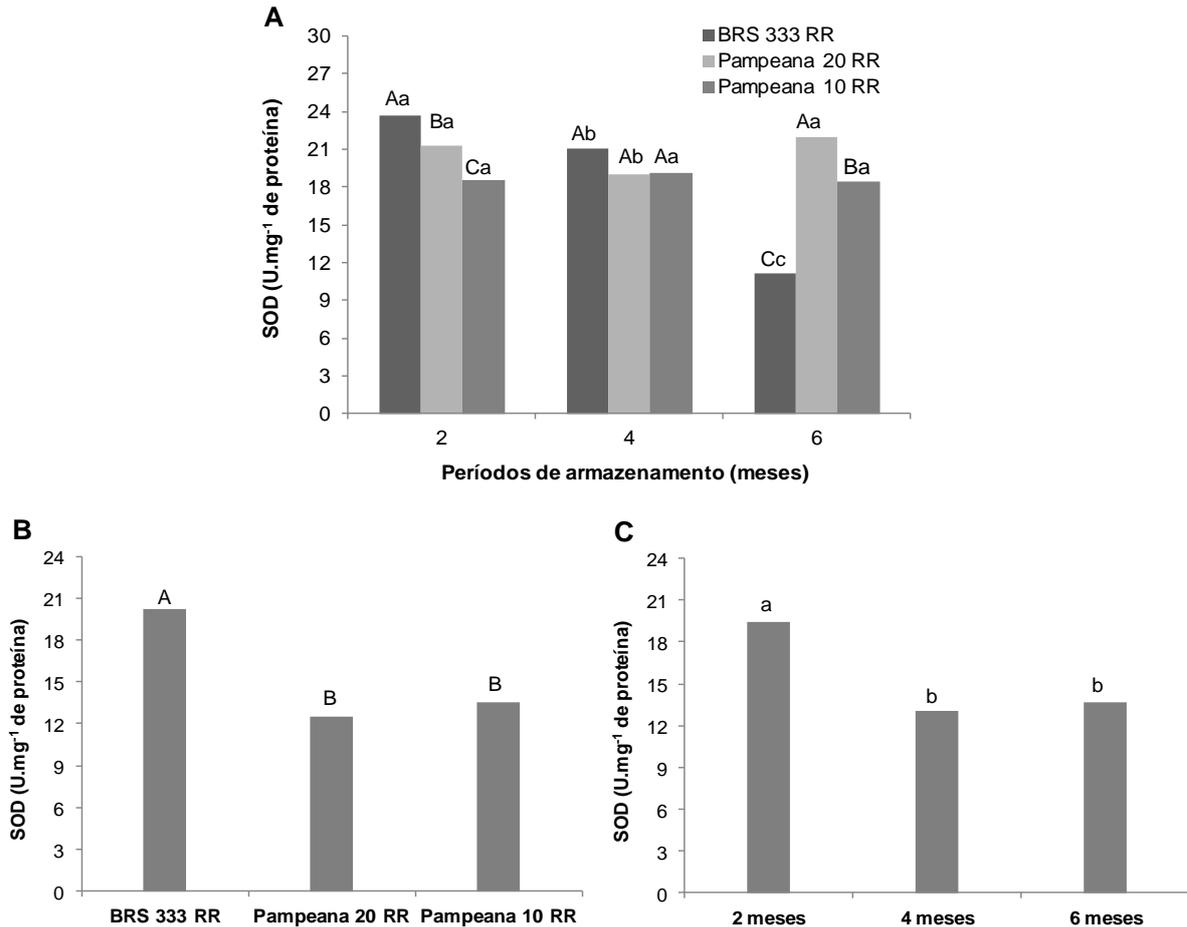
Analisando os períodos de armazenamento, observou-se que a atividade da enzima variou durante os períodos para as cultivares BRS 333 RR e PAMPEANA 20 RR. No entanto, a PAMPEANA 10 RR manteve a atividade enzimática constante em todas as épocas (Figura 8a).

Para a atividade enzimática da SOD, nas raízes, não foi verificada interação entre os fatores estudados. Quanto ao fator cultivar, a atividade da enzima foi maior para a cultivar BRS 333 RR, diferindo significativamente das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR (Figura 8b)

Com relação aos períodos de armazenamento, observou-se que a atividade da enzima foi maior aos dois meses, sendo reduzida significativamente, após o quarto mês de armazenamento (Figura 8c).

A enzima superóxido dismutase é conhecida por oferecer proteção à célula contra danos oxidativo, dismutando o radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) em  $H_2O_2$ , um produto relativamente estável e que pode ser detoxificado pela ação da catalase e ascorbato peroxidase (CARNEIRO, et al., 2011). Nesse sentido, a capacidade em manter a atividade dessa enzima, torna-se essencial para proteção contra esses danos provocados pelas EROs, evitando assim, a intensificação do processo de deterioração durante o armazenamento.

A maior atividade da SOD na cultivar BRS 333 RR e posterior redução (Figura 8a), pode estar relacionada com a eficiência em remover os produtos tóxicos, que podem ocasionar redução no vigor das sementes, durante o armazenamento. Neste experimento, verificaram-se menores reduções de qualidade da cultivar BRS 333 RR, em comparação às demais cultivares. No entanto, se a formação de radicais livres for muito alta, mesmo havendo atividade dessa enzima de detoxificação, pode não ser suficiente para remoção desses produtos (BAILLY et al., 2008), como ocorrido com as sementes das cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, as quais não conseguiram manter qualidade durante o armazenamento.



**Figura 8** – Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) na parte aérea (A) e raiz (B, C) de plântulas de três cultivares de soja qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento. Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento.

Na avaliação da atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) na parte aérea e raízes, foi verificada interação entre períodos de armazenamento e cultivares (Figura 9). Ao analisar o efeito das cultivares dentro dos períodos de armazenamento, nos tecidos foliares, constatou-se no segundo mês de avaliação maior atividade da enzima para a PAMPEANA 20 RR em comparação às demais cultivares. No entanto, no segundo período de avaliação, as cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR apresentaram comportamento semelhante, diferindo da BRS 333 RR que obteve menor atividade da APX. Aos seis meses de armazenamento a cultivar PAMPEANA 20 RR apresentou maior atividade (Figura 9a).

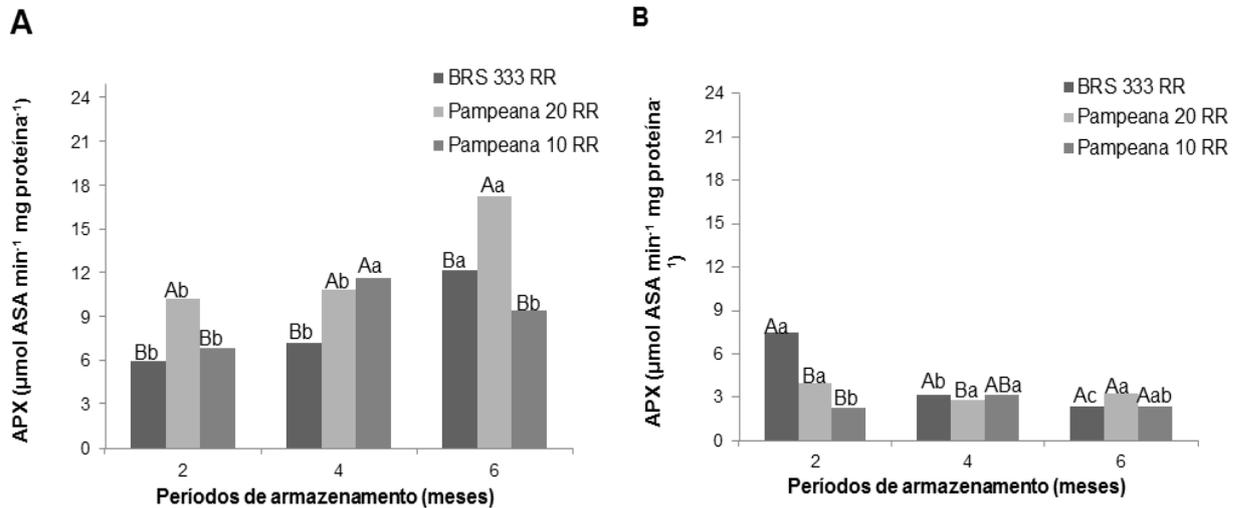
Ao analisar o efeito de cada cultivar ao longo dos períodos de armazenamento, foi possível observar que as cultivares apresentaram incremento significativo durante o armazenamento (Figura 9a).

A atividade enzimática nos tecidos radiculares mostrou que, aos dois meses de armazenamento, a cultivar BRS 333 RR obteve maior atividade da APX, diferindo das demais. Já no quarto mês tanto a BRS 333 quanto a PAMPEANA 10 RR apresentaram maior atividade enzimática, diferindo da cultivar PAMPEANA 20 RR. No entanto, aos seis meses as três cultivares analisadas apresentaram comportamento semelhante (Figura 9b).

A atividade da enzima APX na raiz foi variável durante o armazenamento para as cultivares 333 RR e PAMPEANA 10 RR. Já para a cultivar PAMPEANA 20 RR não houve alteração da atividade enzimática durante o armazenamento (Figura 9b).

A ascorbato peroxidase (APX) contribui para a remoção de EROs, em conjunto com a SOD, onde ambas as enzimas, podem atuar mantendo um equilíbrio entre a formação e remoção de  $H_2O_2$  do ambiente intracelular, evitando assim danos nos sistemas de membranas (MATÉS, 2000). Nesse sentido, a maior atividade dessa enzima pode está relacionada ao intenso trabalho na reversão de danos oxidativos. Porém, mesmo com aumento da atividade dessa enzima, condições estressantes podem fazer com que o conteúdo de  $H_2O_2$  exceda a capacidade de sua remoção (BENAVIDES et al., 2005), resultando na intensificação do processo de deterioração e, conseqüentemente, em reduções de qualidade. Corroborando com o exposto anteriormente, nesta pesquisa, a cultivar PAMPEANA 20 RR apresentou maiores picos na atividade dessa enzima, na parte aérea (Figura 9a), durante o armazenamento, e a mesma apresentou acentuada redução de qualidade, com baixo desempenho nos testes de vigor analisados. Em estudo com sementes de milho Borba et al. (2014), verificaram maior atividade da APX em lotes de menor vigor.

Já, no sistema radicular a BRS 333 apresentou maior pico na atividade dessa enzima. No entanto, é importante salientar que as sementes dessa cultivar não apresentou pronunciadas reduções de qualidade durante o armazenamento, demonstrando a eficiência do seu sistema antioxidante na remoção de EROs, evitando assim, danos oxidativos mais severos (Figura 9b).



**Figura 9** – Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas de três cultivares de soja com qualidade inferior, após diferentes períodos de armazenamento. Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento.

Ao analisar a atividade da enzima catalase (CAT) na parte aérea, verificou-se interação entre os períodos de armazenamento e cultivares. Aos dois meses as cultivares não apresentaram diferença significativa na atividade enzimática, o mesmo foi observado após quatro meses de armazenamento. Já no período final somente a PAMPEANA 10 RR diferiu das demais, apresentando menor atividade (Figura 10).

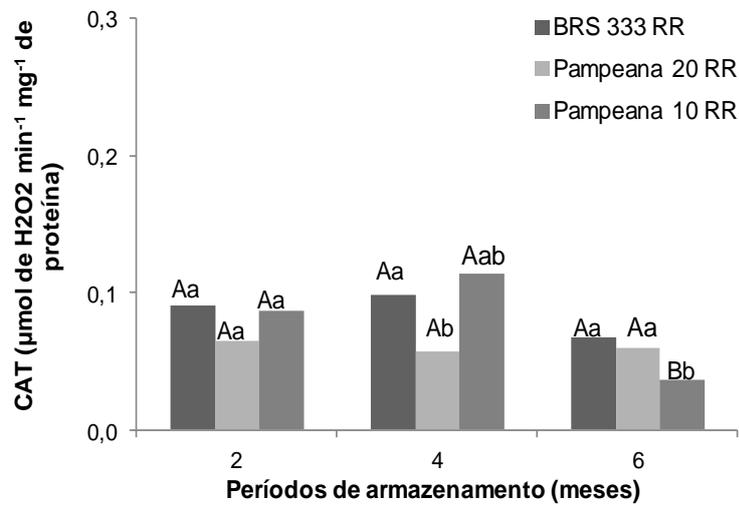
Analisando os períodos de armazenamento, verificou-se que, para as cultivares PAMPEANA 20 RR e PAMPEANA 10 RR, houve alterações significativas na atividade da CAT. Entretanto, para a BRS 333 a atividade não foi influenciada pelo período de armazenamento (Figura 10).

Com relação à atividade da CAT nos tecidos radiculares, assim como ocorrido no experimento realizado com sementes de qualidade superior, não foi possível detectar atividade desta enzima.

A CAT tem um importante papel no sistema defesa antioxidante, completando a ação da SOD, através da eliminação do  $H_2O_2$ , quando este se encontra em concentrações elevadas na célula (JALEEL et al., 2009). Nesse sentido, a redução da atividade dessa enzima pode proporcionar menor proteção contra danos oxidativos, acúmulo de  $H_2O_2$  e reduções de qualidade (MARCOS FILHO, 2015).

Neste experimento, verificou-se que as cultivares PAMPEANA 20 RR PAMPEANA 10 RR apresentaram redução na atividade dessa enzima ao longo do armazenamento (Figura 10), corroborando com os resultados obtidos na avaliação da

qualidade fisiológica, onde estas cultivares apresentaram reduções significativas de vigor.



**Figura 10** – Atividade da enzima catalase (CAT) parte aérea de plântulas de três cultivares de soja, após diferentes períodos de armazenamento. Letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para cultivares e minúsculas para períodos de armazenamento.

## 5 CONCLUSÕES

- Sementes de soja de diferentes cultivares apresentam comportamento diferenciado durante o armazenamento em condições controladas;
- A redução de qualidade de sementes de soja durante o armazenamento não ocorre na mesma velocidade para todas as cultivares;
- As sementes de soja da cultivar BRS 333 RR possuem um alto potencial de armazenamento, com menores reduções de qualidade durante o armazenamento em condições controladas;
- As sementes de soja da cultivar PAMPEANA 20 RR apresentam alto potencial de armazenamento, quando se utiliza lotes de alto vigor, mantendo sua qualidade até seis meses de armazenamento, sem grandes reduções de qualidade em condições controladas;
- As sementes da cultivar PAMPEANA 10 RR apresentam maiores reduções de qualidade durante o armazenamento;
- A cultivar BRS 333 RR possui um sistema antioxidante eficiente na remoção de espécies reativas de oxigênio, mantendo a qualidade de sementes;
- A cultivar PAMPEANA 10 RR apresenta aumento na atividade das enzimas antioxidantes, em determinados períodos de armazenamento, porém este não é suficiente para manter a qualidade das sementes.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados testes de avaliação de qualidade mostraram o comportamento diferenciado de cultivares durante o armazenamento, mesmo em casos em que as sementes apresentavam qualidade semelhante no início do armazenamento e mantidas nas mesmas condições de armazenamento. Nesse caso, produtor deve conhecer bem as peculiaridades de cada material a ser produzido, bem como potencial de armazenamento.

Sementes de soja de diferentes cultivares armazenadas em condições de temperatura média de 18°C e umidade relativa média de 48% não preservam a qualidade fisiológica das sementes por seis meses de armazenamento. Nesse caso, sugere-se que em regiões que apresentam temperaturas elevadas durante o armazenamento, as sementes sejam mantidas à temperatura constante em torno de 10°C para favorecer a manutenção da qualidade das sementes por um período de até seis meses de armazenamento.

Os diferentes hábitos de crescimento apresentado pelas cultivares podem ter influenciado nos resultados desta pesquisa. Neste caso, sugere-se aos produtores que adotem boas práticas de manejo durante a condução da lavoura, tais como velocidade e profundidade de semeaduras adequada, utilização de sementes de alta qualidade, evitando desuniformidade na emergência das plantas.

## REFERÊNCIAS

- ABRASEM – Anuário Brasileiro de Sementes. O sistema Brasileiro de Sementes. Brasília: **Anuário 2006**, Brasília, p. 26, 2006.
- ABRASEM – Anuário Brasileiro de Sementes. O sistema Brasileiro de Sementes. Brasília: **Anuário 2015**, Brasília, p. 08-15, 2015.
- ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M.; PINTO, C. A.G.; KATAOKA, V. Y. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4 p. 635 - 642, 2011.
- ABREU L. A. S.; CARVALHO M. L. M.; PINTO CAG, KATAOKA V.Y.; SILVA T.T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 240-247, 2013.
- ADEBISI, M.A.; DANIEL, I.O.; AJALA, M.O. Storage life of soybean (*Glycine max* L. Merrill) seeds after seed dressing. **Journal of Tropical Agriculture**, v.42, n.1-2, p.3-7, 2004.
- AGUIAR, I.B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, p.33-44, 1995.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.373– 399, 2004.
- APROSOJA – Associação dos Produtores do Meio Norte do estado do Maranhão. Anapurus, 2015.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).
- ARAÚJO, F. E. **Os efeitos da expansão da monocultura da soja no Baixo Parnaíba na dinâmica da pequena produção agrícola**. 2009. 77f. TCC (Trabalho

de Conclusão de Curso apresentado para Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Pará.

AUMONDE, T. Z.; MARINI, P.; MORAES, D. M. DE; MAIA, M. DE S.; PEDÓ, T.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Classificação do vigor de sementes de feijão-miúdo pela atividade respiratória. **Interciência**, v.31, n.1, p.55-58, 2012.

AZEVEDO, R. A.; ALAS, R.M.; SMITH, R. J.; LEA, P.J. Response from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation in leaves and roots of wild type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v.104, p. 280-292, 1998.

BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 806-814, 2008.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N.M. B.; ALFENAS, R.C.G.; PAULA, S.O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição de Campinas*, v. 23, n. 4, p.629-643, 2010a.

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

BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, M. A.; CENTURIONI, M. A. P. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p. 45-51, 2012.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p. 453-460, 2014.

BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, n.1, p.113-123, 2006.

BAUDET, L. M.S; VILLELA, F.A Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª ed. Ed. Universitária UFPel, Pelotas, 2012. p.481-528.

BELUFI, L. M. R.; PITTELKOW, F. K.; PASCUALI, R. M. Boletim técnico 02 – **resultados safra 2014/2015**. Lucas do Rio Verde, 2015.

BENAVIDES, M.P.; GALLEGO, S.M.; TOMARO, M.L. Cadmium toxicity in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.17, p.21-34, 2005.

BORBA, I. C. G.; BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; MARTINS, A. B. N.; MORAES, D. M. Metabolismo antioxidativo para separação de lotes de sementes de diferentes graus de homogeneidade. **Revista brasileira de Biociências**, v. 12, n. 1, p. 20-26, 2014.

BOWLER, C.; SLOOTEN, L.; VANDENBRANDEN, S.; DERYCKE, R.; BOTTERMA, J.; SYBESMA, C.; VANMONTAGUM, M.; INZÉ, D. Manganese superoxide dismutase can reduce cellular-damage mediated by oxygen radicals in transgenic plants. **Embo journal**, v, 10, n. 7, p.1723–1732, 1991.

BOWLER, C; VAN MONTAGU, M; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, p. 83-116, 1992.

BRACCINI, A. L.; BRACCINI, M.C.L.; SCAPIM,C.A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos. **Informativo ABRATES**, v.11, n.1, p.10-15, 2001.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.48-254, 1976.

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

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Padrões para a Produção e a Comercialização de Sementes**. Brasília: Diário Oficial da União, 20 set. 2013.

CANTARELLI, L. D.; SCHUCH, L. O. B.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A. Variabilidade de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Acta Agronômica**, v. 64, n.3, p. 234-238, 2015.

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

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

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento safra brasileira de grãos, v. 3 - Safra 2015/16, n. 12 – Décimo segundo Levantamento, set. 2016. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_09\\_06\\_09\\_03\\_20\\_boletim\\_12\\_setembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_06_09_03_20_boletim_12_setembro.pdf). Acesso: 25 de nov. 2016.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.1, n.1, p. 21-26, 1999.

DEL RIO, L. A.; PASTORI, G. M.; PALMA, J. M.; SANDALIO, L. M.; SEVILLA, F.; CORPAS, F.J.; JIMÉNEZ, A.; LÓPEZ-HUERTAS, E.; HERNÁNDEZ, J. A. The activated oxygen role of peroxisomes in senescence. **Plant Physiology**, v.116, p.1195-1200, 1998.

DELOUCHE, J.C. **Planting seed quality**. Mississippi State University, 1969.

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

DELOUCHE, J.C. Germinacion, deterio y vigor de semilla. **Seed News**, v.6, n.6, p.16-20, 2002.

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

DEUNER, C.; MAIA, M. S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G. E.. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 711-720, 2011.

DODE, J. DE S.; MENEGHELLO, G. E.; TIMM, F. C.; MORAES, D. M. DE; PESKE, S. T. Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p.193-198, 2013.

DODE, J. DE S.; ALMEIDA, A. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A.; MORAES, D. M. Respiratory activity in wheat seeds as related to physiological quality. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 5, p. 1246-1253, 2016.

EMBRAPA SOJA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares**. Disponível em: <[http://www.spm.embrapa.br/produtos/mostrar\\_produto/153/](http://www.spm.embrapa.br/produtos/mostrar_produto/153/)>. Acesso em: 20 mai. 2015.

EMBRAPA SOJA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Metodologia Alternativa para Avaliação da Germinação de Semente de Soja**. Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver\\_alerta.php?cod\\_pagina\\_sa=185&cultura=1](http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_sa=185&cultura=1). Acesso em: 02 de dezembro de 2016.

FONSECA, J. R.; FREIRE, A. B.; FREIRE, M. S.; ZIMMERMANN. Conservação de sementes de feijão sob três sistemas de armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 2, n. 1, p. 19-27, 1980.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3 p. 123-133, 2010.

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

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C. **Metodologia alternativa para a avaliação da germinação de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N.P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade – Série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 40).

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, Centro Científico Conhecer**, v. 7, n.12, p.1-12, 2011.

FROTA, A. B.; CAMPELO, G. J. A. Evolução e perspectivas da produção de soja na região Meio-Norte do Brasil. In: QUEIROZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS S.R.R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br>. Acesso em 15 dez 2016.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v.59, p.309-314, 1977.

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

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, praline metabolism and indole alkaloid accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.60, p.110-116, 2007.

JALEEL, C. A.; RIADH, K.; GOPI, R.; MANIVANNAN, P.; INES, J.; AL-JUBURI, H. J.; 6 CHANG-XING, Z.; HONG-BO, S.; PANNEERSELVAM, R. Antioxidant defense responses: 7 physiological plasticity in higher plants under abiotic constraints. **Acta Physiology Plant**, v. 31, 8 p.427-436, 2009.

JOSÉ, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. T. T. T.; CURI, C. C. S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos

fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4 p.029 - 038, 2010.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n.6, p.12481256, 2005.

KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; DALMAZ, C.; TREZZI, M. M.; SIQUEIRA, I. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para a mistura dos herbicidas metribuzin e clomazone. **Planta Daninha**, , v. 24, n. 2, p. 379-390, 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C. ; FRANÇA NETO, J.B. Agregando valor à semente de soja, **Revista Seed News**, Pelotas, v.8 , n. 5, p.21-23, 2003.

LABGEO- Laboratório de geoprocessamento. **Mapa de localização do Território do Baixo Parnaíba**. UEMA. São Luis/MA, 2005.

LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2 ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.

MARANHÃO. Gerencia de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Universidade Estadual do Maranhao. **Atlas do Maranhão**. Sao Luis: GEPLAN, 2002. 39p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3.1, p.3.24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. Ed. Londrina-PR: Abrates, 2015. 600p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 469p.

MARINI, P.; MORAES, C. L.; LARRÉ, C. F.; LIMA, M. C.; MORAES, D. M. DE; AMARANTE, L. DO. Indicativos da perda de qualidade de sementes de arroz sob diferentes temperaturas através da atividade enzimática e respiratória. **Interciência**, v.38, n.1, p.54-59, 2013.

MARTÍ, C. M.; CAMEJO, D.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, N.; ÁLVEREZ-RELLÁN, R.; MARQUES, S.; SEVILLA, F.; JIMÉNEZ, A. Effect of oil refinery sludges on the growth and antioxidant system of alfalfa plants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 171, p. 879-885, 2009.

MATÉS, J.M. Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology. **Toxicology**, v.153, p.83-104, 2000.

MENDES, C.R.; MORAES, D.M.; LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.171-176, 2009

MENEGHELLO. G.E. Qualidade de sementes: umidade e temperatura, **Seeds News**, v.18, n.6, p.28-32, 2014.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; H. L.; MENEGHELLO, G. E.; FERRARI, C. S.; ZIMMER, P. D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

MIYAMOTO, Y. Semente, a mãe da agricultura. Brasília: **Anuário Abrasem 2013**, Brasília p. 62-63. 2013.

MORAES, D. M.; BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; LIMA, M. G. S.; MENDES, C. R. **Práticas Laboratoriais em Fisiologia Vegetal**, ed. 1, Pelotas-RS: Cópias Santa Cruz Ltda, p. 162, 2012.

MÜLLER, L.E. **Manual de laboratório de fisiologia vegetal**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Turrialba, Costa Rica, 1964. 165p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p.49-85.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: BONATO, E.R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2000. p. 19-44.

NUNES, J. C. Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório. **Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. 2005**. 16p.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 621-627, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e sua relação com o conteúdo de lignina no tegumento. **Informativo Abrates**, v.7, n.1/2, p.173. 1997.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v.27, n. 3 p.945-949, 1999.

PANOZZO, L. E.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. MIELEZRKI, F.; PESKE, F. B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, v.16, n.1, p. 32-41. 2009.

PASCUALI, L. C. **Estimativa do potencial de armazenamento de soja, através do vigor das sementes**. Pelotas, 2012. 52f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C.S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de Sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª ed. Ed. Universitária UFPel, Pelotas, 2012. p. 13-104.

POPINIGIS, F. **Fisiologia das sementes**. Ministério da Agricultura, Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

ROSA, S. D. V. F. REZENDE E. V. R. V. P. VIEIRA, E. S. N. VEIGA R.D, VEIGA A. D. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas lea associadas à tolerância de

sementes milho à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 91-101, 2005.

SAGRIMA - Secretaria de Agricultura do Estado do Maranhão. **Maranhão é destaque na produção de soja**. São Luís, 2014. Disponível em: <http://www.sagrима.ma.gov.br/2014/01/13/maranhao-e-destaque-na-producao-de-soja/>. Acesso em: 13 de jun. De 2015.

SANTOS, E. R.; BARROS, H.B.; CAPONE, A.; MELO, A. V.; CELLA, A. J. S.; SANTOS, W. R. Divergência genética entre genótipos de soja com base na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.2, p.247-254, 2012.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.35-41, 2010.

SCHWEMBER, A.; BRADFORD, K. J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 15, p. 4423-4436, 2010

SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Comportamento de sementes de cultivares de soja, submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 755-762, 2010.

SILVA, M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, H. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro Ambiente**, v.8, p.97-103, 2014.

SILVA, R. N. O.; MENEGHELLO, G. E. Cultivo da soja na região da Matopiba: Grandeza, desafios e oportunidades para produção de grãos. **Seed News**, v.20, n.4, p.51-54, 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.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.

TIMÓTEO, T. S. **Condições de armazenamento e conservação do potencial fisiológico de sementes de diferentes genótipos de milho**. Piracicaba, 2010. 89f. Tese (Doutorado em Ciência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉZAR, M. L., SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. 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.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.33-41, 2002.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

VENSKÉ, E.; ABREU JÚNIOR, J. S.; SOUSA, A. M.; MARTINS, L. F.; MORAES, D. M. Atividade respiratória como teste de vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.2, p.174-179, 2014.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e soja sobre os resultados da condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.220-224, 1996.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: ABRATES, 1999. Cap. 04, p.1-26.

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

VILLELA, A. F.; PERES B. W. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, G. A.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.265-281.

VILLELA, A. F.; MENEZES, N. L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Seeds News**, v.13, n.4, 2009.

ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; CARVALHO, M. L. M.; SOARES, I. O.; ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; MIRANDA, D. H. Potassium fertilization and physiological soybean seed quality. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 11, p.984-991, 2014.

ZUCARELI L, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; JÚNIOR, E. U. R.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803–809, 2015.