

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SEMENTES**



**TESE**

## **Condutividade elétrica em diferentes partes de sementes de soja**

**CRISTINA DOS SANTOS MADRUGA CUNHA**

Pelotas, 2011

**CRISTINA DOS SANTOS MADRUGA CUNHA**

**Condutividade elétrica em diferentes partes de  
sementes de soja**

Tese apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação da Professora Dra. Maria Ângela André Tillmann, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Ângela André Tillmann

Pelotas, 2011

Dados de catalogação na fonte:  
( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

C972c Cunha, Cristina dos Santos Madruga

Condutividade elétrica em diferentes partes de  
sementes de soja / Cristina dos Santos Madruga Cunha ;  
orientador Maria Ângela André Tillmann- Pelotas,2010.-  
54f. ; il..-Tese ( Doutorado ) –Programa de Pós-Graduação  
em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de  
Pelotas. Pelotas, 2010.

1 Sementes 2.Soja 3.Condutividade elétrica  
I.Tillmann, Maria Ângela André(orientador) II .Título.

CDD 633.34

# **CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM DIFERENTES PARTES DE SEMENTES DE SOJA**

**CRISTINA DOS SANTOS MADRUGA CUNHA**

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Dra. Maria Ângela André Tillmann**  
(Orientadora)

---

**Dr. Cleiton Stigger Perleberg**

---

**Dra. Luciana Bicca Dode**

---

**Dr. Francisco Amaral Villela**

---

**Dr. Geri Eduardo Meneghello**

Pelotas, 07 de janeiro de 2011.

*Aos meus pais,  
Ao meu esposo e filhos.  
**Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela oportunidade de realizar o curso.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À professora Maria Ângela André Tillmann, pela orientação, amizade e atenção prestada.

Ao professor da UFSM, Nilson Lemos de Menezes, pelo apoio e ajuda concedida.

À Maquiel Vidal, pela colaboração na execução dos trabalhos realizados no laboratório didático da UFSM.

Ao colega Geri Eduardo Meneghelli pela amizade, paciência e ajuda na execução da análise estatística.

À querida bolsista do PIBIC/CNPq e agora colega, Clarissa Ana Zambiasi, pelo valioso auxílio prestado.

Aos funcionários do Laboratório Didático de Análise de Sementes da FAEM, Sílvio, Irene, Maria Alice e Verônica, pelo auxílio prestado em minha pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes pelos ensinamentos.

Aos colegas e amigos do curso de Pós-Graduação, pela amizade, auxílio e agradável convívio.

Ao meu irmão Renato e minha cunhada Daniela pelo carinho e compreensão à realização de mais uma etapa da minha vida.

À minha, mais que amiga, Jacqueline, o meu especial obrigada.

Aos colegas e amigos do IFSul/CAVG/e-Tec Brasil, pelo incentivo e apoio nessa etapa importante da minha formação.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	8
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Caracterização dos lotes de sementes .....	20
3.2. Metodologia para o teste de condutividade elétrica .....	22
3.3. Armazenamento das sementes .....	24
3.4. Procedimento Estatístico .....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1. Caracterização inicial dos lotes .....	25
4.2. Condutividade elétrica massal .....	28
4.3. Condutividade elétrica individual.....	31
4.4. Caracterização dos lotes após 180 dias de armazenamento.....	33
4.5. Condutividade elétrica massal após o armazenamento .....	36
4.6. Condutividade elétrica individual após o armazenamento .....	39
4.7. Considerações gerais.....	41
5. CONCLUSÕES .....	43
6. REFERÊNCIAS.....	44

## LISTA DE TABELAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Valores médios (%) de teor de água (U), germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântulas (CVP), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo realizada em duas épocas (EC 1 e EC 2) e condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) por 24h, onde CE 1: 25 sementes/75mL água e CE 2: 50 sementes/250mL água, em lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	27
<b>Tabela 2.</b> Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	29
<b>Tabela 3.</b> Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de cotilédones de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	30
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	30
<b>Tabela 5.</b> Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	31
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de pares de cotilédones de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	32
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	33
<b>Tabela 8.</b> Valores médios (%) de teor de água (U), germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântulas (CVP), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo realizada em duas épocas (EC 1 e EC 2) e condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) por 24h, onde CE 1: 25 sementes/75mL água e CE 2: 50 sementes/250mL água, em lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).....	35

<b>Tabela 9.</b> Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de sementes de soja armazenados em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2). ....	36
<b>Tabela 10.</b> Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de cotilédones de sementes de soja, armazenados em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2). ....	37
<b>Tabela 11.</b> Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja armazenadas em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2). ....	38
<b>Tabela 12.</b> Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de sementes de soja armazenados em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2). ....	39
<b>Tabela 13.</b> Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de cotilédones de sementes de soja armazenados em ambiente não controlado. UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2). ....	40
<b>Tabela 14.</b> Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de lotes de sementes de soja, cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2), armazenados em ambiente não controlado. UFPel, 2010. ....	41

## RESUMO

### CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM DIFERENTES PARTES DE SEMENTES DE SOJA

**AUTORA:** Cristina dos Santos Madruga Cunha

**ORIENTADORA:** Maria Ângela André Tillmann

**Resumo.** Dentre os testes rápidos, o de condutividade elétrica tem sido bastante utilizado para a avaliação do vigor das sementes, uma vez que no processo de deterioração um dos eventos iniciais é a perda da integridade das membranas celulares. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência dos testes de condutividade elétrica massal e individual, conduzidos com diferentes partes de sementes de soja (semente inteira, cotilédones e eixos embrionários) e verificar a possibilidade de obter resultados em tempo inferior a 24 horas. Os testes de condutividade elétrica massal e individual foram conduzidos nos Laboratórios Didáticos de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (UFPel) e do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), respectivamente. Foram utilizadas sementes de duas cultivares, cada uma representada por seis lotes. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo testes de germinação, primeira contagem de germinação, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, emergência em campo e condutividade elétrica. Para condução do teste de condutividade elétrica massal das diferentes estruturas da semente, foram utilizadas quatro repetições de cada lote, com 10 sementes inteiras, 10 eixos embrionários e 10 pares de cotilédones submersos em 25mL de água destilada e deionizada pelos períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 24 horas. Assim como no sistema massal, na condutividade elétrica individual das diferentes estruturas da semente, foram utilizadas quatro repetições de cada lote. Sementes inteiras foram submersas em 5mL de água destilada e deionizada por 24 horas, assim como os eixos embrionários e pares de cotilédones pelos períodos de 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas. O teste de condutividade elétrica massal conduzido com eixos embrionários é promissor para a avaliação do vigor de sementes de soja, mostrando eficiência na estratificação de lotes quanto ao potencial fisiológico; O vigor de sementes de soja pode ser determinado pelo teste de condutividade elétrica massal, utilizando 10 eixos embrionários com imersão em 25mL de água deionizada e tempo de embebição de uma hora, a 25°C.

Palavras-chave: *Glycine max*, qualidade fisiológica, lixiviação, vigor.

## ABSTRACT

### ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN DIFFERENT PARTS OF SOYBEAN SEEDS

**Author:** Cristina dos Santos Madruga Cunha  
**Adviser:** Maria Ângela André Tillmann

**Abstract.** Among the rapid tests, the electrical conductivity has been used for the evaluation of seed vigor, since the process of deterioration of the initial events is the loss of membrane integrity. The objective was to evaluate the efficiency of electrical conductivity mass and individual, driven to different parts of soybean seeds (whole seed, cotyledons and embryonic axes) and verify the possibility of obtaining results in less than 24 hours. The electrical conductivity and mass were conducted in individual laboratories Didactic Analysis of Seed Plant Science Department, Faculty of Agronomy "Eliseu Maciel (UFPel) and Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), respectively. We used seeds of two cultivars, each represented by six lots. The physiological seed quality was evaluated by standard germination, first count germination, seedling vigor classification, accelerated aging, a field emergence and electrical conductivity. To conduct the electrical conductivity mass of the different structures of the seed, there were four replicates of each batch, with 10 whole seeds, embryonic axes 10 and 10 pairs of cotyledons submerged in 25mL of distilled and deionized water for the following periods: 1, 2 , 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 24 hours. As the system mass, electrical conductivity of the different structures of the individual seed, there were four replicates of each batch. Whole seeds were submerged in 5mL of distilled and deionized water for 24 hours as well as the embryonic axes and cotyledons pairs of the following periods: 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours. The electrical conductivity test conducted with embryonic axes mass is promising for evaluating the effect of soya, showing efficiency in the stratification of lots with respect to physiological potential; The effect of soybean seeds can be determined by electrical conductivity mass, using 10 embryonic axes immersed in 25mL of deionized water and imbibed for one hour at 25 ° C.

**Keywords:** *Glycine max*, physiological quality, leaching.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja representa quase 50% da safra brasileira de grãos, o que coloca o Brasil na condição de segundo maior produtor mundial e principal fornecedor desta commodity para o mercado externo. Na safra 2009/2010, as condições climáticas favoreceram as lavouras e a produtividade média do país passou de  $2.629\text{kg.ha}^{-1}$  para  $2.927\text{kg.ha}^{-1}$ , ou seja, houve um incremento de 11,3%, elevando a produção de 57,2 milhões de toneladas para 68,7 milhões, 20,2% superior à safra anterior. O Rio Grande do Sul produziu 10,3 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 29,1% em relação à safra 2008/2009 que foi de 7,9 milhões (Conab, 2010).

A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para o estabelecimento de populações adequadas no campo. Para uma análise completa de qualidade das sementes, há necessidade de se complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, os quais possibilitam selecionar os melhores lotes para comercialização. Dentro deste contexto, a utilização de métodos rápidos, confiáveis e de fácil execução é fundamental para a avaliação do potencial fisiológico das sementes, por agilizar as tomadas de decisões referentes ao manejo dos lotes.

Dentre os testes rápidos, o de condutividade elétrica tem sido bastante utilizado para a avaliação do vigor das sementes, uma vez que no processo de deterioração um dos eventos iniciais é a perda da integridade das membranas celulares. O princípio do teste estabelece que sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de reorganização do sistema de membranas celulares durante a embebição e, em consequência, liberam maiores quantidades de solutos para o meio exterior.

O teste de condutividade, validado como teste de vigor para sementes de ervilha e incluído nas Regras para Análise de Sementes da ISTA (ISTA, 2011), também se tem mostrado promissor para outras leguminosas, tais como soja, feijão e grão-de-bico. Um dos objetivos do Comitê de Vigor da ISTA é validar o teste para estas leguminosas sendo necessário, entretanto, o ajuste da metodologia.

Mudanças metabólicas durante a deterioração das sementes podem ocorrer em diferentes intensidades nas sementes inteiras, nos cotilédones e nos eixos embrionários. Em sementes de amendoim e ervilha, o eixo embrionário mostrou ser a estrutura mais sensível ao processo de deterioração. Resultados de pesquisa, conduzido com sementes de amendoim, demonstraram que mudanças na integridade das membranas, associada com a deterioração das sementes, ocorre primeiramente no eixo embrionário e, pode ser melhor monitorada pelo teste de condutividade elétrica (Pérez e Argüello, 1994).

Nos últimos anos, os procedimentos para agilizar o teste de condutividade elétrica, como parâmetro para avaliar o vigor de sementes, vem sofrendo alterações, principalmente no sentido de aprimoramento do teste.

A utilização do eixo embrionário em substituição à semente inteira, no teste de condutividade elétrica, poderá se constituir numa alternativa mais eficiente e rápida para avaliar o processo de deterioração e, consequentemente para determinar o vigor das sementes.

Com base no exposto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência dos testes de condutividade elétrica massal e individual, conduzidos com diferentes partes de sementes de soja (semente inteira, cotilédones e eixos embrionários) e verificar a possibilidade de obter resultados em menor período de tempo possível.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A qualidade de um lote de sementes compreende uma série de atributos que determinam seu valor para semeadura, sendo de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (Halmer e Bewley, 1984). Destes pode ser destacado o potencial fisiológico, diretamente responsável pelo desempenho das sementes no armazenamento e no campo (Bewley e Black, 1994). A resistência das sementes de alta qualidade a condições adversas de campo e consequentemente a emergência de plântulas e a produção tem grande importância na agricultura atual, tornando as tentativas para resolução desses problemas em objetivos básicos da pesquisa sobre vigor de sementes (Wang et al., 1994). Por este motivo, o uso de testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes, a partir do ponto de maturidade fisiológica em que ocorre decréscimo na qualidade (Dias e Marcos Filho, 1995; Panobianco e Vieira, 1996; Barros e Marcos Filho, 1997).

Na atualidade, uma das principais exigências para a avaliação do vigor de sementes refere-se à obtenção de resultados confiáveis em um período de tempo relativamente curto, permitindo a agilidade nas tomadas de decisões principalmente, no que se refere às operações de colheita, beneficiamento e comercialização. Dentro deste contexto, a qualidade fisiológica de sementes de soja é um aspecto importante a ser considerado em um programa organizado de produção, pois o emprego de metodologia adequada possibilita a estimativa do vigor e, consequentemente do desempenho em campo e o descarte de lotes deficientes, diminuindo riscos e prejuízos (Marcos Filho, 2005).

O aumento da demanda por sementes de alta qualidade tem levado as empresas do setor a procurarem aprimoramento técnico de suas atividades, visando, basicamente, ao aumento de produtividade associado a um incremento da qualidade do produto. Nesse sentido, Ferguson (1993), Marcos Filho (1994) e Albuquerque et al. (2001) sugerem que para uma análise mais completa da qualidade de sementes, há necessidade de se complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, que possibilitem selecionar os melhores lotes para comercialização, potencial de

armazenamento e que forneçam, com maior precisão, informações para semeadura para produzir plântulas normais mesmo em condições adversas.

As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído testes de vigor em programas internos de controle de qualidade ou para garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (Marcos Filho, 1999).

Considerando-se que os testes de vigor fornecem índices mais sensíveis do potencial fisiológico, comparativamente ao teste de germinação (AOSA, 1983), qualquer evento que preceda a perda do poder germinativo pode servir como base para o desenvolvimento de testes de vigor.

Acredita-se que, quanto mais próximo da maturidade fisiológica (ou, mais distante da perda do poder germinativo) estiver a variável avaliada, mais sensível deverá ser o teste, levando em conta que a degradação das membranas celulares constitui-se, a priori, em um dos primeiros eventos do processo de deterioração (Delouche e Baskin, 1973); os testes que avaliam a integridade das membranas seriam, teoricamente, os mais sensíveis para estimar o vigor. Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela International Seed Testing Association - ISTA (Hampton e Tekrony, 1995), pode-se destacar o teste de condutividade elétrica, devido a sua objetividade e rapidez, além da facilidade de execução na maioria dos Laboratórios de Análise de Sementes, sem maiores despesas em equipamentos e treinamento de pessoal (Vieira e Krzyzanowski, 1999). Este preenche ainda os requisitos básicos de um teste de vigor eficiente (Marcos Filho et al., 1990). As sementes com baixo vigor tendem a apresentar desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo um aumento na lixiviação de solutos, tais como: açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas e substâncias fenólicas, e de íons inorgânicos:  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^{++}$ .

A quantidade de exsudatos liberados pela semente, na água de embebição, pode ser influenciada pelo estádio de desenvolvimento no momento da colheita, pelo grau de deterioração e pela incidência de dano causado pela velocidade de embebição, qualidade da água, grau de umidade e número de sementes (Tao, 1978; Powell, 1986; Carvalho, 1994; Dias e Marcos Filho, 1995; Vanzolini e Nakagawa, 1998) além do genótipo (Vieira et al., 1996a e 1996b).

Para que ocorra lixiviação e consequente possibilidade de medição da condutividade elétrica, é necessário que ocorram alterações na integridade das membranas celulares, em função do grau de deterioração, ou seja, de alterações bioquímicas, permitindo assim, a perda de diferentes quantidades de lixiviados, em função do estado fisiológico das sementes (Vieira, 1994).

O processo de deterioração não acontece de maneira uniforme entre as partes componentes de uma semente. Os pontos de crescimento embrionário são mais sensíveis a deterioração (Marcos Filho, 2005). Estudando o processo de deterioração em sementes de amendoim, Perez e Arguelo (1994) concluíram que as mudanças bioquímicas nas membranas celulares são melhor detectadas nos eixos embrionários, podendo os mesmos serem considerados o centro ativo do vigor. Portanto, os estudos referentes ao assunto deveriam ser preferencialmente dirigidos ao exame de regiões específicas da semente, possibilitando a obtenção de informações mais precisas (Marcos Filho, 2005).

A hidratação das diferentes partes da semente de soja não ocorre de maneira similar. O eixo embrionário absorve água com velocidade superior às demais estruturas. O tegumento reidrata com menor velocidade e, os cotilédones, com velocidade intermediária (McDonald et al., 1988).

Sob condições favoráveis de suprimento de água, a absorção de água pelas sementes obedece a um padrão trifásico. Na fase I, denominada embebição, ocorre uma rápida entrada de água, em função da diferença de potencial hídrico entre as sementes e o substrato, independentemente do estado fisiológico das sementes. Na fase II, a velocidade de absorção de água verifica-se mais lentamente, tendendo para o equilíbrio entre os potenciais; ocorrem diversas reações metabólicas preparatórias à emergência da raiz primária. Na fase III, com o metabolismo ativado e em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, ocorre uma redução no potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção de água do meio (Bewley e Black, 1994). A embebição é um processo físico-químico, relacionado com as propriedades dos colóides, e ocorre tanto em sementes vivas quanto mortas (Popinigis, 1985). A duração do período de embebição das sementes tem efeito marcante na capacidade dos testes de condutividade

elétrica distinguir diferenças de qualidade entre lotes (Loeffler et al., 1988). Por outro lado, a embebição, principalmente durante a fase I, é acompanhada pela liberação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos, em quantidades variáveis de acordo com o estado de organização dos sistemas de membranas celulares (Popinigis, 1985). Da mesma forma, Becwar et al. (1982) e Vertucci e Leopold (1986) destacaram que a taxa de lixiviação de eletrólitos é bastante elevada no início do processo de embebição, declinando posteriormente à medida que ocorre reorganização dos sistemas de membranas. No entanto, com o decorrer deste processo, a quantidade de exsudatos liberados pelas sementes vigorosas vai se estabilizando, devido principalmente, à reorganização das membranas celulares, favorecendo a ordenação dos lotes em níveis de vigor.

Em pesquisas realizadas entre laboratórios verificou-se que o teste de condutividade elétrica é um dos mais utilizados na avaliação do vigor das sementes (Tekrony, 1983 e Hampton et al., 1992 e 1994). Este teste é internacionalmente aceito e recomendado para ser usado em sementes de ervilha pela International Seed Testing Association (Matews e Powell, 1981) e para sementes de ervilha e soja pela Association of Oficial Seed Analysts (AOSA, 1983 e Hampton e Tekrony, 1995). No Brasil, é utilizado como um teste de vigor com resultados bastante promissores, principalmente em sementes de soja (Marcos Filho et al., 1982; Marcos Filho et al., 1990; Paiva - Aguerro, 1995 e Dias e Marcos Filho, 1996) e de milho (Fagioli, 1997).

O período de embebição recomendado é de 24 horas (Marcos Filho et al., 1987; Hampton e Tekrony, 1995). No entanto, em trabalhos realizados por diversos autores constatou-se a redução do tempo de hidratação para o teste de condutividade elétrica, conseguida para diversas espécies como soja (Marcos Filho et al., 1990; Dias e Marcos Filho, 1996), girassol (Brandão Jr. et al., 1997), amendoim (Vanzolini e Nakagawa, 1999b), feijão-de-vagem e quiabo (Dias et al., 1998) e tomate (Rodo et al., 1998; Sá, 1999), uma vez que a possibilidade da redução deste período é vantajosa para a indústria de sementes. Testes que avaliem rapidamente a qualidade fisiológica das sementes e, consequentemente reduzam o período de tomada de decisão da indústria de sementes assumem elevada importância (Marcos Filho et al.,

1990).

O teste de condutividade elétrica pode ser realizado pelos sistemas massal e individual, os quais preenchem os três requisitos básicos relacionados por Matthews e Powell (1981), dentre os quais se destacam: fundamentar-se em base teórica consistente, proporcionar resultados reproduzíveis e, correlacionados à emergência em campo, além de envolver procedimento simples, de baixo custo e fornecer resultados em 24 horas.

No teste de condutividade elétrica massal, a qualidade das sementes é avaliada após a imersão em água e determinação da condutividade da solução de embebição, que indicará o nível de qualidade do lote avaliado. Assim os menores valores, correspondentes a menor liberação de exsudatos, indicam maior potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranais das células (Vieira et al., 2002). Pesquisas realizadas com diferentes espécies tem mostrado que o decréscimo na germinação e no vigor é diretamente proporcional ao aumento da liberação de solutos, indicando que a avaliação da condutividade pelo método de massa é eficiente para a determinação do vigor (Dias e Marcos Filho, 1996).

Um método alternativo para o teste de condutividade elétrica é aquele que avalia individualmente as sementes. A determinação da condutividade individual, proposta por Steere et al. (1981), visa corrigir problemas na condução do teste com sementes duras ou danificadas, que apresentavam variações na capacidade de lixiviação.

O princípio do teste é basicamente o mesmo do sistema massal, a diferença é que neste caso, as sementes são colocadas para embebição em uma bandeja, contendo 100 células, cada uma correspondendo a uma semente a ser avaliada por um aparelho automático, sendo então os resultados obtidos individualmente para cada célula (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A interpretação dos resultados neste método pode ser feita de forma diferente do sistema de massa. Enquanto no sistema de massa tem-se um valor médio para o lote, usando a análise de sementes individual, pode-se obter mais de uma possibilidade de interpretação. A primeira opção seria o

uso de um valor de condutividade, ou seja, um ponto de separação teórico, chamado de ponto de partição, separando as sementes em duas categorias, viáveis e não viáveis. Uma segunda possibilidade é a correlação da condutividade média das 100 sementes com os resultados do teste de germinação (Vieira e Krzyzanowski, 1999). Existem vários modelos de analisadores automáticos tais como os denominados ASA (ASA -220 ASA-610, ASA-610S), G-2000 e SAD (SAD 900-S, SAD 900-D e SAD 9000-D). Utilizando um condutivímetro individual, modelo SAD 9000-S, Vidal (2010) determinou o ponto de corte e constatou que é possível estimar a germinação e o vigor para sementes de milho.

Várias pesquisas tem evidenciado que a avaliação da condutividade elétrica individual é uma alternativa metodológica que permite identificar o vigor de muitas espécies (Hampton e Tekrony, 1995). Dentre estas destacam-se a eficiência na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (Costa e Carvalho, 2006) e soja (Salinas et al., 2001).

O principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação dos eventos relacionados à deterioração das sementes, que precedam a perda da capacidade germinativa.

A deterioração das sementes está relacionada por danos genéticos, perda da integridade do sistema de membranas celulares, redução da capacidade seletiva, peroxidação de lipídeos, lixiviação de solutos, mudanças na atividade respiratória das sementes, modificações na atividade enzimática e síntese de proteínas, a incapacidade de manutenção do gradiente eletroquímico e a perda da compartimentação celular e acúmulo de substâncias tóxicas. Também foram observadas alterações fisiológicas, tais como: atraso na germinação, decréscimo na tolerância às condições ambientais sub-ótimas durante a germinação, redução no crescimento e/ou vigor das plântulas, aumento do número de plântulas anormais, maior suscetibilidade a ataques de microorganismos patogênicos, emergência desuniforme, redução na produtividade, modificações na coloração das sementes, diminuição do potencial de armazenamento, completa perda da capacidade germinativa e a morte das sementes (Wilson e McDonald, 1986).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes e no campo didático do Departamento de Fitotecnia, na Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas e no Laboratório Didático de Sementes do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria.

Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max (L.) Merrill*) de duas cultivares, BRS Valiosa RR e BRS Favorita RR, cada uma representada por seis lotes.

Inicialmente, as sementes foram caracterizadas quanto à qualidade e posteriormente, armazenadas em sacos de tecido, por um período de 180 dias (abril a setembro) em condições não controladas de ambiente, variando a temperatura média entre 18-22°C e umidade relativa de 70%.

#### **3.1. Caracterização dos lotes de sementes**

##### **3.1.1. Teor de água**

Foi determinado em quatro subamostras pelo método de estufa a 105°C + 3°C, por 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

##### **3.1.2. Germinação**

Foi realizada conforme as recomendações das RAS (Brasil, 2009), sendo a germinação conduzida em rolos de papel, com quatro subamostras de 50 sementes. As sementes distribuídas em papel toalha tipo germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, foram colocadas para germinar a temperatura de 25°C, com avaliação no quinto e no oitavo dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

### **3.1.3. Teste de primeira contagem de germinação**

Conduzido conjuntamente com o teste de germinação, computando-se o percentual médio de plântulas normais, aos cinco dias após a semeadura.

### **3.1.4. Teste de envelhecimento acelerado**

Foram utilizadas 42g de sementes de soja. As sementes foram colocadas sobre telas de alumínio fixadas no interior de cada gerbox contendo 40mL de água, distribuídas de maneira a cobrir a superfície da tela. A seguir as caixas foram tampadas e mantidas à temperatura de 41°C, por um período de 72 horas (Hampton e TeKrony, 1995). Após este período, as sementes foram colocadas para germinar a 25°C, computando-se a porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a semeadura.

### **3.1.5. Classificação do vigor de plântulas**

Para a realização deste teste, foram utilizadas as plântulas consideradas normais no teste de germinação, sendo ambos os testes conduzidos concomitante. Na primeira avaliação (5º dia) as plântulas normais que se apresentaram sem defeitos e com plâmulas e raízes bem desenvolvidas, foram classificadas como plântulas de alto vigor. As demais permaneceram no substrato para uma segunda avaliação (8º dia). Durante a segunda avaliação, as plântulas normais foram divididas em alto e baixo vigor. O resultado do teste foi expresso em percentagem de plântulas normais de alto vigor (Nakagawa, 1999).

### **3.1.6. Emergência de plântulas em campo**

Foram realizadas em duas épocas, ambas recomendadas para as cultivares de soja em estudo. Quatro subamostras, de 100 sementes, foram semeadas em sulcos de quatro metros de comprimento e 0,05 metros de profundidade, cobertas com uma fina camada de solo. A avaliação foi

realizada aos 14 dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas emergidas.

### **3.2. Metodologia para o teste de condutividade elétrica**

O teste de condutividade elétrica foi conduzido pelos métodos massal e individual. Para cada método, foram utilizadas sementes inteiras, pares de cotilédones e eixo embrionário para determinação da condutividade elétrica.

#### **Testes preliminares para determinar a metodologia de extração do eixo embrionário e cotilédones**

Foram realizados ensaios preliminares para estabelecer o período de pré embebição adequado para a retirada dos eixos embrionários. Foram avaliados os períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17, 18 e 24 horas de embebição das sementes entre rolos de papel umedecidos com água destilada e as temperaturas de 20°C, 25 °C e 30 °C.

Foram realizados os testes de pH do exsudato, tetrazólio e germinação para avaliar a viabilidade dos eixos embrionários extraídos, verificando se não havia ocorrido danos pelo processo de corte na extração.

Com base nos resultados preliminares, para extração do eixo embrionário e dos cotilédones, as sementes foram pré-umedecidas entre folhas de papel, a temperatura de 25°C, por período de tempo de 6h. Enquanto eram retirados os eixos embrionários, as sementes permaneciam enroladas no papel germitest, posteriormente retirando o tegumento, separando os cotilédones e extrairindo os eixos embrionários com auxílio de bisturi.

#### **3.2.1. Teste de condutividade elétrica “massal”**

Quatro subamostras de 25 sementes foram pesadas, imersas em 75mL de água deionizada e mantidas a 25°C durante 24 horas (Marcos Filho, 2005).

Também foi utilizada a metodologia indicada para feijão e ervilha por Powell (2006), quatro subamostras de 50 sementes, imersas em 250mL de

água por 24h a 20°C.

Para condução do teste de condutividade elétrica massal de diferentes partes da semente, foi ajustada a metodologia proposta por Pérez e Argüello (1994) para sementes de amendoim. Cinco subamostras de 10 sementes inteiras, 10 eixos embrionários e 10 pares de cotilédones, foram submersos em 25mL de água deionizada por períodos de imersão de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 24 horas à 25°C. Após cada período foi realizada a leitura da condutividade elétrica.

### **3.2.2. Teste de condutividade elétrica individual**

As sementes, os pares de cotilédones e os eixos embrionários foram colocados para imersão em uma bandeja, contendo 100 células, cada uma com a estrutura a ser avaliada. Os resultados foram obtidos individualmente para cada célula.

#### **a) Sementes**

Foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes. Cada semente foi colocada em uma célula da bandeja com 5mL de água deionizada. As bandejas foram colocadas numa câmara tipo BOD regulada a temperatura de 25 °C onde permaneceram por 24 horas. Após, foi realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  de sementes, sendo calculada uma média das 100 células.

#### **b) Cotilédones**

Quatro repetições de 10 pares de cotilédones previamente extraídos, foram pesados em balança de precisão de 0,0001 g. Cada par de cotilédones foi colocado em uma célula da bandeja com 5 mL de água deionizada. As bandejas foram colocadas numa câmara tipo BOD regulada a temperatura de 25°C onde permaneceram por períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas. Após, foi

realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  de sementes, sendo calculada uma média das 10 células.

### c) Eixos embrionários

Quatro repetições de 10 eixos embrionários previamente extraídos, foram pesados em balança de precisão 0,0001 g. Cada eixo foi colocado em uma célula da bandeja com 5 mL de água deionizada. As bandejas foram colocadas numa câmara tipo BOD regulada a temperatura de 25°C onde permaneceram por períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas. Após, cada período, foi realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram obtidos individualmente para cada célula e expressos em  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  de sementes, sendo calculada uma média das 10 células.

### 3.3. Armazenamento das sementes

Após o período de 180 dias de armazenamento em condições não controladas de ambiente (temperatura média entre 18 e 22°C e UR 70%) foram avaliadas a qualidade das sementes através dos seguintes parâmetros: teor de água, germinação, envelhecimento acelerado, classificação do vigor de plântulas e condutividade elétrica. Posteriormente, foram conduzidos os testes de condutividade elétrica massal e individual das partes da semente (eixo embrionário, cotilédone e semente inteira).

### 3.4. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições e seis tratamentos (lotes), separadamente para cada cultivar. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade com o Sistema para Análise e Separação de Médias em Experimentos Agrícolas – SASM-Agri, versão 8.0 (Canteri et al., 2001).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização inicial dos lotes

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do teor de água, germinação, primeira contagem, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas em campo e condutividade elétrica de sementes de soja de duas cultivares, cada uma representada por seis lotes.

Considerando as duas cultivares pode ser observado que os valores médios do teor de água dos lotes foram semelhantes variando entre 10,0 e 10,4%. Este é um aspecto importante em estudos sobre o teste de condutividade elétrica, uma vez que a uniformização do teor de água das sementes dos diferentes lotes é fundamental para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (Loeffler et al., 1988; Vieira e Krzyzanowski, 1999). Os valores médios de germinação mostram que todos os lotes possuíam germinação superior a 80%, obedecendo os padrões mínimos para comercialização de sementes de soja no Brasil (Brasil, 2009).

Na caracterização da qualidade dos lotes da cultivar 1, o resultado do teste de germinação permitiu a separação dos lotes de germinação superior (4, 5 e 6) dos de germinação inferior (1, 2 e 3). O teste de primeira contagem apresentou resultados similares ao de germinação na separação dos lotes. Estes resultados podem ocorrer, pois o teste de primeira contagem, conduzido nas mesmas condições do teste de germinação, avalia o vigor das sementes através da sua velocidade de germinação, embora sua eficiência seja limitada. Segundo Delouche (1995), o teste de germinação não possibilita a identificação precisa dos fatores que afetam a qualidade e não prediz o resultado do desempenho das sementes em condições adversas de campo.

O teste de classificação do vigor de plântulas separou os lotes em três níveis de vigor, lotes 5 e 6 de alto vigor, 3 e 4 de vigor intermediário e 1 e 2 de baixo vigor. Resultado semelhante não foi obtido por Silva (2009), pois o teste de classificação de vigor de plântulas não mostrou sensibilidade para estratificar os lotes de sementes de feijão. O teste de envelhecimento

acelerado indicou desempenho superior para os lotes 4, 5 e 6 e inferior para o lote 1. Este teste esta incluído nas Regras para Análise de Sementes da ISTA e recomendado para sementes de soja (ISTA, 2010).

No teste de emergência em campo conduzido na primeira época (EC1) não houve diferenciação entre os lotes, devido às condições de campo terem sido favoráveis da época da semeadura até o período de avaliação. No teste de emergência em campo, realizado no período em que ocorreram condições ambientais desfavoráveis à cultura (EC2), foi possível observar a separação dos lotes quanto ao vigor. Os lotes 4, 5 e 6 mostraram desempenho superior, 2 e 3 comportamento intermediário e o lote 1 desempenho inferior. O teste de emergência de plântulas ratifica, complementa e auxilia a definir o potencial fisiológico de sementes, pois estima o desempenho das sementes em condições variadas de ambiente (Menezes et al., 2007). Vale ressaltar que a separação dos lotes foi similar à verificada no teste de envelhecimento acelerado.

O teste de condutividade elétrica (CE1) evidenciou o melhor desempenho dos lotes 4, 5 e 6 com relação aos demais, confirmando os resultados obtidos anteriormente pelos testes de avaliação da qualidade.

O teste de condutividade elétrica (CE2) mostrou a superioridade do lote 5, que não apresentou diferença em relação aos lotes 1 e 2. Estes resultados não foram concordantes com os da emergência (EC2) e com os demais testes de vigor. Resultado semelhante foi descrito por Albuquerque et al. (2001), ao constatarem que o teste de condutividade elétrica não se mostrou eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. Trabalhando com sementes de pimentão, José et al. (2001) concluíram que o teste de condutividade elétrica não permitiu a separação dos lotes de modo semelhante aos demais testes utilizados na determinação da qualidade fisiológica de sementes.

Considerando o conjunto dos parâmetros avaliados (G, PC, CVP, EA e CE1) é possível inferir que os lotes 4, 5 e 6 apresentam qualidade superior aos lotes 1, 2 e 3. Estes resultados são coerentes com os da emergência em campo (EC2). O teste de emergência de plântulas constitui indicador da eficiência dos testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes

(Marcos Filho, 1998). Neste contexto, pode-se constatar que os testes de vigor foram um adequado parâmetro para avaliar o comportamento das plântulas em campo.

Analizando os dados referentes a cultivar 2, observa-se que não houve diferença significativa entre os lotes nos testes de germinação, primeira contagem de germinação e classificação do vigor de plântulas.

No teste de envelhecimento acelerado, o lote 6 apresentou desempenho inferior em relação aos demais, confirmando as respostas obtidas nos testes de emergência em campo (EC1 e EC2). Nos testes de condutividade elétrica (CE1 e CE2) o lote 6, mesmo não diferenciando estatisticamente dos lotes 2, 3 e 5, pode ser considerado como de baixo vigor.

**Tabela 1.** Valores médios (%) de teor de água (U), germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântulas (CVP), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo realizada em duas épocas (EC 1 e EC 2) e condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) por 24h (CE 1: 25 sementes/75mL água e CE 2: 50 sementes/250mL água) em lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	U	G	PC	CVP	EA	EC 1	EC 2	CE 1	CE 2
C1	1	10,1	87cd	42cd	35c	79c	78a	62c	44,16 b	14,63abc
	2	10,0	88cd	43cd	36c	84b	80a	66b	44,22b	13,37ab
	3	10,4	84d	41d	40b	83b	83a	67b	44, 29b	15,13bc
	4	10,4	92b	46b	39b	89a	80a	76a	40,57a	15,05bc
	5	10,3	96a	47a	45a	91a	83a	81a	40,30a	12,86a
	6	10,4	93b	45b	44a	89a	82a	82a	41,25a	15,63c
CV (%)		2,94	1,27	4,10	3,95	3,77	3,55	3,59	6,84	
C2	1	10,1	91a	45a	42a	93a	88ab	63a	39,41a	13,39a
	2	10,2	91a	44a	41a	92a	91a	65a	41,29ab	15,35bc
	3	10,1	90a	44a	41a	93a	89ab	61a	42,95b	14,81abc
	4	10,0	92a	45a	42a	90a	87b	47b	39,22a	14,14ab
	5	10,3	92a	45a	40a	90a	85b	45b	42,49ab	15,61bc
	6	10,0	89a	44a	39a	32b	77c	41c	43,10b	16,17c
CV (%)		3,03	1,80	1,57	4,31	3,68	18,16	5,35	7,45	

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

O teste de emergência em campo (EC1) evidencia a qualidade superior do lote 2, que não apresenta diferença significativa dos lotes 1 e 3. O teste de emergência em campo (EC2) também mostra o desempenho superior dos lotes 1, 2 e 3. Para as duas épocas de condução da emergência em campo, o

lote 6 apresentou menor desempenho que os demais, seguindo a mesma tendência observada no teste de envelhecimento acelerado.

No conjunto das informações dos testes de vigor, para a cultivar 2, é possível eleger os lotes 1, 2 e 3 como os de desempenho superior e o lote 6, de desempenho inferior.

#### **4.2. Condutividade elétrica massal**

##### **a) Condutividade elétrica massal de eixos embrionários**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da condutividade elétrica massal de eixos embrionários. Pode se observar que, todos os períodos de embebição permitiram a diferenciação dos lotes, indicando uma tendência de separação dos lotes de alto e baixo vigor.

Para a cultivar 1, somente o período de 1 hora de embebição permitiu a adequada separação dos lotes quanto ao vigor, indicando a superioridade dos lotes 4, 5 e 6 em relação aos demais. Esta informação é importante porque permite a obtenção de resultados em um período relativamente curto, possibilitando a agilidade nas tomadas de decisão. Confirmado as observações de Perez e Arguelo (1994) que, trabalhando com sementes de amendoim, constataram pelo teste de condutividade elétrica que os eixos embrionários são as estruturas mais sensíveis à deterioração.

O teste de condutividade elétrica massal, conduzido com eixos embrionários, para a cultivar 2, estratificou os lotes em três níveis de vigor com uma hora de embebição. Os lotes 1, 2 e 3 mostraram desempenho superior, os lotes 4 e 5, comportamento intermediário e o 6 inferior. Relacionando esse resultado com a qualidade inicial dos lotes para a cultivar 2, pode-se afirmar que essa metodologia, com 1h de embebição, conseguiu ranquear os lotes separando os de alto vigor (1, 2 e 3) do de baixo vigor (6). Em sementes de feijão, Silva (2009) concluiu que a utilização de eixos embrionários para condução do teste de condutividade elétrica pode ser considerada uma metodologia eficiente na determinação do vigor de lotes.

Esses resultados, obtidos para ambas cultivares, evidenciam a possibilidade da utilização dos eixos embrionários na avaliação do vigor de sementes de soja, permitindo reduzir o tempo de condução do teste de condutividade elétrica.

**Tabela 2.** Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	24h
C1	1	36,60c	48,15bc	53,91a	64,20b	73,09b	79,70b	77,77ab	105,68ab
	2	36,68c	55,29cd	65,46b	77,56b	89,24b	97,99c	101,24b	122,59ab
	3	34,94c	62,13d	59,49ab	70,63b	81,23b	88,81bc	91,70b	108,57ab
	4	18,89a	29,97a	55,01a	48,57a	56,75a	59,22a	60,68a	88,98a
	5	22,97ab	42,01b	55,62a	68,59b	78,10b	84,59bc	90,96b	119,49ab
	6	23,77ab	50,07bc	65,96b	78,61b	86,97b	93,21bc	99,01b	127,85b
CV (%)		13,02	8,38	8,09	9,03	10,11	9,51	12,70	11,25
C2	1	10,34a	25,35a	36,05a	51,31a	52,73a	68,25a	76,94a	104,84a
	2	10,58a	29,36ab	42,61ab	53,55a	59,11ab	66,76a	75,32a	95,49a
	3	12,07a	35,57bc	53,07cd	59,72ab	64,23ab	78,23ab	79,11a	95,27a
	4	20,91b	37,13bc	49,05bc	63,44ab	74,76bc	76,24ab	93,83a	123,51ab
	5	20,66b	35,80bc	51,74abc	63,57ab	72,94bc	81,71ab	91,04a	118,93ab
	6	25,20c	43,54c	60,06d	72,05b	81,24c	88,84b	95,98a	146,29b
CV (%)		24,71	15,18	12,79	15,50	14,04	14,33	16,90	21,16

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

### b) Condutividade elétrica massal de cotilédones

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do teste de condutividade elétrica massal de cotilédones. Para a cultivar 1, nenhum dos períodos de embebição permitiu a separação entre lotes de qualidade superior e inferior. Os resultados obtidos para a cultivar 2 também indicaram que esta metodologia não foi adequada para a separar os lotes de alta e baixa qualidade.

A condutividade elétrica massal de cotilédones não foi um teste eficiente para diferenciação do vigor entre os lotes das duas cultivares de sementes de soja estudadas. Esse resultado difere do obtido por Silva (2009), ao constatar que a utilização dos cotilédones na determinação do vigor de sementes de feijão foi eficiente na diferenciação dos lotes.

**Tabela 3.** Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de cotilédones de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	24h
C1	1	7,54ab	10,57a	13,21ab	16,08ab	17,90ab	19,63ab	20,70a	36,01ab
	2	7,68ab	10,24a	12,41ab	14,39ab	16,15ab	17,78ab	18,94a	31,55a
	3	8,27b	11,23a	13,42ab	15,70ab	17,78ab	19,70ab	20,74a	34,49ab
	4	5,74a	8,84a	11,29a	13,70a	15,78a	17,20a	18,67a	33,97ab
	5	8,51b	17,43b	15,02b	17,44b	19,80b	21,37b	22,99a	40,45b
	6	7,07ab	18,89b	13,16ab	15,37ab	17,69ab	19,11ab	20,47a	36,31ab
CV (%)		19,16	16,66	14,20	13,72	12,88	12,30	12,11	10,76
C2	1	5,09a	7,86a	9,97a	12,12a	13,41a	15,26a	16,66a	29,12a
	2	5,69a	8,45a	10,82a	12,89a	13,84a	15,70a	16,97a	28,27a
	3	6,84a	9,81a	12,95ab	15,37ab	16,59ab	18,84ab	20,46ab	34,47ab
	4	6,44a	11,22a	14,72b	17,47b	19,74b	21,43b	23,99b	39,83b
	5	6,17a	9,45a	12,12ab	14,23ab	16,13ab	17,59a	18,94a	32,05a
	6	5,60a	8,66a	11,02a	13,09a	14,94a	16,30a	17,79a	32,85a
CV (%)		16,31	14,53	13,32	11,97	11,80	11,08	10,93	9,91

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

### c) Condutividade elétrica massal de sementes

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da condutividade elétrica massal de sementes.

**Tabela 4.** Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	24h
C1	1	47,87a	65,12a	72,76ab	78,88a	86,64a	94,10a	99,30a	167,10a
	2	48,01a	61,34a	67,52a	74,35a	80,54a	86,89a	92,35a	154,00a
	3	52,71a	70,12a	79,47b	87,30a	94,62a	101,63a	108,99a	183,08a
	4	53,11a	68,00a	77,28ab	83,63a	88,08a	94,67a	100,84a	166,47a
	5	48,24a	60,73a	69,00a	74,66a	82,53a	88,79a	94,41a	160,53a
	6	51,05a	66,34a	75,44ab	82,95a	86,66a	89,49a	95,12a	156,01a
CV (%)		8,95	7,84	6,81	8,95	8,82	9,43	9,22	8,60
C2	1	44,48a	59,51a	68,49a	75,09a	79,49a	80,49a	86,66a	137,17a
	2	52,58ab	66,64ab	78,14abc	82,56abc	84,60ab	90,18abc	95,96ab	145,53ab
	3	54,89b	73,95b	83,55c	93,42c	94,61ab	104,76c	111,94b	174,43b
	4	49,45ab	63,51a	71,46ab	77,22ab	81,75ab	85,58ab	90,79a	135,61a
	5	44,82a	65,34ab	79,14bc	89,46bc	96,59b	100,89bc	109,27b	163,90ab
	6	47,82ab	60,46a	72,24ab	78,33ab	81,11a	90,08abc	97,75ab	154,69ab
CV (%)		10,99	8,76	7,90	8,72	10,23	10,43	10,52	12,41

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Para a cultivar 1, a maioria dos períodos de embebição não permitiu a diferenciação dos lotes de alto e baixo potencial fisiológico. Com 3 horas, a separação dos lotes não foi coerente com a emergência em campo.

Para a cultivar 2, esta metodologia não permitiu a separação adequada dos lotes. O lote 6, de pior desempenho, não diferiu dos lotes 1 e 2 de maior qualidade, em todos os períodos de embebição. Trabalhando com condutividade elétrica de sementes de aveia preta, Menezes et al. (2007), observaram que a redução do número de sementes permitiu maior sensibilidade na estratificação dos lotes com diferentes níveis de vigor. Nesse estudo, a condutividade elétrica massal com reduzido número de sementes, não foi uma metodologia adequada para separação dos lotes em níveis de vigor, para as duas cultivares utilizadas. Neste caso, é importante salientar que, os resultados obtidos foram uma alternativa de ajuste da metodologia proposta por Perez e Arguello (1994) que, adaptada para soja, não apresentou resultados satisfatórios.

#### 4.3 Condutividade elétrica individual

##### a) Condutividade elétrica individual de eixos embrionários

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de condutividade elétrica individual de eixos embrionários.

**Tabela 5.** Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	7h
C1	1	187,00c	127,97c	287,46c	366,26b	393,72c	467,05b
	2	97,08a	145,78a	204,26a	255,74a	284,84a	320,60a
	3	109,83a	109,83a	190,43a	268,29a	303,29a	343,12a
	4	149,07b	214,12c	305,79c	375,23b	415,97c	483,10b
	5	100,90a	158,77ab	211,30ab	266,96a	326,78ab	345,59a
	6	134,25b	198,32bc	270,30bc	343,82b	383,58bc	462,65b
CV (%)		16,29	25,37	20,97	14,31	16,42	17,07
C2	1	39,56a	39,55a	78,64a	116,45a	118,60a	172,77a
	2	99,36b	145,38b	201,10c	294,39c	338,03b	417,04c
	3	106,67b	150,19b	171,67bc	288,34c	277,42b	399,60c
	4	98,59b	117,37b	141,62bc	233,23b	314,54b	352,93bc
	5	107,5b	107,45b	120,42ab	220,88b	277,55b	314,63b
	6	186,57c	237,82c	376,18d	453,97d	580,86c	713,88d
CV (%)		3,48	22,13	22,84	14,68	12,59	12,42

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Observa-se que em todos os períodos de embebição ocorreu a diferenciação da qualidade dos lotes, tanto para a cultivar 1 como para a cultivar 2.

Na cultivar 1, o período de uma hora de embebição permitiu identificar o lote 1 como de pior desempenho confirmando os resultados obtidos nos testes de EA e EC2.

Para a cultivar 2, todos os períodos de embebição permitiram a separação do lote 1 de melhor desempenho (alto vigor), do lote 6 de pior qualidade (baixo vigor). Essa tendência concorda com os resultados obtidos na caracterização da qualidade inicial dos lotes. Trabalhando com eixos embrionários de sementes de feijão, Silva (2009) obteve resultados semelhantes, possibilitando o ranqueamento quanto à qualidade fisiológica.

### b) Condutividade elétrica individual de cotilédones

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da condutividade elétrica individual de pares de cotilédones. Para a cultivar 1, os períodos de 1 e 2 horas permitiram a diferenciação dos lotes de maior potencial fisiológico (lotes 4, 5 e 6) dos de baixo desempenho (lotes 1, 2 e 3), confirmando os resultados obtidos pelos demais testes de vigor.

**Tabela 6.** Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de pares de cotilédones de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	7h
C1	1	26,91d	39,42b	53,95c	71,33c	89,55c	119,30b
	2	22,37c	38,36b	50,37c	67,06bc	84,64bc	114,90b
	3	21,85c	35,20b	38,07ab	52,70ab	67,74ab	94,20ab
	4	17,56ab	27,28a	32,69ab	45,90a	56,75a	77,81a
	5	14,10a	23,53a	31,02a	43,17a	56,19a	77,13a
	6	17,96ab	30,54a	43,53bc	55,99abc	71,11abc	95,95ab
CV (%)		16,37	14,09	14,77	13,64	14,13	14,37
C2	1	10,04a	19,20a	31,37a	43,79a	53,68a	77,71a
	2	15,06a	23,27a	38,73a	50,96a	66,97a	96,77a
	3	14,05a	23,24a	38,52a	51,82a	66,81a	95,14a
	4	11,31a	20,31a	31,72a	43,19a	54,02a	74,42a
	5	14,28a	23,99a	38,36a	50,07a	63,98a	88,99a
	6	22,91b	39,83b	63,14b	84,49b	106,20b	142,00b
CV (%)		22,07	24,99	26,40	26,84	27,17	24,99

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Para a cultivar 2, foi possível a identificação do lote 6, como o de pior desempenho, em todos os períodos de embebição. Esse resultado pode ser evidenciado desde a caracterização inicial da qualidade dos lotes para essa cultivar.

Este resultado leva a inferir que a utilização dos cotilédones constitui-se em possível alternativa na determinação da qualidade fisiológica de sementes de soja, através do teste de condutividade elétrica individual.

### c) Condutividade elétrica individual de sementes

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da condutividade elétrica individual de sementes inteiras. Essa metodologia não foi eficiente para classificação de lotes quanto ao vigor, não permitindo diferenciar os lotes de alto e baixo vigor para as duas cultivares avaliadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2009) ao utilizar sementes inteiras de feijão para determinar a condutividade elétrica individual. Trabalhando com sementes de soja, Dias e Marcos Filho (1996) e com sementes de mamona, Souza et al. (2009), também não conseguiram a diferenciação dos lotes pelo teste de condutividade elétrica individual.

**Tabela 7.** Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	24h	Cultivar	Lote	24h
C1	1	940,40a	C2	1	818,17a
	2	988,45a		2	875,57ab
	3	988,17a		3	930,50ab
	4	956,75a		4	897,89ab
	5	865,35a		5	976,90b
	6	963,53a		6	914,25ab
CV (%)		4,51	CV (%)		9,63

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

#### 4.4. Caracterização dos lotes após 180 dias de armazenamento

Na Tabela 8 são apresentados os resultados do teor de água, germinação, primeira contagem, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento

acelerado, emergência de plântulas em campo e condutividade elétrica de sementes de duas cultivares de sementes de soja, cada uma representada por seis lotes, após 180 dias de armazenamento em condições não controladas de ambiente.

Os valores médios de germinação mostraram que todos os lotes, de ambas as cultivares, apresentaram redução acentuada de germinação (Tabelas 1 e 8). A umidade relativa do ar e a temperatura têm forte influência na conservação das sementes, afetando as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido no processo (Martins e Lago, 2008), fatores esses que são determinados pelo tipo de embalagem empregado e condição de armazenamento.

A exemplo do teste de germinação, os testes de vigor também apresentaram redução significativa nos resultados após o armazenamento das sementes. Segundo Villela e Menezes (2009), lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes podem apresentar reduções diferentes na capacidade germinativa, se armazenados sob iguais condições, ocorrência esta associada às diferenças quanto ao vigor.

Após 180 dias de armazenamento, de maneira geral, os testes de germinação, primeira contagem, classificação do vigor de plântulas, condutividade elétrica (CE1) e emergência em campo evidenciaram a qualidade superior dos lotes 4, 5 e 6 em relação a dos lotes 1, 2 e 3. Estes dados confirmam os resultados obtidos pelos testes de vigor na avaliação da qualidade inicial dos lotes.

O teste de envelhecimento acelerado não mostrou eficiência na diferenciação dos lotes quanto à qualidade.

O teste de CE2 não estratificou os lotes de forma coerente com os demais testes de vigor utilizados e com os resultados obtidos na caracterização da qualidade inicial.

Observou-se que a cultivar 2, mesmo apresentando maior uniformidade na qualidade inicial entre os lotes, após os 180 dias, apresentou redução no seu potencial fisiológico.

Os testes de germinação, primeira contagem de germinação e classificação do vigor de plântulas não apresentaram diferenças significativas que permitissem a identificação dos lotes de alta e baixa qualidade.

Analizando os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado pode-se observar uma separação dos lotes em três níveis de vigor, sendo os lotes 1, 2 e 3 caracterizados como de maior desempenho, 4 e 5 como de vigor intermediário e o 6 como o de menor desempenho. Estes dados confirmam os resultados obtidos pelos testes de vigor na caracterização inicial dos lotes. Segundo Marcos Filho (1999), esse teste é muito utilizado para avaliar o potencial de armazenamento das sementes, pois a taxa de deterioração é aumentada consideravelmente pela sua exposição a condições muito adversas de temperatura e umidade relativa, o que nesse caso foi evidenciado pelo fato de as sementes estarem armazenadas em condições desfavoráveis para preservar seu potencial de armazenamento.

**Tabela 8.** Valores médios (%) de teor de água (U), germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântulas (CVP), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo realizada em duas épocas (EC 1 e EC 2) e condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) por 24h (CE 1: 25 sementes/75mL água e CE 2: 50 sementes/250mL água) em lotes de sementes de soja, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	U	G	PC	CVP	EA	EC	CE 1	CE 2
C1	1	10,2	57b	26d	25c	20a	47c	105,07b	29,27abc
	2	10,4	56b	29cd	29bc	23a	62bc	104,55b	26,73ab
	3	10,0	54b	30cd	29bc	22a	61bc	103,06b	30,26b
	4	10,3	69a	35ab	33a	23a	70a	97,82a	30,10b
	5	10,4	70a	34ab	33a	22a	73a	94,99a	25,72a
	6	10,0	68a	41a	32a	20a	72a	94,64a	31,33c
CV (%)		7,47	5,84	5,53	6,34	8,77	3,51	6,83	
C2	1	10,5	78a	38a	33a	18a	65a	91,71a	26,78a
	2	10,5	77a	40a	33a	21a	69a	98,87ab	30,70bc
	3	10,8	75a	38a	33a	20a	68a	98,96ab	29,61abc
	4	10,0	76a	35a	33a	15b	70a	92,45a	28,28ab
	5	10,8	74a	37a	33a	12b	70a	95,97ab	31,21bc
	6	11,0	74a	30b	33a	8c	55c	102,00b	32,34c
CV (%)		5,24	7,67	2,27	7,29	14,10	5,09	7,44	

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Na emergência em campo houve confirmação do pior desempenho do lote 6 em relação aos demais. Para Marcos Filho (1998), o teste de emergência

de plântulas constitui-se em indicador da eficiência dos testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes. Para as duas metodologias de condutividade elétrica (CE1 e CE2) utilizadas, os resultados não permitiram uma diferenciação evidente entre os lotes, possibilitando apenas mostrar a tendência do lote 6 ser o de pior desempenho.

#### **4.5. Condutividade elétrica massal após o armazenamento**

##### **a) Condutividade elétrica massal de eixos embrionários**

Na Tabela 9 são apresentados os resultados da condutividade elétrica massal de eixos embrionários extraídos de sementes armazenadas por 180 dias em ambiente sob condições não controladas. Pode se observar que, todos os períodos de embebição permitiram a diferenciação dos lotes, indicando uma tendência de separação dos lotes de alto e baixo vigor.

Analizando a cultivar 1, é possível observar a mesma tendência de estratificação dos lotes avaliados antes do armazenamento, de modo que no período de 1 hora de embebição dos eixos embrionários, os lotes 4, 5 e 6 apresentaram vigor superior aos lotes 1, 2 e 3.

**Tabela 9.** Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de sementes de soja armazenados em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	24h
C1	1	73,20c	96,31bc	107,83a	128,41b	146,18b	159,41b	155,54ab	211,35ab
	2	73,36c	110,59cd	130,91b	115,12b	178,48b	195,97c	202,48a	245,18ab
	3	69,88c	124,26d	118,98ab	141,26b	162,46b	177,63bc	183,41b	217,13ab
	4	37,78a	59,95a	110,01a	97,15a	113,51a	118,44a	131,37a	177,96a
	5	45,94ab	84,02b	111,24a	137,18b	156,20b	169,19bc	181,92b	238,97ab
	6	59,55b	100,13bc	131,93b	157,22b	173,95b	186,41bc	198,03b	225,69b
CV (%)		13,02	8,38	8,09	9,03	10,11	9,51	12,70	1,25
C2	1	20,69a	50,71a	72,11a	102,63a	105,46a	136,51a	153,90a	209,68a
	2	21,16a	58,72ab	85,21ab	107,11a	118,21ab	133,52a	150,65a	190,98a
	3	36,14b	71,15bc	106,15cd	119,43ab	128,46ab	144,46ab	168,22a	190,54a
	4	41,83b	74,27bc	98,10bc	126,88ab	149,52bc	152,47ab	187,66a	247,02ab
	5	41,32b	71,60bc	103,48bcd	127,14ab	145,89bc	163,41ab	182,09a	237,86ab
	6	50,39c	87,07c	120,13d	144,10b	162,49c	177,68b	191,96a	292,68b
CV (%)		24,71	15,18	12,79	15,50	14,04	14,33	16,90	21,16

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Para a cultivar 2 os resultados indicam os lotes 1 e 2 como de maior vigor e o lote 6 de menor vigor, em 1 hora de embebição. Confirmando a mesma tendência observada tanto na qualidade inicial como depois do armazenamento para ambas as cultivares. Este resultado revela a possibilidade de uso desta parte da semente para a condução rápida e eficiente do teste.

Trabalhando com sementes de milho, Vidal (2010), constatou que o teste de condutividade elétrica massal, realizado exclusivamente com embriões, é mais eficiente para estratificar lotes quanto ao vigor do que o método convencional com sementes inteiras.

### b) Condutividade elétrica massal de cotilédones

Na tabela 10 são apresentados os resultados da condutividade elétrica massal dos pares de cotilédones de sementes de soja. Analisando a cultivar 1, pode-se constatar que, em todos os períodos de embebição não foi possível a diferenciação dos lotes quanto à qualidade, conforme os resultados obtidos na avaliação da qualidade inicial.

**Tabela 10.** Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de cotilédones de sementes de soja, armazenados em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	24h
C1	1	15,09ab	21,13a	26,42ab	32,17ab	35,80ab	39,26ab	41,40a	72,03ab
	2	15,37ab	20,48a	24,82ab	28,79ab	32,31ab	35,57ab	37,87a	63,10a
	3	16,54b	22,45a	26,84ab	31,40ab	35,56ab	39,39ab	41,48a	68,98ab
	4	11,48a	17,68a	22,59a	27,41a	31,55a	34,40a	37,35a	67,94ab
	5	17,02b	34,86b	30,04b	34,89b	39,61b	42,75b	45,99a	80,90b
	6	14,13ab	37,78b	26,84ab	30,73ab	35,39ab	38,22ab	40,95a	72,62ab
CV (%)		19,16	16,66	14,20	13,72	12,88	12,30	12,11	10,76
C2	1	10,19a	15,72a	19,94a	24,23a	26,83a	30,53a	33,32a	58,25a
	2	11,38a	16,90a	21,64a	25,78a	27,70a	31,40a	33,94a	56,53a
	3	13,67a	19,61a	25,90ab	30,73ab	33,18ab	37,68ab	40,92ab	68,94ab
	4	12,87a	22,44a	29,43b	34,95b	39,48b	42,87b	47,99b	79,76b
	5	12,35a	18,90a	24,24ab	28,45ab	32,26ab	35,19a	37,88a	64,10a
	6	11,19a	17,33a	22,05a	26,18a	29,89a	32,60a	35,58a	65,71a
CV (%)		16,31	14,53	13,32	11,97	11,80	11,08	10,93	9,91

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Para a cultivar 2, observa-se a mesma tendência obtida na análise da cultivar 1, de modo que em todos os períodos de embebição não houve estratificação dos lotes coerentemente com as informações fornecidas pelos demais testes de vigor.

Esses resultados indicam que a metodologia de condutividade elétrica massal de pares de cotilédones não foi eficiente para separar os lotes de alta e baixa qualidade.

### c) Condutividade elétrica massal de sementes

Na Tabela 11 pode-se observar os resultados da condutividade elétrica massal de sementes inteiras de soja. De modo geral, não ocorreu diferenciação entre os lotes na cultivar 1.

Avaliando a cultivar 2, verifica-se que a estratificação apresentada em todos os períodos de embebição não está refletindo a mesma tendência indicada na caracterização da qualidade inicial dos lotes.

Esses resultados mostram que a metodologia utilizada para determinar a condutividade elétrica massal utilizando sementes inteiras de soja não foi eficiente para classificar os lotes em níveis de vigor, concordando com os resultados obtidos por Silva (2009) ao trabalhar com sementes de feijão.

**Tabela 11.** Valores médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja armazenadas em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	24h
C1	1	95,75a	130,25a	145,51ab	157,77a	173,28a	188,19a	198,60a	333,20a
	2	96,01a	122,67a	135,04a	148,71a	161,08a	173,79a	184,70a	308,02a
	3	105,43a	140,25a	158,94b	174,61a	189,25a	203,27a	217,97a	366,15a
	4	106,22a	136,01a	154,56ab	167,25a	176,16a	189,35a	201,69a	332,93a
	5	96,48a	121,47a	138,00a	149,32a	165,05a	177,58a	188,81a	321,06a
	6	102,11a	132,67a	150,87ab	165,90a	173,32a	178,99a	190,25a	312,02a
CV (%)		8,95	7,84	6,81	8,95	8,82	9,43	9,22	8,60
C2	1	88,97a	119,03a	136,99a	150,18a	158,97a	160,98a	173,32a	274,35a
	2	105,17ab	133,28ab	156,28abc	165,13abc	169,20ab	180,35abc	191,92ab	291,05ab
	3	109,78b	147,90b	167,11c	186,84c	189,22ab	209,52c	223,89b	348,86b
	4	98,91ab	127,03a	142,93ab	154,44ab	163,50ab	171,15ab	181,58a	271,22a
	5	89,65a	130,67ab	158,28bc	178,92bc	193,19b	201,78bc	218,54b	327,80ab
	6	95,63ab	120,93a	144,47ab	156,65ab	162,22a	180,17abc	195,50ab	309,38ab
CV (%)		10,99	8,76	7,90	8,72	10,23	10,43	10,52	12,41

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

#### 4.6. Condutividade elétrica individual após o armazenamento

##### a) Condutividade elétrica individual de eixos embrionários

Na Tabela 12 são apresentados os resultados de condutividade elétrica individual de eixos embrionários extraídos de sementes armazenadas por 180 dias, sob condições não controladas de ambiente. Observa-se que, para ambas cultivares, houve diferenciação dos lotes, porém, não de forma coerente com os resultados dos demais testes de vigor.

Com base nesses resultados pode-se afirmar que esta metodologia não foi adequada, sugerindo a necessidade de mais estudos com a utilização dessa estrutura.

**Tabela 12.** Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de eixos embrionários de sementes de soja armazenados em ambiente não controlado, UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
C1	1	249,05b	274,97ab	402,77a	473,09a	524,02a	658,15a	704,44a
	2	247,41b	302,13bc	437,87abc	565,65b	662,59b	697,87ab	771,94ab
	3	264,68c	315,48c	479,36c	605,55b	747,22b	826,39c	916,67c
	4	266,76c	367,06d	432,24abc	657,74b	739,48b	791,86bc	910,91c
	5	210,82a	263,59a	383,12a	468,85a	539,69a	631,15a	688,30c
	6	270,42c	307,26bc	462,19bc	608,22b	671,10b	739,67abc	837,13b
CV (%)		4,34	8,58	7,41	13,20	9,70	12,07	10,89
C2	1	120,42a	240,83abc	291,39ab	404,21bc	500,92b	607,78b	729,91bc
	2	219,82d	272,18c	382,14c	487,06cd	647,62c	710,28bc	821,13bc
	3	145,21b	250,79bc	331,45bc	515,28d	629,32c	774,09c	839,79c
	4	127,52a	215,40a	240,22a	326,25a	392,66a	442,47a	582,41a
	5	129,46a	223,21ab	258,92a	302,50a	385,71a	446,45a	514,43a
	6	193,92c	221,78ab	383,33c	275,00a	517,82b	662,00b	701,82a
CV (%)		8,54	9,88	20,86	17,86	16,65	11,58	13,21

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

##### b) Condutividade elétrica individual de cotilédones

Na Tabela 13 são apresentados os resultados de condutividade elétrica individual dos pares de cotilédones extraídos de sementes armazenadas por 180 dias, sob condições não controladas de ambiente. Analisando os

resultados de ambas as cultivares, constata-se que o ranqueamento dos lotes, em níveis de qualidade, não foi coerente com as informações obtidas pelo conjunto dos testes de vigor. Embora, essa metodologia tenha mostrado resultados promissores para as duas cultivares, no período de 1 e 2 horas de embebição, antes do armazenamento das sementes.

Esses resultados ratificam os obtidos por Silva (2009) em estudos feitos com condutividade elétrica individual utilizando cotilédones de sementes de feijão.

**Tabela 13.** Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de cotilédones de sementes de soja armazenados em ambiente não controlado. UFPel, 2010. Cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2).

Cultivar	Lote	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
C1	1	50,32b	71,45c	97,84c	125,45c	146,09b	171,21b	205,47c
	2	27,30a	40,12a	53,46a	74,64ab	89,42a	108,14a	133,75ab
	3	29,41a	46,03ab	61,76ab	80,39ab	99,61a	120,81a	156,76abc
	4	41,88b	60,33bc	80,50bc	104,69bc	123,07ab	147,34ab	181,80bc
	5	22,15a	37,29a	51,43a	69,82a	84,41a	103,90a	127,75a
	6	31,32a	43,43a	57,01ab	74,20ab	89,71a	107,42a	131,03ab
CV (%)		20,84	16,38	17,35	16,41	17,08	16,16	14,90
C2	1	14,23a	32,43a	55,53a	82,57ab	106,97ab	134,96ab	160,75ab
	2	20,64ab	41,89a	60,16a	83,90ab	107,81ab	129,96ab	151,26ab
	3	21,57ab	41,82a	56,90a	78,80ab	99,88ab	120,81ab	141,89ab
	4	21,42ab	49,31a	72,43a	105,30b	134,88b	162,08b	188,15b
	5	13,12a	34,09a	50,28a	65,84a	86,49a	107,62a	129,24a
	6	25,18b	47,45a	66,75a	93,12ab	116,10ab	138,40ab	160,81ab
CV (%)		26,04	24,25	27,32	25,34	24,01	22,35	21,32

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

### c) Condutividade elétrica individual de sementes

Na Tabela 14 são apresentados os resultados da condutividade elétrica individual de sementes inteiras após 180 dias de armazenamento.

Pode-se verificar que essa metodologia não foi eficiente para identificar os lotes de alto e baixo vigor, pois para nenhuma das duas cultivares avaliadas foi possível ranquear os lotes de maneira coerente com os resultados obtidos pela caracterização da qualidade inicial dos lotes.

**Tabela 14.** Valores médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) de lotes de sementes de soja, cultivares BRS Valiosa RR (C1) e BRS Favorita RR (C2), armazenados em ambiente não controlado. UFPel, 2010.

Cultivar	Lote	24h	Cultivar	Lote	24h
C1	1	1402,38ab	C2	1	1408,70a
	2	1423,09abc		2	1615,30bc
	3	1727,61d		3	1523,29ab
	4	1536,87bc		4	1466,90ab
	5	1277,45a		5	1773,05c
	6	1588,09cd		6	1593,65b
CV (%)		5,55	CV (%)		7,22

As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

#### 4.7. Considerações gerais

Comparando os resultados da lixiviação de exsudatos, das sementes; cotilédones e eixos embrionários de soja durante a condução dos testes de condutividade elétrica massal e individual, pode-se verificar que a lixiviação foi mais intensa nas sementes, seguido dos eixos embrionários e cotilédones. A maior lixiviação dos eixos em relação aos cotilédones pode estar associado ao fato de que no eixo embrionário ser a estrutura da semente mais sensível ao processo de deterioração, conforme Marcos Filho (2005). Esse comportamento evidencia a importância da utilização dos eixos embrionários na identificação do vigor de sementes.

As liberações de exsudatos nas três estruturas indicaram um aumento progressivo no decorrer do período de embebição, não havendo tendência de estabilização até 24h.

Considerando que o teste de condutividade elétrica conduzido com sementes não apresentou resultados satisfatórios na metodologia empregada, o uso de eixo embrionário torna-se promissor para avaliação do vigor de soja, podendo tornar-se uma ferramenta importante para identificação de lotes de qualidade inferior em reduzido espaço de tempo, contribuindo para a diminuição de custos com beneficiamento e armazenamento desses lotes. O eixo embrionário corresponde à parte viva da semente e, além de absorver água com maior velocidade do que as demais estruturas, esta se processa de

forma continua em razão do alongamento e divisão celular (McDonald et al., 1993 e Villela et al., 2007).

A redução de vigor e viabilidade das sementes envolvem principalmente alterações no eixo embrionário. Em sementes de amendoim, Perez e Arguelo (1994) detectaram que as mudanças bioquímicas nas membranas celulares são melhores detectadas nos eixos embrionários.

Para as duas cultivares analisadas, o teste de condutividade elétrica massal conduzido com eixos embrionários, no período de 1 hora de imersão, mostrou ser uma metodologia promissora para avaliar o vigor de sementes de soja.

## 5. CONCLUSÕES

- O teste de condutividade elétrica massal conduzido com eixos embrionários é promissor para a avaliação do vigor de sementes de soja, mostrando eficiência na estratificação de lotes quanto ao potencial fisiológico;
- O vigor de sementes de soja pode ser determinado pelo teste de condutividade elétrica massal, utilizando 10 eixos embrionários com imersão em 25mL de água deionizada e tempo de embebição de uma hora, a 25ºC.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. C. F. E.; MORO, F. V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M. C. Testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p. 1 - 8, 2001.
- ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins**. Viçosa: UFV, 1998. 574p.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing hand book**. Lincoln, 1983. 88p. (Handbook on seed testing. Contribution, 32).
- BARROS, A. S. R.; MARCOS FILHO, J. Testes para avaliação rápida do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n.2, p.289-295, 1997.
- BECWAR, M. R.; STANWOOD, P. C.; ROOS, E. E. Dehydration effects on imbibitional leakage from desiccation-sensitive seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v.69, p.1132-1135, 1982.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed New York: Plenum Press, 1994. 443p.
- BOCK, F. L. **Resposta a nível molecular do envelhecimento artificial, natural e pré-condicionamento de sementes de soja**. Pelotas, 1999. 27f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, 1999.
- BRANDÃO JUNIOR, D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNADINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. C., C. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 17, n.1/2, p.184, 1997. Trabalho apresentado no X Congresso Brasileiro de Sementes, Foz do Iguaçu, PR, 1997.
- BRANDÃO JUNIOR, D. S.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v. 21, n. 1, p. 114-121, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNV/CLAV, 2009. 399 p.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v.1, n.2, p.18-24. 2001.

CARVALHO, M. V. **Determinação do fator de correção para condutividade elétrica em função do teor de água de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Jaboticabal: UNESP, 1994. 36f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 1994.

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safrabrasileira>>. Acesso em: setembro de 2010.

COSTA, P. S. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de condutividade eletrica individual na avaliacao da qualidade fisiologica de sementes de cafe. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 92-96, 2006.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techiques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n.2, p. 427-452, 1973.

DELOUCHE, J. C. **Appyed seed physiology**. Mafes: Mississippi State University, 1995, 65p. (Technology Bulletin, 203).

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 5, n.1, p.23-36, 1995.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

DIAS, D. C. F. S.; VIEIRA, A. N.; BHERING, M. C. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão-de-vagem e quiabo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n. 2, p.408-413, 1998.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n. 71, p. 428-434, 1958.

FAGIOLI, M. Relação entre a condutividade elétrica de sementes e a emergência para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merril). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, v.1, p.31-42, 1997.

FERGUSON, J. M. Perspective of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.17, n.2, p.110-120, 1993.

HALMER, P.; BEWLEY, J. D. A physiological perspective on seed vigour testing. **Seed Science and Technology**. Zürich, n. 12, p. 561-575, 1984.

HAMPTON, J.G.; JONSTONE, K. A.; EUAUMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, n.3, p. 677-686, 1992.

HAMPTON, J.G.; LUNGWANGWA, A. L.; HILL, K. A. The bulk conductivity test for lotus seed lots. **Seed Science and Technology**. Zürich, v.22, n. 1, p. 177-180, 1994.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, B. M. Conductivity teste. In: HAMPTON, J.G & TEKRONY, B.M (eds) **Handbook of vigour methods**. 3. ed. Zürich: ISTA,, p. 22-34, 1995.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: ISTA, 2011, p. 1-1; 17-6.

JOSÉ, S. B. R.; CARVALHO, M. L. M.; RODRIGUES, R. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v. 23, n. 1, p. 55-61, 2001.

LOEFFLER, T. M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. Lexington, 1981, 181f. Dissertação (Mestrado), University of Kentucky, Lexington, 1981.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

MARCOS FILHO, J.; AMORIN, H. V.; SILVAROLLA, M. B.; PESCARIN, H. M. C. Relações entre germinação, vigor permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: **Seminário Nacional de Pesquisa da Soja**, 2. Brasília, DF. 1981. Anais... Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982, v.1, p.678-688.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M., SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R.; NOVEMBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p.1805-1815, 1990.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**, Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-150.

MARCOS FILHO, J. Avaliacao da qualidade de sementes de soja. In: Camara, G. M. S. (coord.). **Soja - tecnologia da produção**. Piracicaba, Ed. Publique. p.206-243, 1998.

MARCOS FILHO, J.; Testes de vigor importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 1, p.1-21.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTINS, L.; LAGO, A.A. Conservação de semente de *Cedrela fissilis*: teor de água da semente e temperatura do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v.30, n.1, p.161-167, 2008.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test In: PERRY, D. A (Ed.) **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1981. p.37-42.

McDONALD, M. B.; VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. E. Soybean seed imbibition: water absorption by seeds parts. **Crop Science**, Madison, v.28, p.993-997, 1988.

MENDONÇA, E.A.F.; RAMOS, N.P.; FESSEL, S.A. & SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brócoli (*Brassica oleraceae* L.) var. *italica*. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.22, n.1, p.280-287, 2000.

MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; BAHRY, C. A.; MATTIONI, N. M. Teste de condutividade eletrica em sementes de aveia preta. **Revista brasileira de sementes**, Pelotas, v. 29, n. 2, p. 138-142, 2007.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p.1-26.

PAIVA-AGUERRO, J. A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com a emergência das plântulas de soja em campo**. Jaboticabal, 1995, 92f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, 1995.

- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I.Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.31, n.9, p.621-627, 1996.
- PÉREZ, M. A.; ARGÜELLO, J. A. Deterioration in peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. Florman) seeds under natural and accelerated aging. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, f. 439-445,1994.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2<sup>a</sup> ed. Brasília, AGIPLAN, 1985. 289p.
- POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachat conductivity in relation to the quality of seed for sowing, **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.10, n.2, p.81-100, 1986.
- POWELL, A. A. Eletrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **Seed Testing International**, n. 131, p. 32-35, 2006.
- POWELL, A. A. Condutivity testing for *Phaseolus vulgaris*. **Seed Testing International**, n. 132, 35-36, 2006.
- PRIESLEY, D.; LEOPOLD, C. Absenceof lipid oxidation during accelerated aging of soybean seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 63, p. 7236 – 729, 1979.
- RODO, A. B.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; SAMPAIO, N. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.29-38, 1998.
- SÁ, M. E. Condutovidade elétrica em sementes de tomate (*Lycopericon lycopersicum* L.) **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.13-19, 1999.
- SALINAS, A. R.; YOLDJIAN, A. M.; CRAVIOTO, R. M.; BISARO, V. Pruebas de vigor y calidad fisiologica de semillas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 371-379, 2001.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.
- SCANDÁLIOS, J. G. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: a review. **Biochemical Genetics**, New York, v. 3, p. 37 – 79, 1969.
- SILVA, V. N. **Condutividade elétrica em diferentes estruturas de sementes de feijão**. Pelotas, 2009. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, 2009.
- SILVEIRA, M. A. M.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. A. Comparação de métodos para avaliação da qualidade fisiológica em sementes de calêndula. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v. 24, n. 2, p. 24-30, 2002.

SOUZA, L. A.; CARVALHO, M. L. M.; KATAOKA, V. Y.; OLIVEIRA, J. A. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 60-67, 2009.

SPINDOLA, M. C. M.; CICERO, S. M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado. **Sentia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 263 – 270, 2000.

STEERE, W.C.; LEVENGOOD, W.C.; BONDIE, J.M. An electronic analyser for evaluating seed germination and vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.9, n.2, p.567-576, 1981.

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

TAO, K. L. J. Factors causing variation in the conductivity test for soybean seedas. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.3, n.1, p.10-18, 1978.

TEKRONY, D. M. Seed vigor testing, 1982. **Journal Seed Technology**, Springfield, v.8, n.1, p.55-60, 1983.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.178-183, 1998.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de temperatura e do período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.41-45, 1999a.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de teor de água inicial e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.46-52, 1999b.

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, A. C. Physiological Activities associated with hydration levels in seeds In: LEOPOLD A. C. (ed) Membranes, metabolism and dry organisms. Ithaca: **Cosmotock Publication**, 1986, p.35-49.

VIDAL, M. D. **Condutividade elétrica massal e individual para determinação do potencial fisiológico de sementes de milho**. Santa Maria, 2010. 83f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIERA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**, Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

VIEIRA, M. G. G. C. Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum L.*), Lavras. 1996. 114f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, 1996.

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

VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M.; LEMPS, L.B.; NASIERI-FILHO, D. Efeito de genótipos de soja sobre os resultados do teste de condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.220-224, 1996b.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap.4, p.1-26.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e o teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.19, p.1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.61, n.2, p.164 - 168, 2004.

VILLELA, F. A.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; MARCOS FILHO, J. Estado energético da água na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v. 29, n. 1, 2007.

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

WANG, Y. R.; HAMPTON, J.G.; HILL, M. J. Reed clover vigour testing: effects teste variables. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.22, n.1, p. 99-105, 1994.

WILSON, D. O.; MCDONALD, M. B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 14, p. 269 – 300. 1986.