

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SEMENTES



Dissertação

Condutividade elétrica em diferentes estruturas de sementes de Feijão

VANESSA NEUMANN SILVA

Pelotas, 2009

VANESSA NEUMANN SILVA

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM DIFERENTES ESTRUTURAS DE
SEMENTES DE FEIJÃO**

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Ângela André Tillmann

Pelotas, 2009

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII

INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	03
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÕES	37
6. REFERÊNCIAS	38

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1: Valores médios (%) dos resultados do teor de água (U), germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântula (CVP), envelhecimento acelerado (EA), velocidade de protrusão da raiz (VPR), emergência a campo aos 7 dias (E 7) e aos 14 dias (E14), condutividade elétrica massal (CE 1: 50 sementes), (CE 2: 25 sementes, período de embebição de 14 horas) e 24 horas (CE 2 A) e condutividade elétrica individual (CE IND) de quatro lotes de sementes de feijão.....	22
Tabela 2: Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica massal de eixos embrionários de feijão.....	25
Tabela 3: Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica massal de cotilédones.....	26
Tabela 4: Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica massal de sementes de feijão.....	27
Tabela 5: Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica individual de eixos embrionários de feijão.....	29
Tabela 6: Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica individual de cotilédones de feijão.....	30

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1: Curva de hidratação de sementes, cotilédones e eixos embrionários de feijão.....	24
Figura 2: Condutividade elétrica massal de sementes, cotilédones e eixos embrionários de sementes de feijão.....	33
Figura 3: Lixiviação de potássio (A), cálcio (B) e magnésio (C) em eixos embrionários, cotilédones e sementes de feijão.....	35

RESUMO

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM DIFERENTES ESTRUTURAS DE SEMENTES DE FEIJÃO.

AUTORA: Vanessa Neumann Silva

ORIENTADORA: Maria Ângela André Tillmann

RESUMO – 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 agilização das tomadas de decisões. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do teste de condutividade elétrica, conduzido com diferentes estruturas de sementes de feijão (semente inteira, cotilédones e eixos embrionários), na separação de lotes em níveis de vigor, verificar a possibilidade de obter resultados em tempo inferior a 24 horas, avaliar a eficiência das metodologias massal e individual e correlacionar os resultados com a emergência de plântulas em campo. Utilizaram-se sementes de feijão da cultivar IAPAR 81, representadas por quatro lotes. A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada através do teste de germinação, primeira contagem, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, velocidade de protrusão da raiz, emergência de plântulas em campo, lixiviação de potássio, cálcio e magnésio, sendo estudadas metodologias para condução do teste de condutividade elétrica, massal e individual com sementes inteiras, cotilédones e eixos embrionários de feijão. Concluiu-se que o teste de condutividade elétrica conduzido com eixos embrionários é promissor para a avaliação do vigor de sementes de feijão; É possível determinar o vigor de sementes de feijão pelo teste de condutividade elétrica individual em uma hora, utilizando eixos embrionários; O vigor de sementes de feijão pode ser determinado pelo teste de condutividade elétrica massal em oito horas, utilizando eixos embrionários e em uma hora com cotilédones e os eixos embrionários são as estruturas que melhor expressam a redução de vigor das sementes de feijão através da lixiviação de potássio, cálcio e magnésio.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, vigor, lixiviação de exsudatos

Electrical conductivity in different structure of bean seeds

Author: Vanessa NeumannSilva

Adviser: Maria Ângela André Tillmann

Abstract : One of the main requirements for the assessment of the effect of seed refers to obtaining reliable results in a relatively short period of time, enabling the streamlining of decision-making. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the electrical conductivity test, conducted with different structures of bean seeds (whole seed, cotyledons and embryonic axes), the separation of lots in levels of force, to check the possibility to obtain results in less time to 24 hours, to evaluate the efficiency of mass and individual methods and the results correlate with the emergence of seedlings in the field. We used seeds of the bean IAPAR 81, represented by four lots. The evaluation of the physiological quality of seeds was performed by the germination test, first count, classification of seedling vigor, accelerated aging, speed of protrusion of the root, emergence of seedlings in the field, leaching of potassium, calcium and magnesium, and studied methods for conducting the test, electrical conductivity, mass and individual with whole seeds, cotyledons and embryonic axes of bean. It was concluded that the electrical conductivity test conducted with embryonic axes is promising for evaluating the effect of bean seeds, is to determine the effect of bean seeds by the electrical conductivity test individual at a time, using embryonic axes the force of bean seeds can be determined by the electrical conductivity test mass in eight hours, using embryonic axes and in one hour with the cotyledons and embryonic axes are the structures that best express the reduction in force of bean seeds by the leaching of potassium, calcium and magnesium.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, vigour, leaches.

1. INTRODUÇÃO

A determinação da qualidade fisiológica de sementes é uma etapa importante em um programa organizado de produção, pois o emprego de metodologia adequada possibilita a estimativa do vigor e, conseqüentemente, do desempenho em campo e o descarte de lotes deficientes, diminuindo riscos e prejuízos.

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 agilização das tomadas de decisões. Podem ser utilizados testes rápidos que são capazes de avaliar com precisão a qualidade fisiológica dos lotes de sementes. Pelo exame da literatura, observa-se que os testes rápidos mais estudados estão relacionados com os eventos iniciais da seqüência de deterioração como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratória e biossintética. Dentre estes testes, destacam-se os de condutividade elétrica, pelos sistemas massal e individual. No teste de condutividade elétrica massal, a qualidade das sementes é avaliada através da sua imersão em água e determinação da condutividade da solução, que indicará o nível de qualidade do lote avaliado. Assim os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células. A avaliação da condutividade elétrica individual é uma alternativa eficiente para identificar o vigor de sementes de muitas espécies. A metodologia básica deste teste é a mesma utilizada no teste de condutividade elétrica massal, a diferença é que neste caso os resultados são obtidos individualmente para cada semente.

As estruturas da semente apresentam diferenças quanto à deterioração. Considerando que em sementes de dicotiledôneas os pontos de crescimento embrionário são mais sensíveis à deterioração faz-se necessário estudar a possibilidade de utilização dessas estruturas no teste de condutividade elétrica, o que poderá reduzir o tempo de realização do teste e ao mesmo tempo proporcionar resultados confiáveis.

Essa pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência do teste de condutividade elétrica, conduzido com diferentes estruturas de sementes de feijão (semente inteira, cotilédones e eixos embrionários), na separação de lotes em níveis de vigor, verificar a possibilidade de obter resultados em tempo inferior a 24 horas, avaliar a eficiência das metodologias massal e individual e comparar os resultados com a emergência de plântulas em campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avaliação da qualidade de sementes

A utilização de sementes de alta qualidade é importante para a obtenção de um estande de plantas adequado, o que pode proporcionar elevada produtividade agrícola, por maximizar o aproveitamento dos demais insumos aplicados nos solos, evitando-se a disseminação de doenças e de plantas invasoras e a agressividade daquelas já presentes no solo, reduzindo-se perdas e o risco na colheita e contribuindo-se para a preservação do meio ambiente (Ferreira, 1993).

O termo qualidade de sementes refere-se a um conjunto de características que determinam seu valor para semeadura, indicando que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado, de maneira consistente, quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (Marcos Filho, 1998). O potencial de desempenho deve considerar a capacidade das sementes de originarem plântulas normais, a velocidade e a uniformidade de emergência e de crescimento de plântulas em campo, o potencial de armazenamento e a conservação do potencial fisiológico durante o transporte (Hampton e TeKrony, 1995).

A qualidade fisiológica de sementes é determinada por sua capacidade em desempenhar funções vitais, as quais são caracterizadas pela germinação, vigor e longevidade (Bewley e Black, 1994).

O parâmetro mais utilizado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes é o teste de germinação, por se tratar de um teste confiável e reproduzível, mas como este teste é realizado em condições favoráveis, apresenta varias limitações. O resultado do teste de germinação não permite detectar o progresso da deterioração, não diferencia lotes de sementes com germinação semelhante, mas que apresentam diferentes potenciais de armazenamento, não diferencia os lotes quanto à velocidade de germinação, além de que plântulas com deficiências, ou seja, com menor potencial fisiológico, são computadas como normais (Krzyzanowski et al., 1999). Desta forma não possibilita a identificação precisa dos fatores que afetam a qualidade e não prediz o resultado do desempenho das sementes em condições gerais de campo e o potencial de armazenamento (Delouche, 1995).

O monitoramento da qualidade fisiológica de sementes é importante em um programa organizado de produção, porque a utilização de metodologia adequada permite a determinação do vigor de lotes e, conseqüentemente do potencial desempenho em campo e o descarte de lotes de baixa qualidade, diminuindo riscos e prejuízos.

Com a necessidade da obtenção de uma estimativa mais segura do potencial fisiológico de sementes surgiram os estudos sobre vigor. Até então, só existiam os testes de germinação em nível de laboratório, onde as condições eram, em geral, diferentes das encontradas no campo. Em 1876, o alemão Nobbe escreveu a primeira referência sobre vigor. Já em 1911, surgiu o primeiro teste de vigor denominado teste do tijolo moído, desenvolvido por HILTNER e IHLSEN. Mas o marco de referências para estudos de vigor ocorreu em 1950 durante o congresso da International Seed Testing Association (ISTA), onde foi proposto que os testes conduzidos em laboratório fossem chamados de testes de germinação e os de campo chamados de testes de vigor, como complemento do teste de germinação. A partir daí houve a criação do Comitê de Vigor da ISTA e um grande impulso à pesquisa, com o desenvolvimento de vários métodos para a avaliação do vigor de sementes e o estabelecimento do conceito de vigor (Vieira e Carvalho, 1994).

Apesar de diversos estudos que buscam a padronização dos testes de vigor, são encontradas limitações tendo em vista que o vigor pode se manifestar através de várias características como velocidade de germinação, uniformidade de emergência, resistência ao frio etc. Diante disso, deve-se ressaltar a importância da realização de um conjunto de testes. A tendência predominante é a combinação de resultados de diferentes testes, considerando sempre a finalidade do uso dos resultados (Marcos Filho, 2005).

Considerando-se que os testes de vigor fornecem indicações 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.

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 agilização das tomadas de decisões principalmente, no que se refere às operações de colheita, beneficiamento e comercialização. A informação rápida e precisa da qualidade de sementes das culturas a serem implantadas consiste numa garantia ao agricultor. A partir disto, surgiu a necessidade do desenvolvimento de testes rápidos para estimar a qualidade de sementes, pois a rápida avaliação possibilita o descarte de lote de sementes de qualidade inadequada já na recepção ou no beneficiamento, com a conseqüente redução dos custos de um condicionamento desnecessário (Dias e Marcos Filho, 1996).

Pelo exame da literatura, observa-se que os testes rápidos mais estudados estão relacionados com os eventos iniciais da seqüência de deterioração proposta por Delouche e Baskin (1973) como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades

respiratória e biossintética. Sendo os testes mais indicados para detectar diferenças de vigor porque são capazes de detectar a deterioração das sementes em sua fase inicial (Vieira e Carvalho, 1994).

A deterioração é mínima no ponto de máxima qualidade fisiológica, ou seja, na maturidade fisiológica (Delouche e Baskin, 1973). A partir daí, ocorrem transformações degenerativas, cuja rapidez depende das condições a que as sementes são expostas no campo, antes e durante a colheita, do método de colheita, da secagem, do beneficiamento e das condições de armazenamento. As reações oxidativas são responsáveis pela deterioração das sementes sendo que essas reações ocorrem por autooxidação ou peroxidação em processo não enzimático. A oxidação de ácidos graxos insaturados é citada como a primeira reação do processo de envelhecimento, produzindo radicais livres que, atacam os lipídios, proteínas, ácidos nucléicos, com reações em cadeia.

As sementes atingem o máximo potencial fisiológico na época da maturidade, quando cessa o acúmulo de matéria seca (Tekrony e Egli, 1995). Após a maturidade fisiológica as sementes passam por um período de perda de água que provoca uma desorganização estrutural, resultando na perda temporária da integridade das membranas celulares (Bewley e Black, 1994). A perda da integridade das membranas celulares é a primeira manifestação de redução ou perda da qualidade de sementes (Carvalho et al., 2002). Um dos eventos iniciais do processo de deterioração é a degradação dos sistemas de membranas, reduzindo a habilidade para resistir à rápida entrada de água, caracterizando os danos por embebição e acarretando severos prejuízos ao metabolismo celular (Marcos Filho 2005).

Durante o processo de embebição ocorre uma rápida absorção de água e lixiviação de eletrólitos proporcional ao estado de desorganização das membranas. Sementes deterioradas liberam maiores quantidades de solutos durante a embebição. Durante esse processo as membranas celulares das sementes se reestruturam e recuperam sua função de permeabilidade seletiva. Para Abdul-Baki (1980) a velocidade de recuperação do sistema de membranas das sementes reflete seu vigor, por que quanto menor o período de reestruturação, menor será a perda de lixiviados para o meio externo.

A lixiviação compreende a perda de substâncias como açúcares, ácidos graxos, aminoácidos, ácidos orgânicos e íons inorgânicos – K^{++} , Ca^{++} e Mg^{++} (AOSA, 2002). Esses compostos exsudados são necessários para germinação, manutenção do potencial osmótico da célula, e a liberação desses estimula o desenvolvimento de microrganismos, resultando na redução de vigor das sementes.

Neste contexto, o teste de condutividade elétrica é utilizado para avaliar o potencial fisiológico de sementes, através da relação entre a integridade do sistema de membranas e o vigor.

2.2 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi desenvolvido por Fick e Hibbard (1925), que associaram os baixos valores de germinação em sementes de capim timóteo à elevada liberação de solutos durante a embebição. O método foi aperfeiçoado por Matthews e Bradnock (1967) que estabeleceram uma metodologia para sementes de ervilha. Desde então várias pesquisas tem sido realizadas com diversas espécies como algodão, soja, milho e feijão (Krzyzanowski et al., 1999). Em 2001 a metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de ervilha foi incluída nas Regras para Análises de Sementes da ISTA (Marchi e Cícero, 2003).

A determinação da condutividade elétrica da água de embebição tem sido proposta como um dos testes bastante sensíveis para avaliar o vigor, uma vez que no processo de deterioração um dos eventos iniciais é a perda da integridade das membranas (Vanzolini e Nakagawa, 1998). Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela ISTA 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 Kryzanowski, 1999).

O teste de condutividade elétrica é classificado como um teste bioquímico, sendo que envolve dois princípios: físico e biológico.

O princípio físico é que os solutos liberados possuem propriedades eletrolíticas capazes de conduzir corrente elétrica que é medida através de um condutivímetro. Esse aparelho monitora a quantidade de exsudatos das sementes liberados para o meio externo, constituindo um importante método para avaliação da qualidade fisiológica de sementes (Hampton e Tekrony, 1995), pois detecta rapidamente as diferenças de qualidade entre lotes com germinação semelhantes.

Desta forma, admite-se que uma forte concentração iônica nos exsudatos reflete a presença de membranas deterioradas e, portanto, de sementes de baixa qualidade. Os menores valores correspondentes à menor liberação de exsudatos indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células (Vieira et al., 2002).

Baseado em fundamentos elétricos a solução resultante da lixiviação de sementes em embebição é capaz de conduzir condutividade elétrica, dentro de certas faixas de leitura, de acordo com a concentração iônica da mesma (Steere et al., 1981). Como detalham estes autores, a predição do vigor das sementes pode ser realizada medindo a intensidade de corrente elétrica que circula entre dois pontos, como consequência da maior ou menor dificuldade que encontra a corrente elétrica para deslocar-se de um ponto a outro da solução, quando entre ambos existe uma determinada diferença de potencial.

O princípio biológico do teste é que as sementes são constituídas de células envolvidas por membranas plasmáticas semipermeáveis, que controlam as trocas de água e solutos entre as células e seu meio exterior. A quantidade de material lixiviado está relacionada à permeabilidade da membrana, e conseqüentemente com o vigor das sementes (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A integridade das membranas é muito importante para que as mesmas exerçam suas funções. Vários fatores estão relacionados com a permeabilidade das membranas, dentre os quais a idade da semente, sua condição fisiológica e física, e também incidência de danos (Powell, 1986). Pode ser considerada causa fundamental de alterações do nível de vigor de uma semente, o qual pode ser indiretamente avaliado usando-se de determinações da condutividade elétrica na solução de embebição de sementes (Hampton e Tekrony, 1995).

A capacidade de reorganização das membranas celulares e de reparar certo nível de dano é maior em sementes de alto vigor, comparativamente àquelas de menor vigor (Matthews e Powell, 1981; Aosa, 1983; Hampton e Tekrony, 1995). O valor da condutividade elétrica da solução de embebição das sementes varia com a quantidade e o tipo de lixiviados na solução. São lixiviadas substâncias como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas e íons inorgânicos (AOSA, 2002).

Quando as sementes começam o processo de germinação durante a fase de embebição ocorre perda de substâncias celulares (Tajbakhsh, 2000). Sementes com baixo potencial fisiológico liberam grandes quantidades de eletrólitos como consequência da perda de seletividade das membranas. A desestruturação e perda da integridade do sistema de membranas celulares, causada principalmente pela oxidação de lipídios, promove o descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, com reflexos sobre a qualidade fisiológica das sementes (Alves et al., 2004). A partir da perda de integridade do sistema de membranas ocorre uma série de eventos, como a desnaturação de proteínas, queda dos teores de carboidratos totais, açúcares, proteínas solúveis e de fosfatos, o aumento de ácidos graxos livres, a desestabilização da atividade de enzimas e da síntese de Rna e de proteínas (Marcos Filho, 2005). Os decréscimos da viabilidade e do vigor podem ser atribuídos a danificações em membranas dos

mitocôndrios, promovendo decréscimo da respiração aeróbica e da produção de ATP, ao mesmo tempo em que se verificam acréscimos de liberação de etanol. Esses eventos constituem importantes indicadores da intensidade da respiração e da disponibilidade de energia para o processo de germinação. Portanto, a redução do potencial fisiológico e da germinação é diretamente relacionada com o aumento de solutos lixiviados resultado da perda da integridade das membranas (Vieira et al., 1999).

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 com rapidez.

Resultados satisfatórios com o uso do teste têm sido relatados em pesquisas com varias espécies. A eficiência do teste na avaliação da qualidade fisiológica de sementes foi verificada em sementes de pimenta (Vidigal et al, 2008), aveia preta (Menezes et al, 2007), cebola (Dias et al, 2006), café (Costa e Carvalho, 2006), pimentão (Oliveira e Novembre, 2005), pepino (Abdo et al., 2005), soja (Vieira et al., 2004 e Colete et al., 2004), milho (Alves et al., 2004), citromelo (Carvalho et al., 2002), milheto (Gaspar e Nakagawa, 2002), trigo (Tajbakhsh, 2000), algodão (Torres, 1998), feijão vagem e quiabo (Dias et al. 1998), feijão miúdo (Torres et al., 1998) e tomate (Rodo et al., 1998).

2.2 Condutividade elétrica massal

No teste de condutividade elétrica massal a qualidade das sementes é avaliada através da sua 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 à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranaís das células (Vieira et al., 2002).

Pesquisas realizadas com diferentes espécies têm 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).

Resultados de pesquisas têm demonstrado que vários fatores podem afetar os resultados do teste, tais como: genótipo (Panobianco et al., 1999), teor inicial de água (Vieira et al., 2002), temperatura (Panobianco, 2000) e duração do período de embebição (Wang et al., 1994), tamanho

das sementes (Deswal e Sheoran, 1993), presença de sementes danificadas fisicamente (Vieira e Krzyzanowsky, 1999) e número de sementes testadas (Gaspar e Nakagawa, 2002).

O período de embebição é um fator de grande importância na realização do teste de condutividade elétrica. De acordo com Bewley e Black (1994), a lixiviação ocorre durante a primeira etapa da embebição do processo de germinação de sementes, quando há uma rápida e intensa liberação de açúcares, aminoácidos e eletrólitos em quantidades variáveis de acordo com o estado de organização dos sistemas de membranas celulares.

O teste de condutividade elétrica massal determina um valor médio dentro de uma determinada população de sementes (Vieira e Krzyzanowski, 1999). Nesse caso, se a amostra apresentar semente que esteja seriamente danificada em relação às demais, o valor da condutividade pode ser elevado de modo significativo, sem que signifique, na verdade, grande alteração no vigor do lote. Nesse contexto, a avaliação da condutividade elétrica de um determinado lote, pode ser realizada considerando-se individualmente cada semente.

2.3 Condutividade elétrica individual

Um método alternativo para o teste de condutividade elétrica é aquele que avalia individualmente as sementes. A determinação da condutividade individual foi proposta por Steere et al. (1981). O método foi criado para 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).

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).

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).

Várias pesquisas têm 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 et al., 2006) e soja (Salinas et al., 2001).

2.3 Condutividade elétrica em sementes de feijão

Trabalhos de pesquisa recentes têm sido conduzidos para a avaliação da qualidade de sementes de feijão através do teste de condutividade elétrica.

Estudando o efeito do período de envelhecimento acelerado na condutividade elétrica e na qualidade de sementes de feijão, Binotti et al. (2008) verificaram que o aumento de lixiviados está relacionado com a redução da germinação e do vigor. Avaliando a relação entre testes de laboratório para avaliação da qualidade de sementes e a emergência em campo, Kolasinska et al. (2000) encontraram correlação entre os resultados de emergência e condutividade elétrica com sementes de feijão. Avaliando a qualidade de sementes de feijão, Corrêa e Afonso Junior (1999) constataram que o teste de condutividade elétrica permite a identificação de danos causados às sementes pelo processo de secagem. Conforme Andrade et al. (1999) a determinação da condutividade elétrica de sementes de feijão pode ser correlacionada com o índice de danos mecânicos, podendo ser utilizada para avaliar danos mecânicos em sementes. Analisando a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio em feijão de vagem, Dias et al. (1998) concluíram que o teste de condutividade elétrica foi eficiente para a avaliação do potencial fisiológico das sementes.

2.4 Deterioração de eixos embrionários

A utilização de eixos embrionários para a determinação da condutividade elétrica está embasada no fato de que em sementes os pontos de crescimento embrionário são mais sensíveis à deterioração. A comprovação desse fato tem sido relatada através de estudos que mostram a existência de níveis elevados de radicais livres no eixo embrionário e mais baixos nos cotilédones, durante a deterioração de sementes de soja, demonstrando que esse processo geralmente tem início nas áreas meristemáticas e que a extremidade da radícula pode ser a parte da semente mais propensa a degradação. Este fato pode ser explicado pela posição da radícula da maioria das sementes, em área onde não há maiores obstáculos à rápida entrada de água e de oxigênio.

durante a embebição (Marcos Filho, 2005). Além disso, as regiões meristemáticas possuem número elevado de mitocôndrios, quando comparados a outros tecidos das sementes. Trabalhos com sementes de soja relatam o decréscimo do número e da eficiência de mitocôndrios de eixos embrionários, durante a germinação de lotes com baixo vigor (Ferguson, 1990). Estudando o processo de deterioração em sementes de amendoim, Perez e Arguelo (1995) concluíram que as mudanças bioquímicas nas membranas celulares são melhor detectadas nos eixos embrionários, podendo os mesmos ser 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).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, da Universidade Federal de Pelotas, nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Solos e no campo didático do Departamento de Fitotecnia e no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Santa Maria no período de julho de 2007 a dezembro de 2008.

Foram utilizadas sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representadas por quatro lotes da cultivar IAPAR 81 provenientes da Cooperativa Coopercampus, do estado de Santa Catarina da safra de 2007.

A caracterização dos lotes foi realizada a partir das seguintes avaliações:

Determinação do teor de água: determinação realizada em quatro subamostras pelo método da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes-RAS (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em percentagem para cada lote.

Teste de germinação: foi realizado com 200 sementes (4 subamostras de 50 sementes) em três repetições totalizando 600 sementes para cada lote. 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 nono dia após a semeadura. As avaliações foram baseadas na RAS (Brasil, 1992) e os resultados expressos em percentagem de plântulas normais para cada lote.

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.

Teste de envelhecimento acelerado: foram conduzido ensaios preliminares com utilização de períodos de embebição de 48 e 72, e com utilização de substrato de papel germitest, porém os resultados não foram satisfatórios devido a grande contaminação com fungos. Então conduziu-se com quatro subamostras de 50 sementes, com três repetições totalizando 600 sementes. As sementes foram colocadas sobre telas de alumínio fixadas no interior de cada gerbox, distribuídas de maneira a cobrir a superfície da tela. Adicionaram-se 40

ml de água e a seguir as caixas foram tampadas e mantidas à temperatura de 41°C, por o período de 48 horas (Hampton e TeKrony, 1995). Após este período as sementes foram colocadas para germinar em bandejas com areia esterilizada em germinador regulado a 25°C com avaliação no quinto dia após a semeadura.

Teste de classificação do vigor de plântulas: foi realizado conforme metodologia proposta por Nakagawa (1999). Foram utilizadas as plântulas consideradas normais no teste de germinação, sendo ambos os testes conduzidos concomitantemente. Na primeira avaliação, as plântulas normais que se apresentaram sem defeitos e com plúmula e raízes bem desenvolvidas, foram classificadas como plântulas de alto vigor. As demais permaneceram no substrato para uma segunda avaliação. 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.

Teste de velocidade da protrusão da raiz: foram utilizadas 100 sementes (quatro subamostras de 25). A contagem do número de sementes com raiz visível (superior a dois mm de comprimento) foi realizada diariamente por três dias consecutivos, obtendo-se a velocidade de protrusão.

Teste de emergência de plântulas em campo: foi realizado na época recomendada para o cultivo de feijão. Foram utilizadas quatro subamostras de 100 sementes por lote semeadas em sulcos de 1.5 metros de comprimento e 0.05 metros de profundidade. A seguir foi coberta por uma fina camada de solo e a contagem das plântulas emergidas foi feita aos 7 e 14 dias após a semeadura.

Curva de hidratação: foi realizada com três repetições de 10 sementes, 10 pares de cotilédones e 10 eixos embrionários. Primeiramente foi realizada a pesagem das sementes, cotilédones e eixos embrionários, após foram distribuídos entre duas camadas de papel toalha, cada uma composta de seis folhas, umedecidas com volume de água equivalente a 2.5 vezes o peso do papel seco, e colocadas sobre a tela de caixas plásticas do tipo “gerbox”. As caixas tampadas e contendo 40 mL de água foram mantidas em germinador a 25° C. As pesagens foram realizadas em intervalos de três horas ao longo das primeiras doze horas e em intervalos de seis horas das doze as vinte e quatro horas de embebição.

Condutividade elétrica: foi conduzido pelo método massal e individual. Para cada método, foram utilizadas sementes inteiras, cotilédones e eixo embrionário e determinada a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, cálcio e magnésio da água de imersão das sementes e de suas partes.

Extrações do eixo embrionário e dos cotilédones: as sementes foram pré-umedecidas entre folhas de papel, a temperatura de 25°C por período de 6 horas. Posteriormente submersas em água para retirar o tegumento, separar os cotilédones e extrair os eixos embrionários com auxílio de bisturi (Pérez e Arguello, 1995).

Teste de condutividade elétrica massal: quatro subamostras de 25 sementes foram pesadas, imersas em 75mL de água deionizada e mantidas a 25°C durante 14 horas (Zucareli et al., 2003) e 24 horas (Miguel e Cícero, 1999). Também foi utilizada a metodologia indicada por Powell (2006), quatro subamostras de 50 sementes, imersas em 250 mL de água por 24h a 20°C.

Para condução do teste de condutividade elétrica massal de diferentes estruturas da semente, foi ajustada a metodologia proposta por Pérez e Arguello, (1995) para sementes de amendoim. Cinco subamostras de 10 sementes inteiras, 10 eixos embrionários e 10 pares de cotilédones foram submersos em 10 mL de água deionizada por períodos de embebição de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas, após cada período sendo realizada a leitura da condutividade elétrica.

Teste de condutividade elétrica individual:

Testes preliminares para estabelecer períodos de pré embebição para extração dos eixos embrionários: foram realizados ensaios preliminares para estabelecer o período de pré embebição adequado para a retirada dos eixos embrionários. Foram avaliados o substrato para a embebição testando-se embebição direta em água e em rolos de papel umedecidos, os períodos de embebição de 18, 17, 16, 15, 12, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 e 1 hora entre rolos de papel umedecidos com água destilada e as temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C.

Testes preliminares para análise da viabilidade dos eixos embrionários: 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.

Sementes

Foram utilizadas três repetições de 100 sementes. Cada semente foi colocada em uma célula da bandeja com 5 ml de água deionizada. As bandejas foram levadas para uma BOD regulada a 20 °C onde permaneceram por 24 horas. Após foi realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S. cm.g}$ de sementes, sendo calculada uma média das 100 células.

Cotilédones

Três 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 levadas para uma BOD regulada a 20°C onde permaneceram por períodos de 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas. Após foi realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S. cm.g}$ de sementes, sendo calculada uma média das 10 células.

Eixos embrionários

Três 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 levadas para uma BOD regulada a 20°C onde permaneceram por períodos de 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas. Após cada período foi realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram obtidos individualmente para cada célula. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S. cm.g}$ de sementes, sendo calculada uma média das 10 células.

Lixiviação de potássio, cálcio e magnésio: Cinco subamostras de 10 sementes, 10 pares de cotilédones e 10 eixos embrionários foram imersas em 20 mL de água deionizada, a 20°C, por 1, 2, 4, 6 e 8 horas. O teor de potássio foi determinado por espectrofotometria de chama, a partir de alíquotas de 1 mL retiradas da água de imersão das sementes e diluídas em 5 mL de água destilada. Os teores de cálcio e magnésio foram determinados diretamente da água de imersão das sementes por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados foram expressos em mg de cada íon por litro de solução (mg. L^{-1}).

Delineamento experimental: O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições e quatro tratamentos (lotes) Os dados de G, PC, EA, CVP foram previamente submetidos à transformação arco seno. Os dados referentes à curva de embebição, condutividade elétrica massal de sementes, cotilédones e eixos embrionários e lixiviação de potássio, cálcio e magnésio foram submetidos à análise de regressão polinomial Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos lotes

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do teor de água, germinação, primeira contagem, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, velocidade de protrusão da raiz, emergência de plântulas em campo e condutividade elétrica de quatro lotes de sementes de feijão.

Os valores médios do teor de água das sementes situaram-se abaixo de 14%.

Os valores médios de germinação mostram que todos os lotes possuíam germinação superior à estabelecida ($\geq 80\%$) nos padrões para comercialização de sementes de feijão.

O teste de germinação somente destacou a superioridade do lote 4 relativamente aos demais. Isto pode ser explicado pelo fato de que este teste é realizado em condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade o que nem sempre acontece no campo, ocorrendo então uma superestimação do potencial fisiológico das sementes. 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 gerais de campo.

O teste de primeira contagem de germinação aponta o lote 4 como mais vigoroso e o lote 1 como menos vigoroso. Este resultado foi semelhante ao de emergência em campo aos 7 dias.

O teste de classificação do vigor de plântulas não foi adequado para o ranqueamento dos lotes em níveis de vigor. Resultado semelhante foi descrito por Muniz et al. (2004), ao verificarem que este teste não mostrou sensibilidade para estratificar os lotes de sementes de melão.

O teste de envelhecimento acelerado não mostrou eficiência na diferenciação da qualidade dos lotes. Resultado semelhante foi descrito por Freitas e Nascimento (2006), trabalhando com sementes de lentilha, ao constatarem que o período de 48 horas à 41°C pelo método de envelhecimento tradicional não foi eficiente para separação dos lotes em níveis de vigor. Trabalhando com sementes de rabanete, Ávila et al. (2006) verificaram que o teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido à 41°C por 48 horas não separou os lotes em níveis de vigor.

O teste de velocidade de protrusão da raiz mostra resultado coerente com o teste de emergência de plântulas, sendo o lote 4 o mais vigoroso, seguido do lote 3 e os lotes 1 e 2 os menos vigorosos. Trabalhando com sementes de calêndula, Silveira et al. (2002) obtiveram diferenciação dos lotes em níveis de vigor através do teste de velocidade de protrusão da raiz. Da mesma forma José et al. (2001) obtiveram resultados satisfatórios com uso desse teste na determinação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão.

O teste de emergência de plântulas em campo foi considerado o parâmetro para ranqueamento dos lotes. Segundo Menezes et al. (2007), o teste de emergência de plântulas ratifica, complementa e auxilia a definir o potencial fisiológico de sementes, pois estima o desempenho das sementes e lotes em condições variadas de ambiente. Para Marcos Filho (1998) o teste de emergência de plântulas constitui indicador da eficiência dos testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes. O lote 4 apresentou maior desempenho, sendo considerado de maior vigor, enquanto os lotes 1 e 2 por apresentarem menor desempenho são considerados de baixo vigor.

O teste de condutividade elétrica massal realizado com 50 sementes (CE 1) mostra diferença entre os lotes, porém os resultados para os lotes 2 e 3 não foram coerentes com o teste de emergência. Contudo, foi possível observar que o lote 4 apresentou menor lixiviação, sendo considerado de maior vigor e o lote 1 considerado de baixo vigor, embora não diferindo do lote 3. Segundo Binotti et al. (2008), o aumento de lixiviação está relacionado com a redução da germinação e do vigor. Sementes com baixo potencial fisiológico liberam grandes quantidades de eletrólitos como consequência da perda de seletividade das membranas. Resultado semelhante é descrito por Albuquerque et al. (2001) com sementes de girassol, onde o teste de condutividade elétrica não se mostrou eficiente na avaliação da qualidade 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 testes determinantes da qualidade fisiológica de sementes utilizados.

O teste de condutividade elétrica com o uso de 25 sementes (CE 2 e CE 2a) não diferenciou os lotes. Estudando os métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de calêndula, Silveira et al. (2002) observaram que o uso de 25 sementes para determinação da condutividade elétrica não foi adequado, não permitindo inferir sobre as diferenças entre os lotes.

A condutividade elétrica individual das sementes não foi eficiente para diferenciar os lotes. Resultado semelhante foi descrito por Dias e Marcos Filho (1996) com sementes de

soja. Trabalhando com sementes de mamona, Souza (2007) não conseguiu a diferenciação dos lotes com a condutividade elétrica individual.

Tabela 1. Valores médios (%) dos resultados do teor de água (U), germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântula (CVP), envelhecimento acelerado (EA), velocidade de protrusão da raiz (VPR), emergência a campo aos 7 dias (E 7) e aos 14 dias (E14), condutividade elétrica massal (CE 1: 50 sementes), (CE 2: 25 sementes, período de embebição de 14 horas) e 24 horas (CE 2 A) e condutividade elétrica individual (CE IND) de quatro lotes de sementes de feijão.

LOTES	U	G	PC	CVP	EA	VPR	E 7	E14	CE 1	CE 2	CE 2 a	CE IND
1	13.8	85 B	78 B	69 A	64 A	1.62 C	59 B	74 C	49 C	63 A	84 A	695 A
2	13.8	82 B	82 AB	79 A	64 A	1.61 C	58 B	72 C	43 B	60 A	81 A	670 A
3	14.0	83 B	83 AB	69 A	64 A	1.67 B	64 AB	79 B	50 C	65 A	87 A	659 A
4	14.0	90 A	90 A	78 A	72 A	1.97 A	69 A	86 A	27 A	64 A	85 A	709 A
CV (%)		3.4	4.9	8.8	4.4	0.3	6.5	3.9	7.1	8.7	6.7	6.4

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

4.2 Curva de hidratação

Os resultados da curva de hidratação das diferentes estruturas de sementes de feijão podem ser observados na Figura 1. É possível verificar que os eixos embrionários absorveram água em maior quantidade do que os cotilédones e as sementes. Esse resultado concorda com o obtido por Villela et al. (2007) estudando o estado energético da água em sementes de soja. Segundo esses autores, a hidratação de sementes de soja não ocorre de maneira similar, sendo que o eixo embrionário absorve água com velocidade superior as demais estruturas. Segundo Marcos Filho (1998) o eixo embrionário absorve água mais rapidamente e de forma contínua porque o processo de germinação envolve tanto a elongação como a divisão celular, de modo que a água se torna elemento constituinte das novas células, e os cotilédones apresentam velocidade intermediária de absorção.

Nas primeiras 12 horas de hidratação os cotilédones absorveram mais água que as sementes inteiras, porém a partir deste ponto a absorção se igualou entre essas estruturas. Segundo Villela et al. (2007) a maior absorção de água pelos cotilédones pode

ser explicada pelo fato de que estes constituem a maior parte, tanto da massa como do volume da semente.

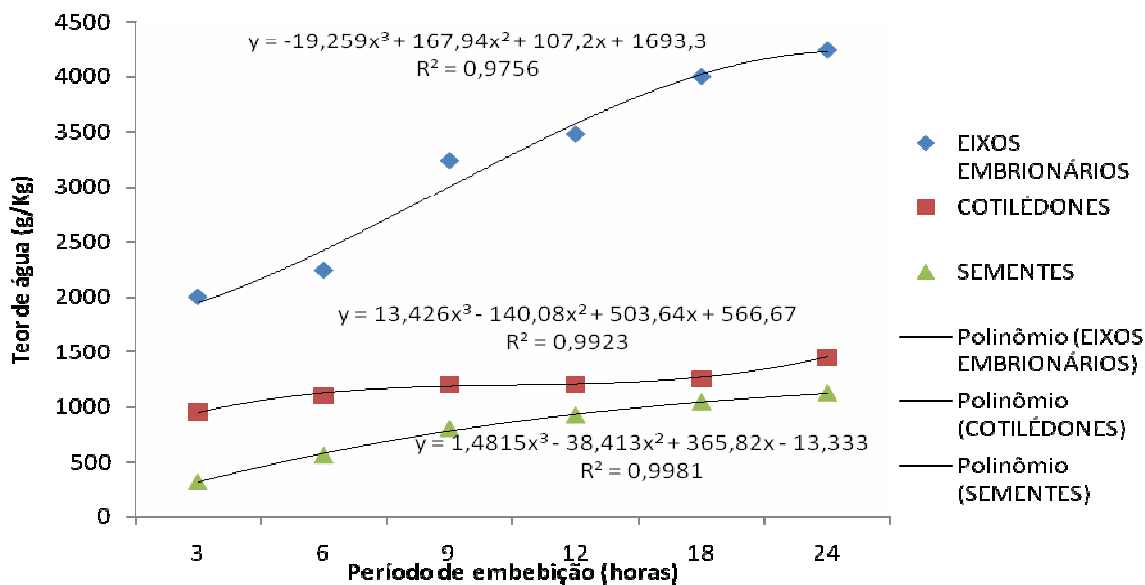


Figura 1. Curva de hidratação de sementes, cotilédones e eixos embrionários de feijão.

4.3 Condutividade elétrica

4.3.1 Condutividade elétrica massal de eixos embrionários, cotilédones e sementes inteiras de feijão

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. O período de 8 horas de embebição indica os lotes 3 e 4 como mais vigorosos e os lotes 1 e 2 de menor vigor. Esses resultados confirmam as observações de Perez e Arguelo (1995), trabalhando com sementes de amendoim, os autores constataram através do teste de condutividade elétrica que os eixos embrionários são as estruturas mais sensíveis a deterioração. Isso pode ser explicado através de alguns estudos que mostram a existência de níveis elevados de radicais livres no eixo embrionário e mais baixos nos cotilédones, durante a deterioração de sementes de soja, demonstrando que esse processo geralmente tem início nas áreas meristemáticas e que a extremidade da radícula pode ser a parte da semente mais propensa a degradação. A partir destas informações, é possível inferir que a utilização de eixos embrionários para condução do teste de condutividade elétrica pode ser considerada uma metodologia eficiente na determinação do vigor de sementes de feijão.

Tabela 2. Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica massal de eixos embrionários de feijão

LOTES	Períodos (h)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	372 B	663 A	983 C	985 BC	1240 B	1364 C	1494 C	1855 C
2	207 AB	692 AB	800 B	911 B	1106 B	1171 AB	1353 BC	1651 B
3	162 A	566 A	676 A	783 A	875 A	1034 A	1031 A	1260 A
4	393 B	728 AB	842 B	1036 C	1150 B	1273 CB	1330 B	1390 A
CV (%)	15.4	12.2	4.94	6.0	7.4	7.4	5.8	5.9

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

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do teste de condutividade elétrica massal de cotilédones. Com uma hora de embebição é possível evidenciar a inferioridade dos lotes 1 e 2 aos lotes 3 e 4. Segundo Vieira et al. (2002) os menores valores de condutividade elétrica correspondentes à menor liberação de exsudatos indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células. Segundo Panobianco et al. (2007) a redução da capacidade de reorganização das membranas é consequência do processo de deterioração, resultando em redução da uniformidade e velocidade de germinação.

Esse resultado mostra a importância da utilização dos cotilédones na determinação do vigor de sementes de feijão, visto que alternativas utilizando 50 e 25 sementes inteiras não foram eficientes na diferenciação dos lotes.

Tabela 3. Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica massal de cotilédones.

LOTES	Períodos (h)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	392 C	474 C	642 C	601 C	726 C	772 C	651 C	728 C
2	275 B	327 B	367 B	403 B	441 B	476 B	499 B	537 B
3	153 A	330 B	358 B	381 B	411 B	460 B	474 B	511 B
4	136 A	208 A	247 A	279 A	310 A	329 A	345 A	355 A
CV (%)	9.5	9.2	6.6	5.4	6.7	5.6	8.6	11.9

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

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de condutividade elétrica massal de sementes, utilizando metodologia proposta por Perez e Arguelo (1995), com uso de 10 sementes imersas em 10 ml de água deionizada.

Ocorreu separação dos lotes porém não de forma eficiente. O período de uma hora de embebição mostra a superioridade do lote 4 e a inferioridade do lote 1. A utilização dessa metodologia, com uso de pequeno número de sementes concorda com resultados obtidos por Gaspar e Nakagawa (2002) com sementes de milho, que constataram a possibilidade de se reduzir a quantidade de sementes utilizadas e obter uma melhor estratificação dos lotes. 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.

Tabela 4. Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica massal de sementes de feijão

LOTES	Períodos (h)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	143 C	152 BC	251 C	323 C	389 C	464 C	494 C	538 C
2	84 B	108 A	132 A	191 A	237 A	264 A	319 A	359 AB
3	92 B	122 AB	170 B	236 B	273 A	282 A	286 A	331 A
4	63 A	153 BC	250 C	310 C	336 B	359 B	371 B	384 B
CV (%)	8.4	11.6	9.7	7.3	7.2	6.7	6.4	6.2

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

4.3.2 Condutividade elétrica individual de eixos embrionários e cotilédones de feijão

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de condutividade elétrica individual de eixos embrionários. Observa-se que em todos os períodos de embebição ocorreu a diferenciação da qualidade dos lotes, porém o período de uma hora indicou os lotes 3 e 4 como os mais vigorosos e os lotes 1 e 2 como menos vigorosos. Constata-se que é possível utilizar eixos embrionários para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de feijão, obtendo se resultados coerentes no ranqueamento da qualidade de lotes. Trabalhando com sementes de soja, Ferguson et al. (1990) observaram que a lixiviação de exsudatos dos eixos embrionários ocorreu antes da mudança de vigor da semente, durante o armazenamento. Segundo Vieira et al. (1999) a redução do potencial fisiológico e da germinação é diretamente relacionada com o aumento de solutos lixiviados resultado da perda da integridade das membranas. Segundo Marcos Filho (2005) o aumento da permeabilidade das membranas acarreta na redução da atividade respiratória, ocorrendo menor produção de ATP, sendo a quantidade de energia produzida ineficiente para subsidiar os processos metabólicos essenciais à germinação.

Tabela 5. Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica individual de eixos embrionários de feijão

LOTES	Períodos (h)					
	1	2	3	4	5	6
1	417 D	675 C	877 B	1139 B	1332 B	1514 D
2	291 C	461 B	551 A	721 A	902 A	1002 AB
3	244 B	375 A	534 A	712 A	811 A	899 A
4	202 A	399 AB	528 A	677 A	829 A	947 AB
CV (%)	7.3	8.4	10.0	8.6	12.4	6.3

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

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de condutividade elétrica individual de cotilédones. Todos os períodos de embebição diferenciaram os lotes, com exceção do período de 2 horas. O período de uma hora de embebição mostrou que os lotes 3 e 4 como os mais vigorosos e os lotes 1 e 2 como menos vigorosos. Este resultado leva a inferir que a utilização dos cotilédones pode ser uma alternativa viável na determinação da qualidade fisiológica de sementes de feijão, através do teste de condutividade elétrica. Essa metodologia mostra-se de grande importância, visto que o uso de sementes inteiras para determinação da condutividade elétrica individual não distinguiu os lotes quanto à qualidade.

Tabela 6. Valores médios ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de condutividade elétrica individual de cotilédones

LOTES	Períodos (h)					
	1	2	3	4	5	6
1	84 B	143 A	188 AB	217 A	258 B	278 B
2	96 C	135 A	181 AB	215 A	253 AB	276 B
3	71 A	132 A	170 A	203 A	229 A	234 A
4	77 AB	145 A	196 B	241 B	278 C	313 C
CV (%)	13.1	5.8	5.0	4.6	5.0	6.2

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

4.3.3 Comparações dos resultados obtidos no teste de condutividade elétrica conduzido com diferentes estruturas de sementes de feijão (eixos embrionários, cotilédones e sementes inteiras).

Na Figura 2 pode ser observada a lixiviação de exsudatos das sementes, cotilédones e eixos embrionários de sementes de feijão, respectivamente, dos lotes durante a condução do teste de condutividade elétrica massal. Pode se observar que a lixiviação foi mais intensa nos eixos embrionários, seguido dos cotilédones e das sementes. Segundo Panobianco et al. (2007), sementes de menor qualidade fisiológica liberam grande quantidade de eletrólitos como consequência da perda de permeabilidade seletiva das membranas celulares. O decréscimo do potencial fisiológico e da germinação estão diretamente relacionados com o aumento de solutos lixiviados resultante da perda de integridade das membranas (Marcos Filho et al., 1990 e Vieira et al., 1999).

Esse comportamento evidencia a importância da utilização dos eixos embrionários na identificação do vigor de sementes, podendo se reduzir o tempo do teste, o que possibilita o descarte de lote de sementes de qualidade inadequada já na recepção ou no beneficiamento, com a consequente redução dos custos de um condicionamento desnecessário.

Os resultados da condutividade elétrica do lote 1 mostram a diferença quanto à lixiviação de exsudatos das estruturas avaliadas. Os eixos embrionários lixiviaram mais comparado aos cotilédones e às sementes. Os cotilédones apresentaram maior lixiviação do que as sementes inteiras.

Analisando os resultados de condutividade elétrica massal de eixos embrionários, cotilédones e sementes dos lotes 2 e 3, respectivamente é possível observar que no primeiro período de embebição, em uma hora, ocorreu lixiviação semelhante dos cotilédones e eixos embrionários, e menor lixiviação das sementes, porém a partir deste ponto a lixiviação passou a ser maior nos eixos embrionários, seguido dos cotilédones e sementes. Esses resultados mostram que os eixos embrionários são as estruturas da semente mais propensas à deterioração, concordando com as observações de Perez e Arguelo (1995). Os autores detectaram que as mudanças bioquímicas nas membranas celulares são melhor detectadas nos eixos embrionários.

Os resultados da condutividade elétrica das sementes, cotilédones e eixos embrionários de sementes de feijão do lote 4 mostram que os eixos embrionários foram as estruturas que apresentaram maior lixiviação. Não ocorreu diferença marcante na lixiviação dos cotilédones e das sementes, mostrando que os eixos embrionários são as estruturas da semente mais adequadas para a determinação da condutividade elétrica, com uso da metodologia descrita neste trabalho.

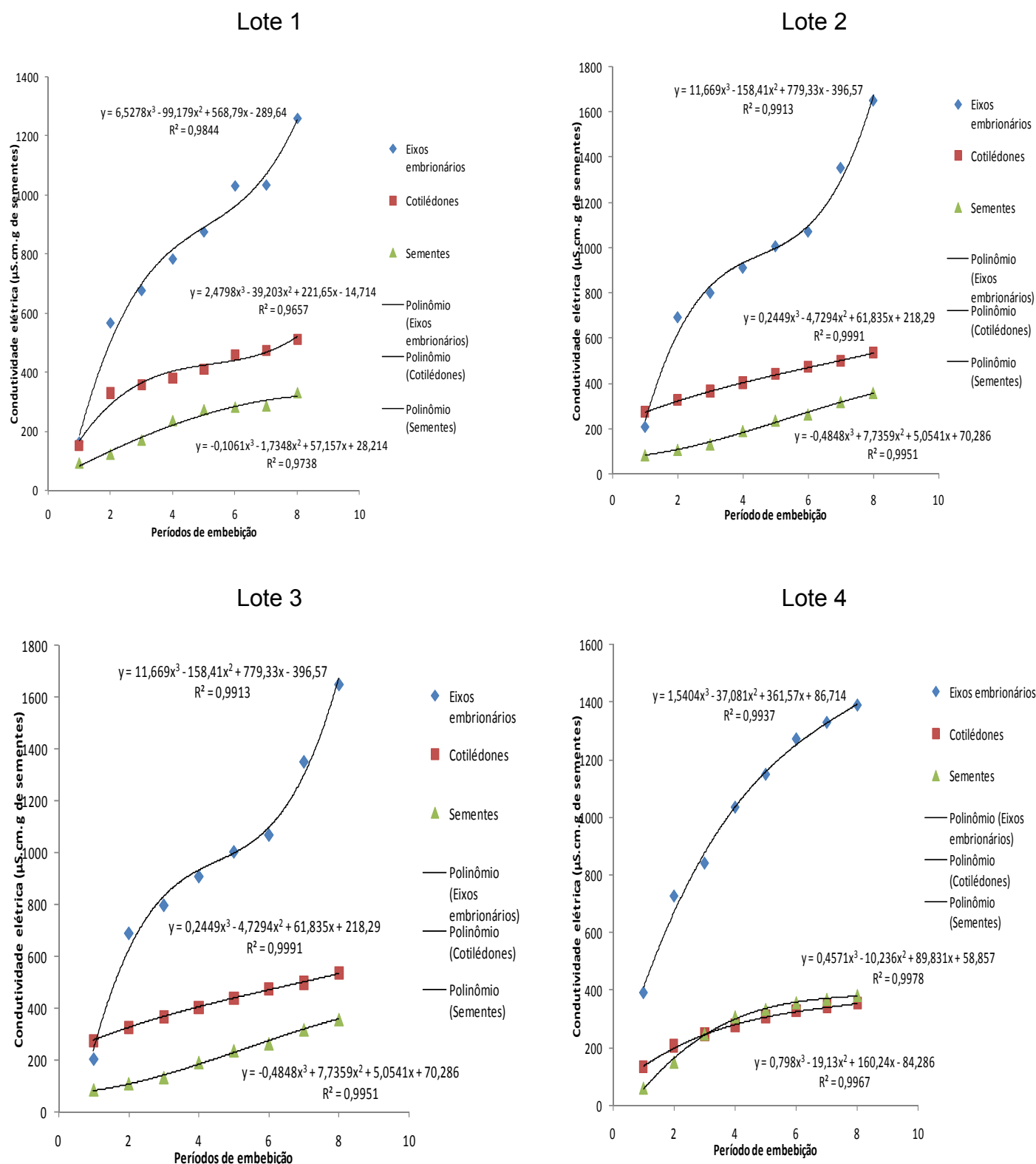


Figura 2. Condutividade elétrica massal de sementes, cotilédones e eixos embrionários de sementes de feijão.

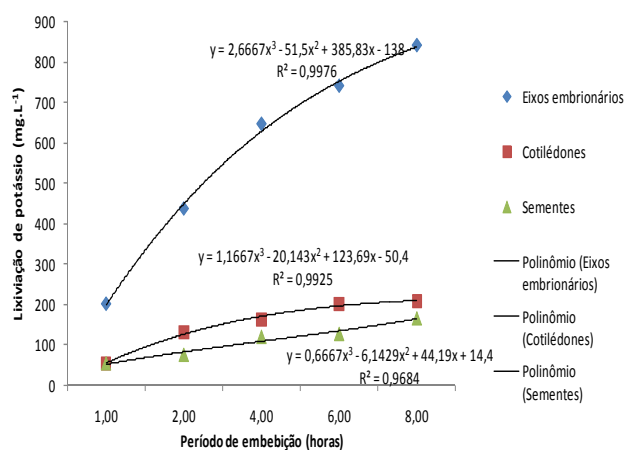
4.4 Lixiviação de potássio, cálcio e magnésio

Na Figura 3 A são apresentados os resultados da lixiviação de potássio de eixos embrionários, cotilédones e sementes de feijão, do lote 4. Observa-se que os eixos embrionários foram as estruturas que apresentaram maior lixiviação de potássio. Com uma hora de embebição, as sementes e os cotilédones apresentaram lixiviação semelhante, após este período a lixiviação foi maior nos cotilédones comparativamente as sementes. Segundo Woodstock et al. (1985) a quantidade de potássio lixiviada em sementes embebidas é um bom indicador da integridade do sistema de membranas celulares. Panobianco e Marcos Filho (2001) trabalhando com sementes de tomate e Marcos Filho (1998) com sementes de soja mostraram que a liberação de potássio está diretamente ligada ao estado de organização das membranas. Esse resultado evidencia a importância da utilização de eixos embrionários na determinação do vigor de sementes, podendo ser considerada a estrutura da semente mais propensa à deterioração.

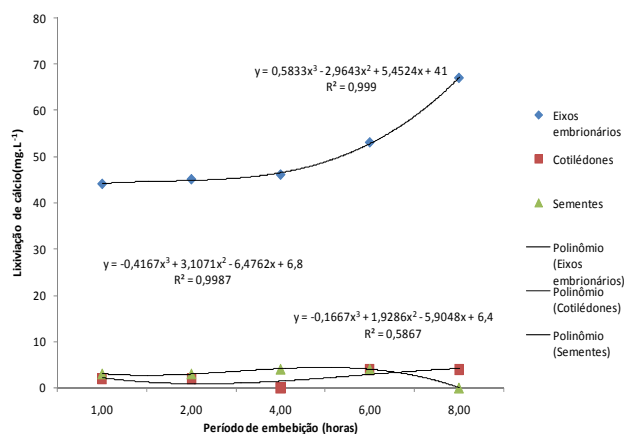
Na Figura 3 B são apresentados os resultados da lixiviação de cálcio em eixos embrionários, cotilédones e sementes de feijão. Os eixos embrionários apresentaram lixiviação muito superior as demais estruturas. No período de duas à quatro horas de embebição a lixiviação foi maior nas sementes do que nos cotilédones. No período de seis horas a lixiviação foi a mesma em cotilédones e sementes, e a partir deste ponto a lixiviação aumentou nos cotilédones, e reduziu nas sementes. Segundo Costa (2007) o cálcio atua na coordenação de macromoléculas, proporcionando estabilidade à membrana plasmática. Portanto quanto maior a perda de cálcio, menor é a organização das membranas celulares e conseqüentemente menor o vigor da semente.

Na Figura 3 C são apresentados os resultados da lixiviação de magnésio de eixos embrionários, cotilédones e sementes de feijão. Os eixos embrionários mostraram lixiviação superior as demais estruturas, seguido das sementes e cotilédones, porém com seis horas de embebição a lixiviação das sementes e cotilédones foi a mesma. A partir deste ponto a lixiviação dos cotilédones manteve-se constante e das sementes aumentou acentuadamente. Segundo Costa (2007) o magnésio atua como ativador de sistemas enzimáticos, muitos deles ligados a respiração, fotossíntese e síntese protéica, e no caso de sementes espera-se que tenham papel na germinação, afetando a eficiência respiratória e a mobilização de reservas. Portanto, a perda desse íon da semente, representa perda na viabilidade e no vigor. Neste resultado, novamente os eixos embrionários foram as estruturas mais sensíveis na determinação da lixiviação desse elemento.

A



B



C

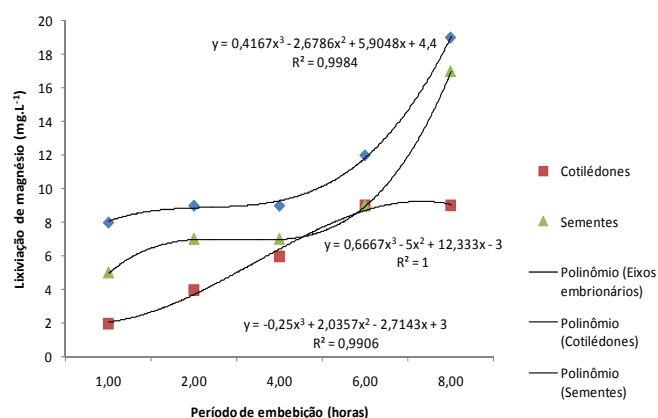


Figura 3. Lixiviação de potássio (A), cálcio (B) e magnésio (C) em eixos embrionários, cotilédones e sementes de feijão.

O uso de eixos embrionários para condução do teste de condutividade elétrica, em sementes de feijão, mostrou-se uma metodologia promissora. Os eixos embrionários foram as estruturas que melhor expressaram a redução de vigor das sementes através da lixiviação de potássio, cálcio e magnésio. O uso de eixos embrionários pode ser

considerado uma alternativa promissora, porque além da adequada classificação dos lotes, quanto ao vigor é uma ferramenta para reduzir o tempo da análise, permitindo a obtenção de uma informação rápida e precisa. A utilização de métodos rápidos, confiáveis e de fácil execução é fundamental para a avaliação do potencial fisiológico das sementes, por agilizar a tomada de decisões sobre o manejo dos lotes.

5. CONCLUSÕES

- O teste de condutividade elétrica conduzido com eixos embrionários é promissor para a avaliação do vigor de sementes de feijão;

- É possível determinar o vigor de sementes de feijão pelo teste de condutividade elétrica individual em uma hora, utilizando eixos embrionários;

- O vigor de sementes de feijão pode ser determinado pelo teste de condutividade elétrica massal em oito horas, utilizando eixos embrionários e em uma hora com cotilédones.

- Os eixos embrionários são as estruturas que melhor expressam a redução de vigor das sementes de feijão através da lixiviação de potássio, cálcio e magnésio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M. T. V. N.; PIMENTA, R. S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Testes de vigor para avaliação de sementes de pepino. **Revista brasileira de sementes**, v. 27, n. 1, p. 195-198, 2005.

ABDUL-BAKI, A.A. Biochemical aspects of seed vigour. **Hortscience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, Dec 1980.

ALBUQUERQUE, M. C. DE F.; MORO F. V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M. C. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista brasileira de sementes**, v. 23, n.1, p. 1- 8, 2001.

ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M. R.; SOUZA, F. G.; CORRÊA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista brasileira de sementes**, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.

ANDRADE, E. T. DE; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J. H.; ALVARENGA, E. M. Avaliação do dano mecânico em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 54-60, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS- AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS- AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2002. 103 p.

ÁVILA, P. F. V. de; VILLELA, F. A.; ÁVILA, M. S. V. de. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 52-58, 2006.

BEWLEY, J. D., BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994.443 p.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. Y.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. H.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Act. Scientia Agronômica**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/LANARV, 1980. 188p.

CARVALHO, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; BONOME, L. T. Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Citromelo swingle. **Revista brasileira de sementes**, v. 24, n. 1, p. 263-270, 2002.

COLETE, J. C. F.; VIEIRA, R. D.; DUTRA, A. S. Electrical conductivity and soybean seedling emergence. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 4, p. 386-391, 2004.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safrabrasileira>>. Acesso em: julho de 2007.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JUNIOR, P. C. Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação de danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão. **Revista brasileira de produtos agroindustriais**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 21-26, 1999.

COSTA, P. S. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café. **Ciência Agrotécnica, Lavras**, v. 30, n. 1, p. 92-96, 2006.

COSTA, C. J. Pré-hidratação de sementes de ervilha e a sua interferência na avaliação do potencial fisiológico. UFPEL, 2007 (tese).

DELOUCHE, J. C. **Appyed seed physiology**. MAFES. Tech. Bulletin 203, Miss. State. MS, 1995, 65 p.

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

DESWAL, D. P.; SHEORAN, I. S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p. 179-185, 1993.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia agrícola**, v. 53, n. 1, Piracicaba, Jan/Abril, 1996.

DIAS, D. C. F. S.; VIEIRA, A. N.; BHÉRING, M. C.; Condutividade elétrica e lixiviação de potasio 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.

DIAS, D. C. F.S.; BHERING, M. C.; TOKUHISA, D.; HILST, P. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista brasileira de sementes**, v. 28, n. 1, p. 154-162, 2006.

DURAN, J.M.; MARTINEZ-VASALLO, L.M. e QUEIROGA, V. Analisis de germinación y vigor de semillas mediante un teste de conductividad electrica. **I Symposium Nacional de Semillas**, Sevilla, 1987.

FERGUSON, J. M. Changes during early Soybean seed and axes deterioration. **Crop Science**, Dep. North Carolina State University, 1990.

FERREIRA, E.V. Panorama da indústria de sementes no Brasil. **ANUÁRIO ABRASEM**, Brasília, 1993, p.4.

FICK, G. L.; HIBBARD, R. P. A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. **Michigan Academy Science Arts and Letters**, An arbor, v. 5, p. 95-103, 1925.

FREITAS, R. A. de; NASCIMENTO, M. W. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 59-63, 2006.

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. **Revista brasileira de sementes**, v. 24, n. 2, p. 70-76, 2002.

GUIMARÃES, J. R. M.; MALAVASI, M. M.; LOPES, H. M. Definição do protocolo do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de alface. **Informativo Abrates**, v. 3, n. 3, p. 138, 1993.

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

HEYDECKER. W. Vigour. In: Roberts. E. H. **Viability of seeds**. London, 1974. p. 209-52.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Seed vigour testing. In: ISTA, **International rules for seed testing**. Bassersdorf: ISTA, 2004.

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**, v. 23, n. 1, p. 55-61, 2001.

KOLASINSKA, K.; SZYRMER, J.; DUL, S. Relationship between laboratory seed quality tests and field emergence of common bean seed. **Crop Science**, v. 40, p. 470-475, 2000.

KRZYZANOWSKI, C. K.; VIEIRA, R. D. ; FRANÇA NETTO, J. DE B. **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Capítulo 1, p. 1-4 e capítulo 4, p. 17-18.

LIN, S. S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 2, n. 2, p. 1-6, 1990.

MARCHI, J. L.; CÍCERO, S. M. Influence of chemical treatment of maize seeds with different levels of mechanical damage on electrical conductivity values. **Seed science and technology**, v. 31, n. 2, p. 481-486, 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**, Piracicaba: Fealq, p. 487, 2005.

MARCOS FILHO, J. Avaliação da qualidade de sementes de soja. In: Câmara, G. M. S. (coord.). **Soja- Tecnologia da produção**. Piracicaba, Ed. Publique. P.206-243, 1998.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T. The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, n.32, p.553-563, 1967.

MATTHEWS, S.; CARVER, M. F. F. Further studies on rapid exudate tests indicative of potential field emergence. **Proc. Int. Seed Teste Assoc.**, Zurich, v. 36. n. 2. p. 307-12, 1971.

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

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

MIGUEL, M. L.; CÍCERO, S. M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.35-42, 1999.

MUNIZ, M. F. B.; GONÇALVES, N.; GARCIA, D. C.; KULCZINKS, S. M. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de melão. **Revista Brasileira de sementes**, v. 26, n. 2, p. 144-149, 2004.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZIZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, Abrates, 1999, p. 2-1-2-21.

OLIVEIRA, S. R. S.; NOVENBRE, A. L. C. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimentão. **Revista brasileira de sementes**, v. 27, n. 1, p. 31-36, 2005.

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

PANOBIANCO, M. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate**. 2000. 152f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of Pea aging of stored at different temperatures. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 24, n. 2, p. 119-124, March/April 2007.

PEREZ, M. A.; ARGUELLO, J. A. Deterioration in peanut seeds under natural and accelerated aging. **Seed Science and Technology**, v. 23, p. 439-445, 1995.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed sowing. **Journal of Seed Technology**, v.10, n.2, p.81-100,1986.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.23-28, 1998.

ROSA, S. V. F.; VON PINHO, E. R.; VIEIRA, M. C.; VEIGA, R. D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista brasileira de sementes**, v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000.

SALINAS, A. R.; YOLDJIAN, A. M.; CRAVIOTO, R. M.; BISARO, V. Pruebas de vigor y calidad fisiológica 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 em sementes de feijão no armazenamento. **Revista brasileira de sementes**, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SEDIYAMA, C.S. **Influência do retardamento da colheita de soja sobre a deiscência das vagens, qualidade e poder germinativo das sementes**. Viçosa: UFV, 1972, 68 p. (Dissertação de Mestrado).

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**, v. 24, n. 2, p. 24-30, 2002.

SIMON, E.W.; RAJA-HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, v.23, n.77, p.1076-1085, 1972.

SOUZA, L. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona**. UFLA, 2007 (Dissertação de mestrado).

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

TAJBAKHS, M. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling grown in Omid Wheat. **J. Agr. Set. Tech.** (2000), vol. 2, p. 67-71.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; Accumulation of seed vigour during development and maturation. In: ELLIS, R. H. ; BLACK, M.; MURDOCH, A. J. (Ed). **Proceedings of the fifth international workshop on seeds**. Reading, 1995, p. 369-384.

TORRES, S. B. Comparação entre testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista brasileira de sementes**, v. 20, n. 2, p. 11-15, 1998.

TORRES, S. B. ; PEIXOTO, A. R.; CARVALHO, I. M.S. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão massacar (*Vigna unguiculata*). **Revista brasileira de sementes**, v. 20, n. 2, p. 245-248, 1998.

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.

VIDIGAL, D. H.; LIMA, J. S.; BHERING, M. C.; DIAS, D. C. S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista brasileira de sementes**, vol. 30, n. 1, 2008.

VIEIRA, R. D. , CARVAHO, N. M. Testes de vigor em sementes. **Jaboticabal: Funep**, 1994. 164p.

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.; PAIVA, A.; J.A.; PERECIN, D. Electrical conductivity and field performance of soybean seeds. **Seed Technology**, v. 21, p. 15-24, 1999.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial de sementes de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, vol. 37, n. 9, Brasília, 2002.

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

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

ZUCARELLI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; DUTRA, A. C.; ALFLEN, D. V.; GURGACZ, F. ; NAKAGAWA, J. Tamanho de sementes, condutividade elétrica e lixiviação de íons K, Ca, Mg e P em sementes de feijão. **Informativo Abrates**, v. 13, n. 3, p. 272, 2003.

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

WOODSTOCK, L. W.; FURMAN, K.; LEFFER, H.R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism, and mineral leaching from cotton seeds. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 3, p. 459-466, 1985.

