



UFSM

Tese de Doutorado

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MASSAL E INDIVIDUAL
PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHO**

Maquiel Duarte Vidal

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MASSAL E
INDIVIDUAL PARA DETERMINAÇÃO DO
POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE
MILHO**

por

Maquiel Duarte Vidal

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Nilson Lemos de Menezes

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MASSAL E INDIVIDUAL
PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE MILHO**

elaborada por
Maquiel Duarte Vidal

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Nilson Lemos de Menezes
(Presidente/Orientador)

Dra. Carla Medianeira Bertagnolli (IFF/JC)

Dr. Norton Victor Sampaio (URCAMP)

Dr. Osmar Souza dos Santos (UFSM)

Dr. Sidinei José Lopes (UFSM)

Santa Maria, 28 de maio de 2010.

A meus pais, Antonio e Izabel.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu alcançar mais esta vitória.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, professor Dr. Nilson Lemos de Menezes, pelo apoio, estímulo, amizade, compreensão e confiança durante o curso.

A equipe da Estação Experimental Agropecuária de Oliveros, do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, INTA, Argentina, em especial aos Doutores Roque Craviotto e Mirian Arango, Carina Gallo pelos ensinamentos transmitidos durante o treinamento e pela amizade conquistada.

A todos os professores que participaram da minha formação pelos ensinamentos transmitidos.

Aos Professores Sidinei e Alessandro pelas orientações nas análises estatísticas.

À banca examinadora, pelas valiosas sugestões e contribuições.

Aos funcionários e amigos do LAS, Vera, Alberto e Nilson pela agradável convivência e amizade.

A amiga Terezinha Lúcia Denardin pela amizade e pelo auxílio nos experimentos.

Aos amigos do Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes da UFSM: Daiane, Ana Paula, Gerusa, Elisa, Maria Carolina, Josiane, Marília, Vinicius, Léo e Alberto.

Aos Doutores Norton Sampaio, Tanira Gimenez Sampaio e Rita Vaz de Souza. A vocês minha gratidão e meu carinho.

As amigas Ana Carolina e Elianinha pelo apoio, ainda no mestrado, sem o qual não estaria concluindo esta etapa.

Há muito mais a quem agradecer. Portanto, a todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos, o meu muito obrigada!

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Teste de condutividade elétrica em embriões de milho	12
Tabela 1. Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de frio (TF), condutividade elétrica (CE), emergência em campo (EM) e fitomassa seca de plântulas do teste de emergência (FMS EM) de cinco lotes de sementes de milho. UFSM, 2010.	25
Tabela 2. Comprimentos de parte aérea (PA), raiz (RA) e total (TO) e fitomassa seca (FMS) em laboratório de plântulas de cinco lotes de sementes de milho. UFSM, 2010.	28
Tabela 3. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica em embriões, endospermas e sementes inteiras de cinco lotes de milho. UFSM, 2010.	29
Tabela 4. Condutividade elétrica massal de embriões de sementes de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.	31
CAPÍTULO II - Teste de condutividade elétrica individual em sementes de milho.....	39
Tabela 1. Empresa, características e safra das cultivares de milho utilizados nos experimentos. UFSM, 2010.	51
Tabela 2. Valores médios da massa de 1000 sementes (MMS) e do grau de umidade inicial (U) das sementes de cinco cultivares de milho. UFSM, 2010.	57
Tabela 3. Número de interseções favoráveis entre a percentagem de plântulas normais no teste de germinação (G) conhecida segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) e a percentagem de sementes viáveis estimada através do condutivímetro individual, modelo SAD 9000-S. UFSM, 2010.	59
Tabela 4. Número de interseções favoráveis entre a percentagem de plântulas normais no teste de	

frio sem solo (TF) e a percentagem de sementes vigorosas estimada através do condutivímetro individual, modelo SAD 9000-S. UFSM, 2010.	62
Tabela 5. Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de frio sem solo (TF), condutividade elétrica massal (CE) e emergência em campo (EM), de cinco lotes das cultivares IPR 144 e S-395. UFSM, 2010.....	64
Tabela 6. Valores médios (%) dos resultados da germinação e do vigor, avaliados mediante a aplicação dos pontos de corte no teste de condutividade elétrica individual, dos cinco lotes das cultivares IPR 144 e S-395. UFSM, 2010.	68
Tabela 7. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica individual para estimar germinação em sementes das cultivares IPR 114 e S-395 de cinco lotes de milho. UFSM, 2010..	71
Tabela 8. Valores médios ($\mu\text{s}/\text{cm}$) da germinação estimada através do teste de condutividade elétrica individual para as sementes de milho, utilizando-se o valor de corte de $135 \mu\text{S}$, dos cinco lotes, das cultivares IPR 144 e S-395, em cada período de imersão em água. UFSM, 2010.	72
Tabela 9. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica individual para estimar vigor em sementes de seis lotes de milho. UFSM, 2010.	74
Tabela 10. Valores médios ($\mu\text{s}/\text{cm}$) do vigor estimado através do teste de condutividade elétrica individual para as sementes de milho, utilizando valor de corte de $90\mu\text{S}$, dos cinco lotes, das cultivares IPR 144 e S-395, em cada período de imersão em água. UFSM, 2010.....	76

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Teste de condutividade elétrica em embriões de milho.....	12
Figura 1. Condutividade elétrica massal de embriões de sementes de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.	30
Figura 2. Condutividade elétrica massal de endosperma de sementes de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.	33
Figura 3. Condutividade elétrica massal de sementes integras de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.	34
CAPÍTULO II - Teste de condutividade elétrica individual em sementes de milho.....	39
Figura 1. Componentes de um condutivímetro individual: 1) bandeja de plástico compartimentada; 2) placa multisensora; 3) dosificador; 4) monitor; 5) impressora. UFSM, 2010.....	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	10
CAPÍTULO I - Teste de condutividade elétrica em embriões de milho	12
2.1 Resumo.....	13
2.2 Abstract	14
2.3 Introdução.....	15
2.4 Material e Métodos.....	20
2.5 Resultados e Discussão	24
2.6 Conclusão	34
2.7 Referências	34
CAPÍTULO II - Teste de condutividade elétrica individual em sementes de milho.....	39
3.1 Resumo.....	40
3.2 Abstract	41
3.3. Introdução.....	42
3.4 Material e Métodos.....	50
3.5 Resultados e Discussão	56
3.6 Conclusões.....	77
3.7 Referências	77

INTRODUÇÃO GERAL

O milho é uma das culturas de grande importância econômica e social para o Brasil. Por isso, a demanda por sementes de milho de alta qualidade tem exigido dos produtores de sementes o uso de tecnologias modernas que agilizem as tomadas de decisões, a fim de se evitar gastos desnecessários em relação às operações de colheita, processamento, armazenamento e comercialização.

A elucidação dos efeitos de diversos fatores que possam comprometer, diretamente, a qualidade dessas sementes, dependerá da eficiência das técnicas utilizadas para determiná-los, bem como da obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis, num curto espaço de tempo. Dentro desse contexto, o interesse pelos testes de vigor tem destacado, em virtude da possibilidade de se identificar possíveis diferenças na qualidade, complementando assim o teste de germinação.

Dentre os métodos considerados rápidos para a avaliação da qualidade de sementes, destaca-se o teste de condutividade elétrica, que pode ser realizado de forma massal e individual nas sementes.

No método massal é analisada uma amostra de sementes sendo fornecido como resultado a média de condutividade da solução, porém, se uma semente da amostra apresentar problema, o resultado de toda a amostra estará comprometido. Por outro lado, poderia se realizar a condutividade elétrica massal somente com a parte vital da semente, ou seja, o

embrião, isolando a influência de outras partes da semente. Portanto, realizou-se o primeiro estudo visando avaliar a aplicação do teste de condutividade elétrica massal em embriões de sementes de milho.

No método individual, o princípio do teste é o mesmo do massal, porém, a quantificação dos lixiviados é feita de forma individual e os resultados são apresentados na forma de porcentagem, facilitando sua interpretação. Para isso, faz-se necessário a utilização de um valor de condutividade denominado ponto de corte para estimar a viabilidade de cada espécie, ou seja, separar as sementes viáveis de sementes não viáveis, o que, para as sementes de milho, no Analisador Automático de Sementes, modelo SAD 9000-S, não há informações. Desse modo, os objetivos deste trabalho foram definir o ponto de corte para estimar germinação e vigor de sementes de milho através do equipamento SAD 9000-S, estudar a aplicabilidade do ponto de corte determinado no teste de condutividade elétrica individual para avaliar germinação e vigor de sementes de diferentes lotes de milho; e avaliar os períodos de imersão para a condução do teste de condutividade elétrica individual.

CAPÍTULO I

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM EMBRIÕES DE MILHO

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria – RS, Brasil

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM EMBRIÕES DE MILHO

AUTORA: MAQUIEL DUARTE VIDAL
ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES
Local e data da defesa: Santa Maria, 28 de maio de 2010.

O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação do teste de condutividade elétrica massal de embriões em sementes de milho. Foram utilizados cinco lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) da cultivar híbrida Pioneer 32R48. As sementes foram, inicialmente, submetidas aos seguintes testes e determinações para caracterizar o potencial fisiológico: teor de água, germinação, primeira contagem do teste de germinação, teste de frio sem solo, crescimento de plântulas, condutividade elétrica de sementes, emergência de plântulas em campo, avaliação de epicótilo na emergência. Posteriormente, foi realizada a condutividade elétrica massal em embriões, utilizando-se dez embriões imersos em 40 mL de água deionizada, por 30 minutos a 25°C. Para a extração dos embriões as sementes foram imersas por 18 horas a 25°C, no escuro. Os embriões dos lotes de menor potencial fisiológico lixiviaram quantidade superior de íons na água de imersão comparados aos dos embriões dos lotes de maior potencial fisiológico. O teste de condutividade elétrica, realizado exclusivamente em embriões de milho, sob as condições de dez embriões imersos em 40 mL de água deionizada, por 30 minutos a 25°C, é capaz de estratificar lotes de sementes de milho pelo vigor, sendo mais eficiente do que o método convencional com sementes inteiras.

Palavras-chave: embrião, *Zea mays* L., vigor.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Graduate Program in Agronomy
Federal University of Santa Maria – RS, Brazil

ELECTRICAL CONDUCTIVITY TESTE IN EMBRYO MAYS

AUTHOR: MAQUIEL DUARTE VIDAL
ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES

Location and date of presentation: Santa Maria, may 28st, 2010.

The objective of this work was to study the execution of the conductivity test in embryo of maize seeds. Were used five lots of maize seeds, Pioneer 32R48 hybrid cultivar. The seeds were submitted to a set of tests in order to measure the physiological potential: moisture content, germination, first count germination, cold test (without soil), evaluation of seedlings, electrical conductivity, seedlings emergency in the field and evaluation of epicotyls of emergency. After this, was realized the electrical conductivity in embryos, were used ten embryos imbibed in 40 mL of deionized water, for 30 minutes to 25°C. For extraction of embryo the seeds were soaking for 18 hours to 25°C, in absence of light. The results showing that, embryos of lots of low physiologic potential leachate more amount of ions in the soaking water than lots of high physiologic potential so, it can be concluded that the electrical conductivity test, realized exclusively in maize embryo, using ten embryos imbibed in 40 mL of deionized water for 30 minutes to 25°C, is capable determine the lots quality, and more efficient than conventional methods that using integrals seeds.

Key-words: embryo, Zea mays L., vigor.

2.3 INTRODUÇÃO

A unidade vegetal utilizada como semente de milho é um fruto simples, seco, indeiscente e com uma só semente; fruto este que recebe a denominação de cariopse, característico das Poáceas. É constituído fundamentalmente por pericarpo, tegumento, endosperma e embrião.

O pericarpo é a parede celular do ovário e compreende as camadas celulares externas que envolvem a semente e serve para sua proteção, sendo responsável por aproximadamente 5% do peso total da semente. O tegumento é constituído por camadas celulares originárias dos integumentos dos óvulos. Em alguns casos, este se desenvolve intimamente ligado ao pericarpo, sendo impossível identificar qualquer ponto delimitante, como no caso das sementes de milho (Popinigis, 1985).

O endosperma do milho é o resultado do desenvolvimento do endosperma primário formado na fertilização, o qual se inicia antes da formação do embrião. É a principal reserva de energia da semente e ocupa cerca de 80% de seu peso total, seus componentes são responsáveis pela definição das qualidades físicas e estruturais das sementes. O endosperma é constituído de 90% de amido e 10% de proteína (Gibbon; Larkins, 2005). Por acumular grande quantidade de reservas, no momento da maturação da semente, não consegue mais realizar suas atividades fisiológicas, o que o torna incapaz de sintetizar enzimas, portanto,

considera-se o endosperma um tecido morto (DeMason et al., 1983).

A camada de aleurona é parte integrante do endosperma, em Poáceas, ela é composta por uma ou mais camadas de células que circundam o endosperma amídico, exceto a área adjacente ao embrião. A aleurona tem maior concentração de proteínas solúveis do que o restante do endosperma e suas células, contendo grande número de grânulos protéicos, corpos oleosos e pigmentos de antocianina (Jayaram; Peterson, 1992). No milho, a camada de aleurona, após o dessecamento da semente, mantém suas células vivas capazes de se diferenciarem em tecido digestivo especializado na secreção das enzimas mobilizadoras de reservas do endosperma durante a fase de germinação. A camada de aleurona inicia sua atividade na presença de ácido giberélico, produzido pelo embrião durante a germinação da semente (McCarty; Carson, 1991).

O embrião é a parte viva da semente de milho, proveniente do crescimento e diferenciação do zigoto e corresponde, em média, a 10% do peso total da semente (Felker; Shannon, 1980). No embrião, encontram-se as estruturas que originarão nova planta, as quais serão ativadas no momento em que a semente for colocada sob condições favoráveis à germinação.

O embrião das monocotiledôneas é constituído, essencialmente, por um eixo embrionário e pelo escutelo. Na extremidade superior do eixo embrionário encontra-se a plúmula ou o epicótilo, que originarão as primeiras folhas, que está envolta por uma bainha protetora chamada de coleótilo e, na extremidade inferior, encontra-se a radícula, da qual serão originadas as raízes, e que esta envolta por uma bainha chamada de coleorriza.

A cariopse do milho, para ser utilizada como semente, deve apresentar qualidade elevada, que por sua vez compreende uma série de atributos que determinam seu valor para semeadura, sendo estes genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários (Popinigis, 1985). A soma

da qualidade individual das sementes determina a qualidade do lote.

A avaliação da qualidade das sementes baseia-se no teste de germinação, realizado em condições ótimas para a formação de plântulas, contudo, as informações prestadas pelo teste de germinação nem sempre são suficientes para antecipar o desempenho das sementes em condições de campo, principalmente quando estas são adversas (Ferguson, 1993; McDonald, 1993), o que torna conveniente a sua complementação com testes de vigor.

Os testes de vigor não são capazes de predizer o número exato de plântulas que emergirão ou sobreviverão em campo, no entanto, muitos dos resultados oriundos desses testes podem se correlacionar com a percentagem de emergência em campo (Carvalho et al., 2006). Esses testes destinam-se, funcionalmente, à detecção de diferenças não perceptíveis no teste de germinação. Sabe-se que o processo deteriorativo inicia pela degradação das membranas celulares, seguida por uma sequência de eventos que culmina na perda do poder germinativo (Delouche; Baskin, 1973). Sendo assim, qualquer evento metabólico que antecede a perda da germinação pode servir como base para avaliar o vigor. Porém, quanto mais aquém da perda do poder germinativo estiver esse evento, mais sensível será o teste (Krzyzanowski et al., 1999).

Assim, o uso de testes de vigor torna-se útil no monitoramento da qualidade das sementes durante a produção, processamento e armazenamento, pois a perda de vigor precede a perda de viabilidade (McDonald, 1999; Hampton, 2002).

Os testes rápidos mais estudados estão relacionados com os eventos iniciais da sequência de deterioração (Delouche; Baskin; 1973). Dentre estes, destaca-se o teste de condutividade elétrica, o qual preenche os requisitos básicos para um teste de vigor (Matthews; Powell, 1981), com a vantagem adicional de fornecerem resultados em 24 horas.

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 elétrica é eficiente para a determinação do vigor em milho (Bruggink et al., 1991), algodão (Santos, 1993) e soja (Marcos Filho et al., 1990). É importante ressaltar que o sistema de massa é de padronização relativamente simples, pois são conduzidos em condições controladas de laboratório. Entretanto, vários fatores podem afetar os resultados desse teste, tais como: qualidade da água, temperatura e duração do período de imersão na água, grau de umidade das sementes, genótipo e número de sementes testadas (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988; Hampton et al., 1992).

Para sementes de milho, a busca por avaliações eficientes e rápidas tem aumentado significativamente, visando complementar o teste de germinação com testes mais sensíveis, que possibilitem selecionar os melhores lotes para comercialização e que forneçam, com precisão, dados para a semeadura.

O teste de condutividade elétrica baseia-se no fato de que o vigor está diretamente relacionado com a integridade do sistema de membranas celulares. Este teste é classificado como um teste bioquímico, o qual estabelece que sementes menos vigorosas (ou mais deterioradas) apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição e, em consequência, liberam maiores quantidades de solutos para o meio exterior (Marcos Filho, 2005). Desse modo, quando as sementes são imersas em água durante o processo de hidratação, ocorre a lixiviação de solutos citoplasmáticos no meio líquido, em intensidade proporcional ao estado de desorganização em que se encontram as membranas (Vieira, 1994).

A duração do período de embebição das sementes tem efeito marcante na capacidade do teste de condutividade elétrica em distinguir diferenças de qualidade entre lotes. A maioria dos trabalhos recomenda o período de 24 horas de imersão das sementes, para que se proceda

a leitura da condutividade elétrica na água, quando se utilizam sementes de leguminosas graúdas, tais como: ervilha (Hampton; Tekrony, 1995) e soja (Marcos Filho et al., 1990; Krzyzanowski et al., 1991).

A taxa de liberação de eletrólitos é muito elevada no início do processo de hidratação; contudo, com o decorrer do tempo esta situação se altera, à medida que ocorre a reorganização das membranas celulares (Becwar et al., 1982; Bewley; Black, 1985).

A rapidez na obtenção das informações tem sido preconizada como fator fundamental para a dinamização dos programas de controle de qualidade interna exercidos pelas entidades produtoras de sementes.

Há possibilidade de redução do período de imersão para avaliação da condutividade elétrica para algumas espécies. Lotes de sementes de soja com níveis extremos de vigor podem ser separados usando a condutividade elétrica massal após seis horas (Loeffler et al., 1988; Dias; Marcos Filho, 1996). Lotes de sementes de milho envelhecidos artificialmente puderam ser diferenciados a partir de 10 horas após o início da hidratação (Bruggink et al., 1991).

Deve-se considerar que o processo de embebição em sementes de milho pode ser influenciado por diferenças relacionadas a sua composição química, a sua estrutura anatômica (localização do embrião) e a permeabilidade do pericarpo (McDonald et al., 1995). Entretanto, a condutividade elétrica pode ser aplicada apenas aos embriões, avaliando exclusivamente o tecido vital, eliminando as influências de outras partes da semente.

Ao analisarem sementes de milho sem danos e com danificações severas no endosperma e embrião, Bruggink et al. (1991) verificaram que os danos contribuíram para aumentar, significativamente, a quantidade de substâncias lixiviadas; e que estas substâncias, localizadas no pericarpo de sementes de milho, são responsáveis pelo rápido aumento de

eletrólitos lixiviados durante as primeiras horas de imersão.

A exclusão de sementes de milho danificadas tem sido sugerida, pois a lixiviação excessiva resultante das sementes danificadas poderia levar um lote de vigor elevado a uma classificação de baixo vigor; e junto com esse procedimento recomenda-se a avaliação do número de sementes danificadas para complementar os resultados de condutividade elétrica (Tao, 1980).

A presença de elementos em suspensão, na água de imersão, provenientes de diversas partes da semente, a partir de danos na cariopse e resíduos de endosperma, pode influenciar os resultados, determinando interpretações equivocadas com relação à comparação entre lotes.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação do teste de condutividade elétrica em embriões de sementes de milho.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS, no período de junho a setembro de 2008.

Utilizaram-se cinco lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) da cultivar híbrida Pioneer 32R48. Durante o período experimental, as sementes, acondicionadas em caixas de papel, permaneceram armazenadas em ambiente controlado (15°C e 40% de umidade relativa do ar).

Para a caracterização dos lotes de sementes de milho, utilizaram-se os seguintes testes e determinações, descritos a seguir.

- **Teor de água:** determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas,

utilizando duas subamostras por lote, segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 1992).

- **Germinação:** realizada com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, as quais foram semeadas em rolo de papel toalha, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos e mantidos em germinador previamente regulado a 25°C e as avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura (BRASIL, 1992). Os dados foram expressos em percentagem de plântulas normais.

- **Primeira contagem do teste de germinação:** realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as plântulas normais obtidas aos quatro dias após a semeadura e expressa em percentagem.

- **Teste de frio sem solo:** realizado com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel toalha, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Em seguida, os rolos foram acondicionados em sacos plásticos pretos, vedados e mantidos em germinador regulado a 10°C por sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador a 25°C, onde permaneceram por mais quatro dias, quando foi realizada a avaliação, sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas normais.

- **Comprimento de plântulas:** foram semeadas quatro subamostras de 15 sementes, em rolos de papel umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, os quais foram colocados em germinador regulado à temperatura de 25°C. O comprimento de plântulas foi avaliado seis dias após a semeadura utilizando-se quatro repetições de 10 plântulas normais de cada lote.

- **Fitomassa seca de plântulas:** determinada nas raízes e epicótilos selecionados para o teste de comprimento de plântulas, os quais, logo após esta determinação, foram colocados

em sacos de papel e mantidos em estufa regulada a 60°C por 48 horas. Depois de serem retirados da estufa e resfriados, foi determinada a fitomassa em balança analítica de precisão (0,001g).

- **Condutividade elétrica de sementes:** utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes por lote, nas quais se determinou previamente a massa, em seguida, tais repetições foram imersas em 75 mL de água destilada/deionizada, a 25°C. Após 24 horas foi realizada a leitura da condutividade elétrica da solução de imersão e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente.

- **Emergência em campo:** utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes por lote, as quais foram distribuídas em linhas de 2,5 m de comprimento, 0,03 m de profundidade, 0,5 m entre as linhas e cobertas com uma fina camada de terra. A semeadura foi realizada no período indicado para a espécie. As avaliações foram realizadas aos 15 dias após a semeadura, determinando-se a percentagem de plântulas emergidas por repetição.

- **Fitomassa seca de epicótilo na emergência:** foi determinada em quatro repetições de dez epicótilos de cada lote, selecionados de forma aleatória aos 15 dias após a semeadura. Os mesmos foram cortados (rentes ao solo) e colocados em sacos de papel, mantidos em estufa regulada a 60°C, por 48 horas. Depois de serem retirados da estufa e resfriados, foi determinada a fitomassa em balança analítica de precisão (0,001g).

Para a realização do teste de condutividade elétrica em embriões de sementes de milho foram utilizados os procedimentos descritos a seguir.

- **Condutividade elétrica de embriões:** utilizaram-se quatro repetições de dez embriões, de massa conhecida, as quais foram dispostas em recipientes com capacidade de 70 mL, onde foram adicionados 40 mL de água destilada/deionizada, tais recipientes foram mantidos em germinador a 25°C. As leituras foram realizadas a cada 30 minutos por um

período de 8 horas, em condutivímetro Digimed CD 21 e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de embrião.

Para a obtenção dos embriões, quatro repetições de 10 sementes foram submetidas à hidratação, a fim de facilitar a extração, sob condições de plena disponibilidade hídrica pelo método do substrato úmido (Rossetto et al., 1997). As sementes de cada lote foram distribuídas em rolos formados por três folhas de papel toalha, umedecidas com um volume de água de três vezes a massa do papel seco. Os rolos foram dispostos em bandejas, colocadas em sacos plásticos vedados, mantidos em germinador a 25°C, no escuro, por 18 horas. Após este período, os embriões foram extraídos com o auxílio de bisturi e agulha histológica. Os embriões extraídos foram dispostos sobre uma folha de papel toalha umedecida com água destilada/deionizada, sobre placa Petry, no interior de uma caixa de isopor com gelo; a cada 10 embriões extraídos (uma repetição) deu-se prosseguimento ao teste de condutividade elétrica de embriões.

- **Condutividade elétrica de endosperma e de semente inteira:** utilizaram-se quatro repetições de dez endospermas remanescentes da extração de embriões e de dez sementes inteiras. Sendo os procedimentos e avaliações semelhantes ao teste anterior.

Procedimento estatístico: o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Efetuou-se a análise da variância, com a posterior comparação das médias pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo os dados em percentagem transformados em arco seno (raiz de $x/100$).

Os dados dos testes de condutividade elétrica massal obtidos no tempo foram analisados através de regressões polinomiais, sendo representados pelas curvas com maior grau de significância, até o terceiro.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Caracterização dos lotes

Os resultados referentes aos testes de germinação e de vigor, aplicados às sementes de milho, para caracterização inicial da qualidade fisiológica dos lotes estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Os dados provenientes da determinação do teor de água das sementes dos diferentes lotes não foram submetidos à análise estatística, variado entre 10,2 e 11,0 %. Com base nestes dados, pode-se inferir que o teor de água das sementes não foi a causa da variação dos resultados da qualidade das sementes.

A análise estatística dos resultados do teste de germinação indicou diferenças significativas entre os lotes, na qual se pode observar que os lotes 1 e 2 apresentaram valores significativamente maiores do que o lote 4, que, por sua vez, apresentou menor percentagem de plântulas normais ao final dos sete dias. Observou-se, também, que os lotes apresentaram percentagens médias de plântulas normais superiores à mínima estabelecida ($\geq 85\%$) nos padrões para a comercialização de sementes de milho híbrido (Brasil, 2005).

A semelhança observada entre os lotes no teste de germinação, provavelmente ocorreu em função deste ser conduzido em condições favoráveis de ambiente, o que, por sua vez, não garante o comportamento dos lotes quando encontram condições adversas no campo (Bhering et al., 2000). Este fato constitui uma das limitações do teste indicando a necessidade de complementação dessas informações com os resultados de outros testes.

Tabela 1. Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de frio (TF), condutividade elétrica (CE), emergência em campo (EM) e fitomassa seca de plântulas do teste de emergência (FMS EM) de cinco lotes de sementes de milho. UFSM, 2010.

Lotes	TA	G	PC	TF	EM	CE	FMS EM
%.....					μS	mg
L1	10,2	98 a*	84 a	79 a	96 a	18,92 a	48,48 b
L2	10,6	98 a	87 a	76 a	94 a	21,63 a	68,68 a
L3	11,0	93 ab	49 c	80 a	97 a	24,85 b	71,33 a
L4	10,9	85 b	40 c	39 c	90 b	24,46 b	54,05 b
L5	10,5	96 ab	62 b	68 b	96 a	22,23 a	67,13 a
CV (%)	-	8,11	5,72	13,12	1,49	4,41	7,99

*médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo testes de Tukey (α , 5%).

Através dos resultados da avaliação da primeira contagem do teste de germinação pode-se verificar que os lotes 1 e 2 (84 e 87%, respectivamente) apresentaram maior velocidade de germinação, indicando com isso, maior vigor das sementes, diferentemente dos lotes 3 e 4 que apresentaram menor vigor e, por sua vez, o lote 5 situou-se no grupo intermediário.

Embora a avaliação da primeira contagem seja realizada em conjunto com o teste de germinação, utilizando-se da mesma amostra, essa se mostrou mais sensível do que o teste de germinação, o que possibilitou a estratificação dos lotes em três grupos. Estes resultados mostram que embora a redução da velocidade da germinação não se encontre entre os primeiros eventos do processo de velocidade de deterioração de sementes (Torres, 1998), pode-se o verificar a estratificação dos lotes em níveis de vigor conforme o grau de deterioração em que estes se encontrem.

Por meio dos resultados do teste de frio foi possível estratificar os lotes em diferentes

níveis de vigor. O estresse imposto às sementes foi suficiente para indicar o lote 4 como aquele de menor vigor, o lote 5 como o de vigor intermediário e os demais lotes, não diferindo entre si, apresentaram maior vigor. Resultados estes que corroboram os encontrados tanto no teste de germinação como no de primeira contagem, ratificando o lote 4 como aquele de qualidade inferior aos demais lotes.

Com base nos resultados do teste de frio pode-se deduzir que o lote 4 encontrava-se em estado de deterioração mais avançado do que os demais lotes. A detecção desta condição pelo referido teste pode ter ocorrido em função da baixa temperatura sobre a reorganização das membranas celulares durante a embebição, o que tornaria mais lentos tanto esse processo como o de germinação (Rosa et al., 2000).

Através dos resultados do teste de condutividade elétrica verificou-se menor lixiviação de eletrólitos pelas sementes dos lotes 1, 2 e 5, que foram classificadas como de maior vigor. A maior liberação de exsudados na água de imersão ocorreu, provavelmente, em função do grau de deterioração dos lotes 3 e 4.

A emergência das plântulas em campo mostrou diferenças significativas entre os lotes. O lote 4 apresentou menor percentagem de plântulas do que os demais lotes, que não diferiram entre si. Os resultados obtidos vêm ao encontro das informações obtidas nos demais testes, ratificando o lote 4 como aquele de menor vigor. Para os demais lotes ficou evidenciada uma similaridade entre os resultados, provavelmente porque as condições utilizadas estimularam a emergência em campo. Tendo em vista que, a semeadura foi realizada sob condições favoráveis no início da época recomendada para cultura do milho, portanto, não encontrando dificuldades climáticas, as emergências observadas foram elevadas.

Na avaliação da fitomassa seca do epicótilo das plântulas oriundas da emergência em campo, foi possível detectar a formação de dois grupos referentes à qualidade fisiológica dos

lotes. Os lotes 2, 3 e 5 apresentaram as maiores fitomassas, caracterizados assim, como os de maior vigor, e os lotes 1 e 4, com as menores fitomassas, como os de menor vigor. Ratificando apenas o lote 4 como menos vigoroso, conforme observado nos testes anteriores.

Diferenças na fitomassa seca das plântulas na emergência foram constatadas em lotes de feijão (Santos et al., 2005) e abóbora (Vidal, 2007), cujos resultados estariam associados a sementes de baixo vigor, que produzem plântulas de menor tamanho comparativamente àquelas produzidas por sementes de alto vigor. Porém, em sementes de amendoim, o resultado da fitomassa seca das plântulas provenientes da emergência em campo não distinguiu lotes quanto ao vigor (Vanzolini; Nakagawa, 2003).

Através da análise dos resultados dos comprimentos da raiz, da parte aérea e total das plântulas, obtidos em laboratório, observaram-se diferenças significativas entre os lotes, permitindo a estratificação em dois níveis de vigor, onde verificou-se a superioridade do lote 2 em relação aos demais lotes, em todas as avaliações (Tabela 2). Diferenças no comprimento de plântulas também foram encontradas em aveia preta (Schuch et al., 1999) e em soja (Vanzolini et al., 2007), tanto para comprimento da parte aérea como de raiz, onde sementes mais vigorosas propiciaram a formação de plântulas com maior comprimento.

Com relação aos resultados obtidos na determinação de fitomassa seca total, oriunda do teste de avaliação de plântulas realizado em laboratório, para os cinco lotes (Tabela 2), verificou-se a estratificação dos lotes, com valores significativamente maiores para os lotes 2, 3 e 5 em relação aos lotes 1 e 4. Esta mesma classificação quanto ao vigor foi observada no teste de fitomassa seca das plântulas provenientes do teste de emergência em campo. Tais resultados concordam com os encontrados por Vanzolini e Carvalho (2002) e Höfs et al. (2004), que concluíram que o vigor das sementes afeta o crescimento inicial das plântulas e a capacidade dessas em acumular fitomassa.

Tabela 2. Comprimentos de parte aérea (PA), raiz (RA) e total (TO) e fitomassa seca (FMS) em laboratório de plântulas de cinco lotes de sementes de milho. UFSM, 2010.

Lotes	PA	RA	TO	FMS
cm.....			mg
L1	3,43 b*	11,53 b	14,95 b	32,32 b
L2	5,85 a	15,62 a	21,46 a	45,78 a
L3	3,99 b	11,60 b	15,59 b	47,54 a
L4	3,86 b	9,49 b	13,36 b	36,04 b
L5	4,05 b	10,11 b	14,16 b	44,75 a
CV (%)	3,32	9,57	7,37	7,99

*médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo testes de Tukey (α , 5%).

A análise geral dos dados dos testes de germinação e de vigor (Tabelas 1 e 2) indicou que a classificação dos lotes de sementes de milho, em níveis de potencial fisiológico, variou em função do teste utilizado. No entanto, foi possível destacar o desempenho superior dos lotes 1 e 2 em relação ao lote 4, que apresentou potencial fisiológico inferior na maioria dos testes. Pode-se considerar que, os lotes 3 e 5 apresentaram nível intermediário de qualidade, pois em alguns testes mostraram-se semelhantes ao lote 2 e em outros inferiores a este lote.

2.5.2 Condutividade elétrica exclusiva em embriões de milho

O resumo das informações relativas à análise de variância realizada com os dados de condutividade elétrica aplicada em embriões, endospermas e sementes inteiras de milho está apresentado na Tabela 3. Por meio desses resultados, pode-se observar que não houve interação significativa ($p>0.05$) entre lotes e períodos para o estudo de embriões, houve significância somente quando analisados separadamente. Para o estudo de endospermas e de sementes inteiras, houve interação significativa entre os fatores lote x período.

Tabela 3. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica em embriões, endospermas e sementes inteiras de cinco lotes de milho. UFSM, 2010.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		Embriões	Endospermas	Sementes inteiras
Lote	4	1206,10**	3158,63**	652,46**
Período	15	9219,34**	1062,59**	138,96**
Lote x período	60	18,59 ^{ns}	35,69**	1,05**
Erro	240	49,80	3,55	0,28
CV (%)		11,55	8,39	6,59

ns - não significativo; **Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica realizado exclusivamente em embriões de milho indicaram um aumento progressivo da lixiviação de eletrólitos no decorrer do período de imersão, o que pode ser observado na Figura 1. Esse resultado se deve ao fato do embrião corresponder à parte viva da semente e, que além de absorver água com maior velocidade do que as demais estruturas, esta se processa de forma contínua em razão do alongamento e da divisão celular (McDonald et al., 1994; Villela et al., 2003). Os valores de condutividade elétrica iniciaram em $19 \pm 2 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ aos 30 minutos de imersão e chegaram a valores máximos de $90 \pm 9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, após o período de 8 horas. Embora o embrião seja a menor estrutura da semente em termos de massa, o mesmo apresentou valores mais elevados de exsudados encontrados no teste de condutividade elétrica comparados aos encontrados pelas demais estruturas. Isto poderia ser explicado pelo fato de que a remoção do endosperma e, conseqüentemente, do pericarpo e do tegumento, acarretaria em um incremento considerável da lixiviação de eletrólitos pelos embriões durante a embebição. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalho sobre a lixiviação nas diferentes estruturas das

sementes de milho, onde o embrião apresentou maiores valores de exsudados no teste de condutividade elétrica, correspondendo de duas a três vezes os valores das demais estruturas (Bruggink et al., 1991).

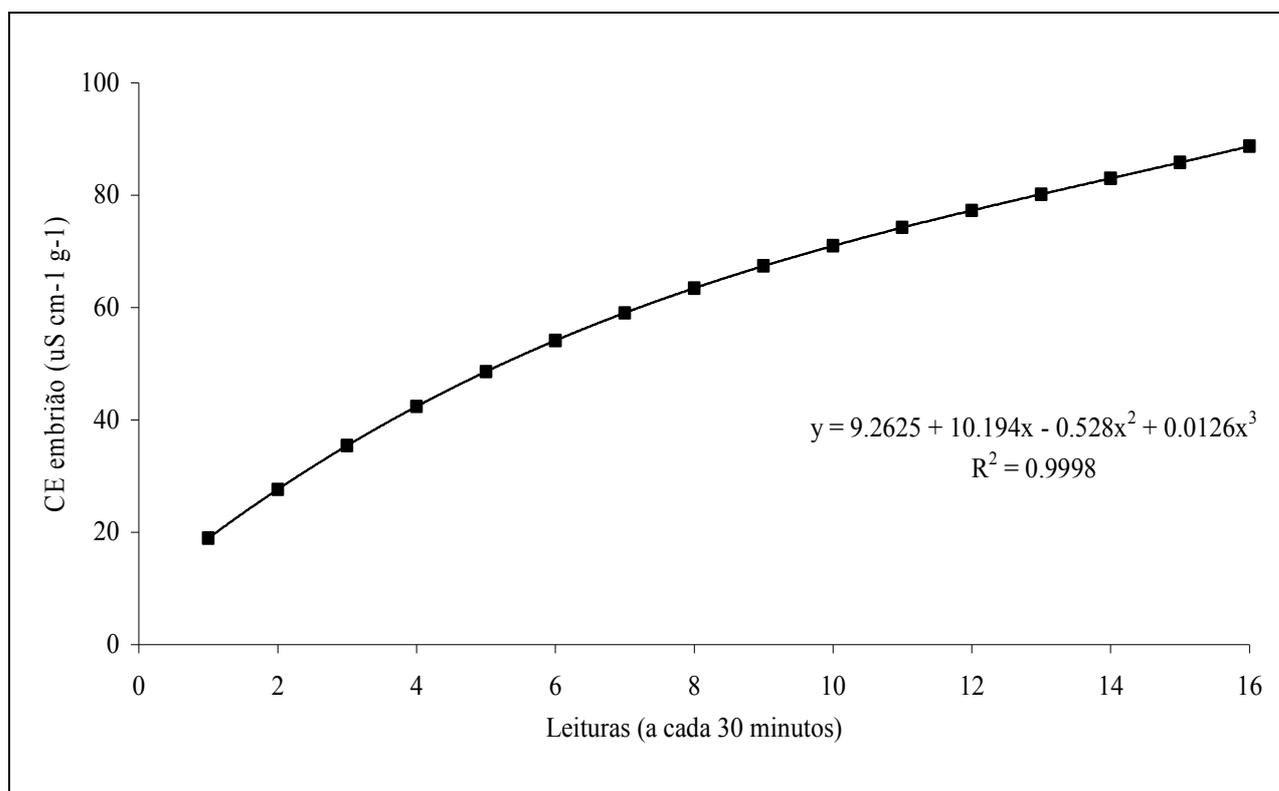


Figura 1. Condutividade elétrica massal de embriões de sementes de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.

O teste de condutividade elétrica aplicado exclusivamente aos embriões de milho mostrou diferença entre os lotes, estabelecendo estratificação dos mesmos em níveis de vigor (Tabela 4). Este teste indicou o lote 2 como aquele de maior vigor, o lote 4 como o de menor vigor e os lotes 1, 3 e 5, como aqueles de vigor intermediário. Sendo assim, o uso apenas de embriões no teste permitiu a estratificação dos lotes a semelhança do conjunto de testes apresentados na Tabela 1 e 2.

Considerou-se o teste de condutividade elétrica realizado exclusivamente em embriões

de milho mais preciso do que o realizado nas sementes, separando com maior clareza os lotes de maior e menor vigor. Estes resultados ratificam os obtidos por Bruggink et al. (1991) em estudos do efeito do envelhecimento artificial sobre as diferentes partes da sementes de milho, utilizando o teste de condutividade elétrica. Os referidos autores concluíram que o efeito do envelhecimento é percebido somente nas membranas do embrião, pois tais danos contribuíram para aumentar a quantidade de substâncias lixiviadas por esta estrutura, por outro lado, as membranas do endosperma não apresentaram resposta significativa ao envelhecimento, o que, segundo os autores, estaria relacionada ao tipo de célula do qual é composto o endosperma (células mortas), e, como tal, a resposta obtida seria invariável.

Tabela 4. Condutividade elétrica massal de embriões de sementes de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.

Lotes	Condutividade elétrica massal de embriões (μS)
L1	60,17 b*
L2	55,34 a
L3	61,58 b
L4	67,50 c
L5	60,82 b
CV (%)	11,55

*médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo testes de Tukey (α , 5%).

A condutividade elétrica aplicada aos embriões foi capaz de identificar as mesmas diferenças entre os lotes em qualquer período de avaliação, a partir de 30 minutos até 8 horas. Para as sementes inteiras, recomenda-se 24 horas de imersão para a avaliação dos lotes (Vieira, 1994), com os exsudados provenientes de qualquer parte da semente, sendo que os danos mecânicos têm efeito decisivo nos resultados. A antecipação na determinação da

condutividade elétrica associada à precisão do teste compensa o período de condicionamento das sementes e o cuidado necessário para a extração dos embriões.

Com relação aos resultados do teste de condutividade elétrica aplicados aos endospermas das sementes de milho, apresentados na Figura 2, pode-se verificar que os valores da condutividade elétrica dos endospermas iniciaram em $7 \pm 2 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ nos primeiros 30 minutos de imersão e alcançaram, em média, $29 \pm 11 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ após 8 horas de imersão. Foi possível detectar estratificação dos lotes quanto ao vigor, de maneira similar a encontrada pela condutividade elétrica de sementes inteiras (Figura 3), porém, segundo a literatura, os valores de lixiviação deste tipo de estrutura não poderiam ser utilizados para prever a qualidade das membranas das sementes pois consistem em células de tecidos não vivos (Bruggink et al., 1991). Os resultados encontrados para esta variável, no presente trabalho, poderiam ser em resposta aos danos causados às membranas do endosperma pelo evento da extração do embrião.

Os valores da condutividade elétrica em sementes inteiras (Figura 3) foram consideravelmente inferiores a dos embriões, estes valores foram entre $5 \pm 2,5 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ e $8 \pm 3 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, desde os 30 minutos até as 8 horas de imersão das sementes. Os baixos valores de condutividade elétrica em sementes inteiras comparados aos dos embriões, podem ser explicados pelo fato da semente de milho apresentar-se recoberta pelo pericarpo, que estaria relacionada à limitação de entrada de água e da saída de eletrólitos quando da imersão das sementes pelo teste de condutividade elétrica, tal condição dificultaria a lixiviação em períodos pequenos, como verificaram Duke et al. (1983), Heter e Burris (1989) e Bruggink et al. (1991). Este fator também explicaria a necessidade de maiores períodos de imersão antes de avaliar os resultados da condutividade elétrica em sementes inteiras, que para o milho é superior a 20 horas (Marcos Filho et al., 1990; Bruggink et al., 1991). Segundo estes autores,

períodos maiores de imersão para a avaliação da condutividade elétrica em sementes inteiras favoreceriam a identificação de lotes com diferenças pequenas de vigor.

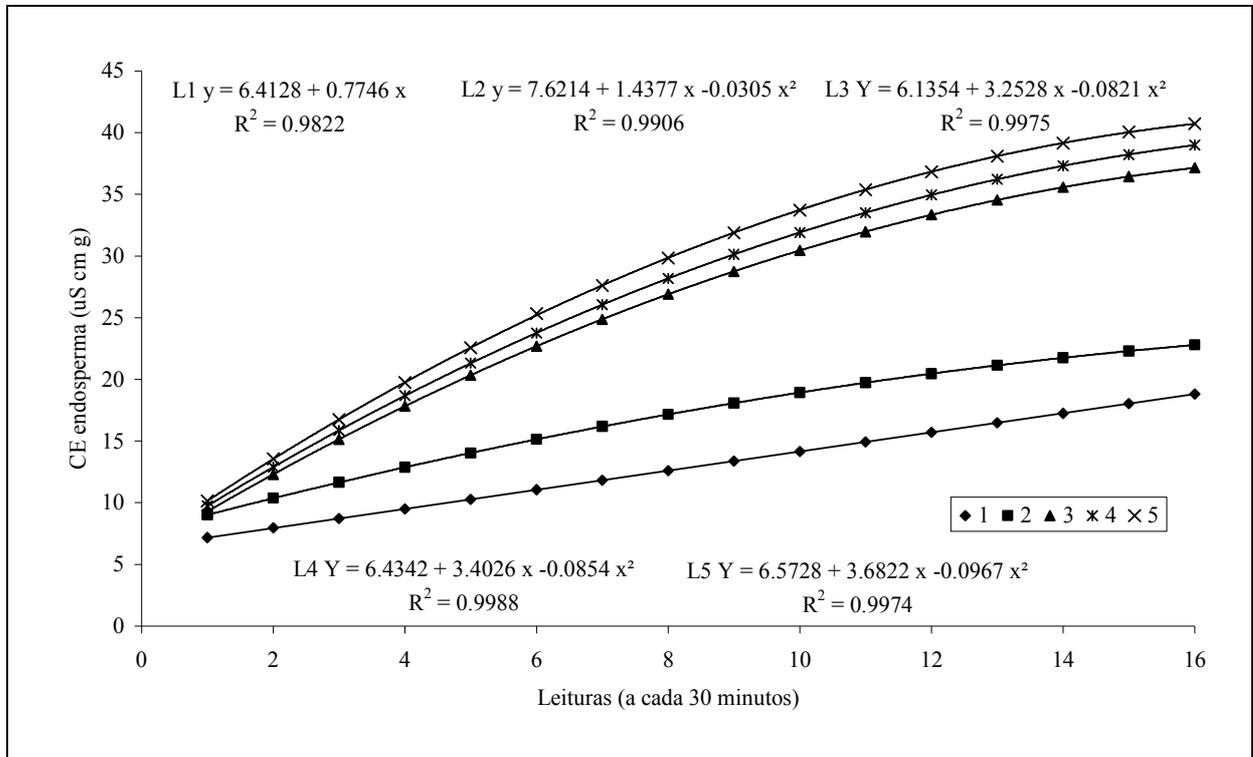


Figura 2. Condutividade elétrica massal de endosperma de sementes de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.

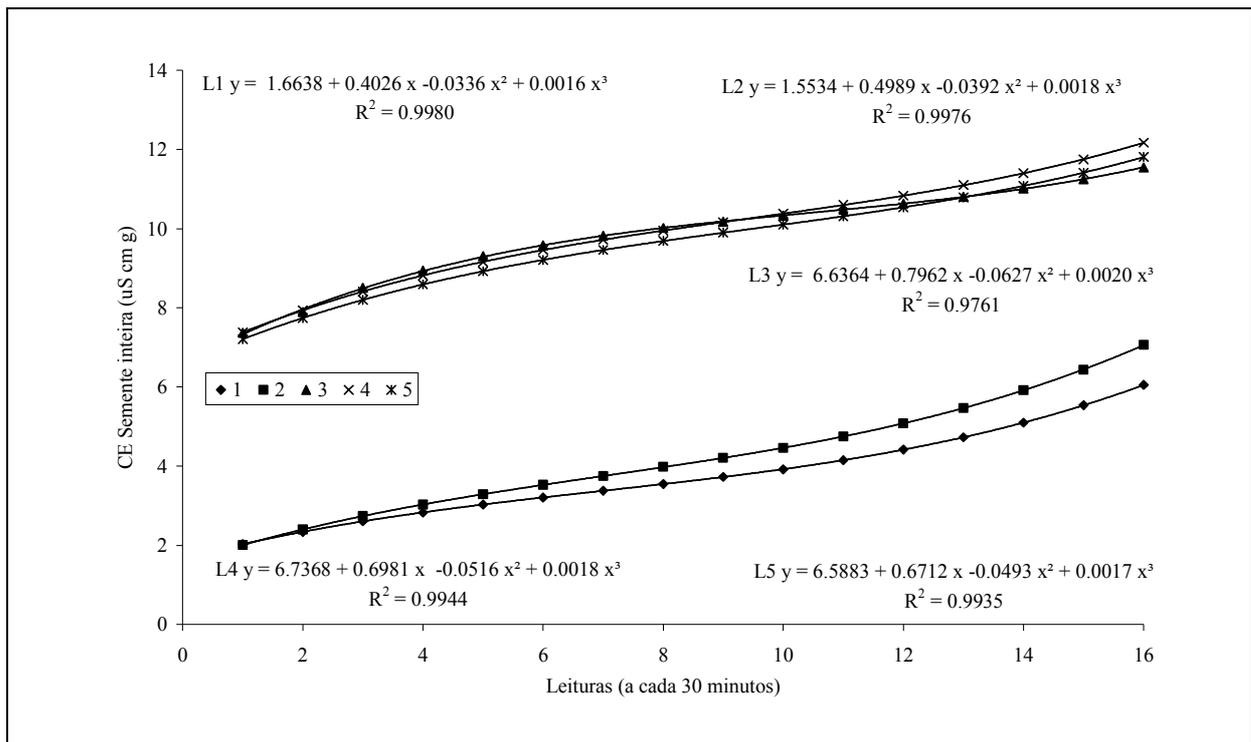


Figura 3. Condutividade elétrica massal de sementes inteiras de milho, obtida a partir de cinco lotes e 16 períodos de leitura. UFSM, 2010.

2.6 CONCLUSÃO

O teste de condutividade elétrica massal, realizado exclusivamente em embriões de milho, sob as condições de dez embriões imersos em 40 mL de água deionizada, por 30 minutos a 25°C, é mais eficiente para estratificar lotes de sementes de milho pelo vigor, do que o método convencional com sementes inteiras.

2.7 REFERÊNCIAS

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**. New York: Plenum Press, 1985. 367p.

BHERING, L. R. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, p.171-175, 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNAD/CLAV, 1992. 365p.

BRASIL. Instrução Normativa n.25, de 16 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 dez. 2005.

BRUGGINK, H. et al. Some factores influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays*. L.) kernels. **Seed Science Research**, v.1, n.1, p.15-20, 1991.

CARVALHO, M. L. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Controle de qualidade na produção de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.232, p.52-58, 2006.

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

DeMASON, D. A.; SEXTON, R.; GRANT REID, J. S. Structure, composition and physiological state of the endosperm of *Phoenix dactylifera* L. **Annals of Botany**, London, v.52, p.71-80, 1983.

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

DUKE, S. H.; KAKEFUDA, G.; HARVEY, T. M. Differential leakage of intracellular substances from imbibing soybean seeds. **Plant Physiology**, v.72, p.919-924, 1983.

FELKER, C. F.; SHANNON, J. C. Movement of ¹⁴C-labeled assimilates into kernels of *Zea mays* L. **Plant Physiology**, Rockville, v.65, n.5, p.864-870, 1980.

FERGUSON, J. M. AOSA perspective of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, London, v.17, n.2, p.101-104, 1993.

GIBBON, B. C.; LARKINS, B. A. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. **Trends in Genetics**, v.21, p.227-233, 2005.

HAMPTON, J. G. What is seed quality? **Seed Science and Technology**, Zurich, v.30, n.1, p.1-10, 2002.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. 3 ed. Zurich: ISTA, 1995. 117p.

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

HETER, U.; BURRIS, J. S. Evaluation drying rate and temperature on drying injury of corn seed. **Can Journal of Plant Science**, Ottawa, v.69, n.3, p.763-774, 1989.

HÖFS, A. et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

JAYARAM, C.; PETERSON, P. A. Anthocyanin pigmentation and transposable elements in maize aleurone. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant Breeding Reviews**. Portland: Timber, 1992, p.91-137.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, F. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

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

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

MARCOS FILHO et al. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n.12, p.1805-1815, 1990.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D. A. (ed.).

Handbook of vigour methods. Zurich: ISTA, 1981, p. 37-42.

McCARTY, D. R.; CARSON, C. B. The molecular genetics of seed maturation in maize. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.81, n.2, p.267-272, Feb. 1991.

McDONALD, M. B. JR.; SULLIVAN, J.; LAUER, M. J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science and Technology**, v.22, p.79-90, 1994.

McDONALD, M. B.; SULLIVAN, J.; LAUER, M. J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science and Technology**, Wallingford, v.22, p.79-90, 1995.

McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment, **Seed Science and Technology**, Zurich, v.27, n.1, p.177-237, 1999.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2ª Ed. Brasília: Ministério da Agricultura, AGIPLAN, 1985. 289 p.

ROSA, S. D. V. F. et al. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.54-63, 2000.

ROSSETTO, C. A. V. et al. Comportamento da semente de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agricola**, v. 54, n.1 / 2, p.106-115, 1997.

SANTOS, C. M. Influência do controle do crescimento, do uso de fungicidas e da frequência de colheita, nos caracteres agrônômicos e na qualidade da fibra e da semente do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). 1993. 184 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – UFV, Viçosa.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.104-114, 2005.

SCHUCH, L. O. B. et al. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.229-234, 1999.

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

TAO, K. L. J. Vigor "referee" test for soybean and corn. **The newsletter association of Official Seed Analysts**, v.54, n.1, p.40-58, 1980.

TORRES, S. B. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.20, p.55-59, 1998.

VANZOLINI, S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

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

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p.7-12, 2003.

VIDAL, M. D. Potencial fisiológico e tamanho de sementes de abóbora. 2007. 59f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

VILLELA, F. A.; MARCOS-FILHO, J. ; NOVENBRE, A.D.L. C. Estado energético da água na semente de milho no processo de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.1, p.95-100, 2003.

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

CAPÍTULO II

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL EM SEMENTES DE MILHO

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria – RS, Brasil

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL EM SEMENTES DE MILHO

AUTORA: MAQUIEL DUARTE VIDAL
ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES
Local e data da defesa: Santa Maria, 28 de maio de 2010.

Os objetivos do trabalho foram determinar o ponto de corte para estimar a germinação e o vigor de sementes de milho através do teste de condutividade elétrica individual (CEI); aplicar o ponto de corte estabelecido no CEI, para estimar a germinação e o vigor de sementes de milho, e avaliar o período de imersão em água para a condução do CEI. Para a determinação do ponto de corte, utilizou-se 34 lotes de sementes de milho das cultivares Pioneer 32R48, Fepagro S-395, BRS Planalto e IPR 114, nos quais se determinou o teor de água e aplicaram-se os testes de germinação, de frio sem solo e de CEI, utilizando o Analisador Automático de Sementes SAD 9000-S. As condições aplicadas ao CEI foram aquelas recomendadas pelo fabricante, usado a temperatura de 25°C, na ausência de luz, por 24 horas. Avaliaram-se as condutividades elétricas de 55 a 170 μS e considerou-se como ponto de corte aquele valor no qual ocorreu a maior coincidência entre a percentagem de germinação estimada e a obtida no teste padrão de germinação e no teste de frio sem solo, respectivamente, com tolerância de $\pm 5\%$. O ponto de corte, para os lotes de sementes de milho situou-se na faixa de 135 a 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para a germinação e 90 μS para o vigor. Os pontos de corte obtidos foram testados em 10 lotes de sementes de milho das cultivares IPR 114 e Fepagro S-395. Neste ensaio, caracterizaram-se os lotes de sementes através de um conjunto de testes composto pela determinação de: teor de água, germinação, primeira contagem da germinação, frio sem solo, emergência em campo e condutividade elétrica massal. Por fim, estudaram-se os períodos de imersão em água das sementes de 1, 2, 4, 8, 16 e 24 horas, na condução do teste de CEI, mantendo-se as demais condições. Conclui-se que o uso de pontos de cortes definido no teste de condutividade elétrica individual, no uso do equipamento SAD 9000-S, é capaz de estimar a germinação e o vigor das sementes de milho. O ponto de corte para estimar germinação é 135 μS e para vigor é 90 μS . A estimativa da germinação e do vigor das sementes de milho pelo teste de condutividade elétrica individual é melhor detectada no período de 24 horas de imersão em água.

Palavras-chave: *Zea mays* L., ponto de corte, viabilidade, vigor.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Graduate Program in Agronomy
Federal University of Santa Maria – RS, Brazil

INDIVIUDAL CONDUCTIVITY TESTE IN MAYS SEEDS

AUTHOR: MAQUIEL DUARTE VIDAL
ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES

Location and date of presentation: Santa Maria, may 28st, 2010.

The objectives were to determine the partition value to estimate the germination and vigor of corn seed through the individual electrical conductivity test (CEI), applying the partition point established in the CEI, to estimate the germination and vigor of corn seeds and to study the period of immersion for conduct of the CEI. To determine the partition point, we used 34 lots of maize seed of the cultivars Pioneer 32R48, Fepagro S-395, BRS Planalto and IPR 114, where it was determined the water content and applied the tests of germination, cold test and of CEI, using the Automatic Seed Analyzer SAD 9000-S. The conditions applied to the CEI were those recommended by the manufacturer, used a temperature of 25°C, in the dark, for 24 hours. We evaluated the electrical conductivity 55-170µS and it was considered as the partition value at which he was the biggest coincidence between the germination estimated and the percentage obtained in the standard germination and cold test, respectively, with ± 5%. The partition point for lots of corn seeds remained in the range of 135 to 150µS/cm for germination and 90µS for vigor. he partition points have been tested in 10 lots of corn cultivars IPR Fepagro 114 and S-395, this essay. In this study we have characterized the seed lots through a series of tests. Finally, we studied the periods of soaking seeds 1, 2, 4, 8, 16 and 24 hours in the conduct of the CEI test, keeping the other conditions. It is concluded that the use of partition points defined in the electrical conductivity test individual, using the equipment SAD 9000-S, is able to estimate the germination and vigor of maize seeds. The partition point for estimating germination is 135 µS and 90 µS is vigor. The estimate of the germination and vigor of corn seeds by electrical conductivity test individual is best detected within 24 hours of immersion in water.

Keywords: Zea mays L., partition point, viability, vigor.

3.3. INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de alta qualidade é importante para a obtenção de um estande de plantas adequado, o que pode proporcionar elevada produtividade por maximizar o aproveitamento dos demais insumos aplicados no solo, evitando-se a disseminação de doenças e de plantas invasoras, reduzindo-se perdas e o risco na colheita e contribuindo-se para a preservação do ambiente (Gaspar; Nakagawa, 2002).

O aumento na demanda por sementes de milho de alta qualidade com a intensificação dos processos produtivos tem levado as empresas do setor a procurar aprimoramento técnico de suas atividades, visando, basicamente, o aumento de produtividade associado a um incremento da qualidade do produto (Peres, 2010).

Os procedimentos adotados em um programa de controle de qualidade baseiam-se tanto em conhecimentos prévios sobre as recomendações provenientes da pesquisa e/ou da experiência prática, como no levantamento de dados que permitam a detecção de problemas e a proposição de soluções adequadas (Krzyzanowski et al., 1999).

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 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; Tekrony, 1995).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes é fundamental como base para os processos de produção, distribuição e comercialização dos lotes de sementes, pois o emprego de metodologia adequada possibilita a estimativa do vigor, do desempenho em campo e o descarte de lotes deficientes, diminuindo riscos e prejuízos. Assim, as empresas produtoras e laboratórios de análise de sementes devem utilizar testes que ofereçam resultados reproduzíveis, confiáveis e que indiquem, com segurança, a qualidade de um lote de sementes (Frigieri, 2007).

Para se avaliar a qualidade fisiológica de sementes utiliza-se, tradicionalmente, o teste de germinação, que, por ser tratar de um teste confiável e reproduzível, é amplamente empregado e aceito como indicador da qualidade de um lote de sementes. Obedecendo as recomendações estabelecidas nas Regras para Análise de Sementes, o teste de germinação fornece informações sobre o potencial de uma amostra para germinar sob condições ótimas de ambiente, além de ser padronizado com ampla possibilidade de repetição dos resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância (Krzyzanowski et al., 1999).

Não obstante, o teste de germinação apresenta algumas limitações devido a ser realizado em condições ótimas para cada espécie, tais como: não detectar o progresso de deterioração; superestimar o comportamento das sementes; não diferenciar lotes de sementes com germinação semelhante, mas que apresentam diferentes potenciais de armazenamento; e, ao mesmo tempo, não discrimina lotes de sementes com relação a rapidez e uniformidade de germinação (Krzyzanowski et al., 1999, Copeland; McDonald, 2001). 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).

A perda de germinação é um indicativo importante da perda de qualidade, mas é a última consequência, ou seja, o evento final desse processo. Frequentemente, observa-se que lotes de sementes apresentando percentagem de germinação semelhantes exibem desempenhos distintos no campo e/ou no armazenamento (Frigeri, 2007).

São vários os estudos sobre o potencial fisiológico de diferentes tipos de sementes que têm evidenciado que o teste de germinação não traduz totalmente o potencial de desempenho de sementes (Nascimento, 1994).

Testes de vigor são importantes no monitoramento da qualidade das sementes após a maturidade, pois a queda do vigor precede a perda de viabilidade (Dias; Marcos Filho, 1995; Panobianco; Marcos Filho, 2001). Portanto, o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração das sementes, de forma que, quanto mais distante da perda da capacidade de germinação estiver o parâmetro empregado, mais promissor será o teste, fornecendo, assim, informações complementares àquelas obtidas através do teste padrão de germinação (AOSA, 1983).

Em algumas definições, o vigor de sementes é tido como índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando sua ampla habilidade de estabelecimento no ambiente (ISTA, 1995), em outras, o vigor é aquela propriedade das sementes que determina o potencial para emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla faixa de condições de campo (AOSA, 1983). Estas definições descrevem as consequências práticas do vigor das sementes, sendo referido como “índice” ou “aquela propriedade da semente”. Os testes de vigor contribuem para detectar essas informações e, conseqüentemente, são úteis nas tomadas

de decisões para o destino de um lote de sementes.

Na atualidade, uma das principais exigências para a avaliação do vigor de sementes refere-se a obtenção de resultados confiáveis em período de tempo relativamente curto, surgindo, a partir disto, a necessidade do desenvolvimento de testes rápidos para estimar a qualidade de sementes, pois a rápida avaliação possibilita o descarte de lotes de sementes de qualidade inadequada já na recepção ou no beneficiamento, com a conseqüente redução dos custos em condicionamento desnecessário (Dias; Marcos Filho, 1996).

Tendo em vista os eventos iniciais da seqüência de deterioração, os testes rápidos mais estudados estão relacionados com a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratória e biossintética (Delouche; Baskin, 1973). Os testes relacionados a estes eventos são os mais indicados para detectar diferenças de vigor porque são capazes de detectar a deterioração das sementes em sua fase inicial (Vieira; Carvalho, 1994).

O teste de condutividade elétrica é importante na avaliação fisiológica de sementes, tendo sido proposto por Matthews e Bradnock (1967), para estimar o vigor de sementes de ervilha. Esse teste avalia a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes durante a imersão, que está, diretamente, relacionada à integridade das membranas celulares (Matthews e Powell, 1981). Membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da semente e, portanto, com sementes de baixo vigor (AOSA, 1983).

O princípio do teste está fundamentado na medição da condutividade elétrica (CE) da solução contendo os eletrólitos liberados pela semente na água de imersão, e essa CE está diretamente ligada à integridade das membranas celulares. 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 a 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).

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, tais como: a desnaturação de proteínas, queda dos teores de carboidratos totais, açúcares, proteínas solúveis e de fosfatos, o aumento de ácidos graxos livres, desestabilização da atividade de enzimas, da síntese de RNA e de proteínas (Marcos Filho, 2005).

A determinação da condutividade elétrica da solução de imersão da semente, como teste de vigor, é recomendada para sementes de ervilha e sugerida para as de soja (AOSA, 2002), espécie em que tem sido observada relação entre os resultados desse teste com os de emergência de plântulas em campo (Vieira et al., 1999).

A integridade das membranas é muito importante para que elas 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, a qual pode ser indiretamente avaliada usando-se de determinações da condutividade elétrica na solução de imersão de sementes (Hampton; Tekrony, 1995).

A capacidade de reorganização das membranas celulares e de reparar certo nível de dano é maior em sementes de alto vigor, comparativamente aquelas de menor vigor (Matthews; Powell, 1981; AOSA, 1983; Hampton; Tekrony, 1995). O valor da condutividade elétrica da solução de imersão das sementes varia com a quantidade e o tipo de lixiviados na

solução. São lixiviadas substâncias, tais 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). 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 (Vieira et al., 1999).

O teste de condutividade elétrica pode ser realizado pelos sistemas massal e individual, os quais preenchem alguns dos 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.

No teste de condutividade elétrica massal, a qualidade das sementes é avaliada através da determinação da condutividade elétrica da solução produzida pela imersão de uma amostra de sementes em água, que indicará o nível de qualidade do lote.

Resultados satisfatórios com o uso desse teste têm sido relatados em pesquisas com várias espécies vegetais. 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; Carvalho, 2006), pimentão (Oliveira; Novembre, 2005), pepino (Abdo et al., 2005), soja (Vieira et al., 2004 e Colete et al., 2004), milho (Alves et al., 2004), milheto (Gaspar; Nakagawa, 2002) e trigo (Tajbakhsh, 2000).

A determinação da condutividade elétrica individual de sementes foi proposta por

Steere et al. (1981), para avaliar a viabilidade de sementes. O método foi criado para corrigir problemas na realização do teste de condutividade elétrica em amostras com sementes danificadas ou duras, que apresentavam variações na capacidade de lixiviação, tendo mostrado eficiência na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (Costa e Carvalho, 2006) e soja (Salinas et al., 2001).

De modo geral, o princípio do teste de condutividade elétrica individual é o mesmo do sistema massal, bem como as preocupações com os fatores que influenciam os resultados. A diferença fundamental está no método de hidratação e no aparelho utilizado para a realização das leituras. As sementes são colocadas para hidratação em bandejas contendo 100 células individuais, nas quais é adicionada água deionizada. Após o período de imersão, é realizada leitura no analisador automático de sementes que quantifica a corrente elétrica na água de imersão em cada célula, apresentando resultados de cada sementes individualmente (Costa e Carvalho, 2006). O resultado depende da concentração de íons da solução, sendo expresso em micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S cm}$) que permite a identificação de sementes com algum tipo de injúria.

Pelo teste de condutividade elétrica individual, a qualidade da semente pode ser avaliada por meio de dois parâmetros: viabilidade e vigor, os quais representam diferentes atributos da semente. Para Nakagawa (1999), a viabilidade determina se a semente é capaz de produzir uma plântula viável ou inviável, já o vigor representa atributos de qualidade fisiológica não revelados no teste de germinação, sendo determinado sob condições de estresse ou medindo o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica. Estudos com ervilha, soja, algodão e feijão, por exemplo, evidenciaram que a análise da condutividade elétrica individual de lixiviados de sementes pode indicar tanto viabilidade quanto vigor das sementes (Matthews; Powell, 2006).

Recomenda-se a utilização de um valor de condutividade elétrica denominado ponto de partição ou de corte para estimar a viabilidade de cada espécie, ou seja, separar as sementes viáveis de sementes não viáveis (Dias; Marcos Filho, 1996), quando estas apresentarem condutividade abaixo ou acima desse ponto de corte, respectivamente. Esse valor de corte é determinado empiricamente de acordo com a espécie estudada.

O estabelecimento de pontos de corte não propicia a estimativa do nível de vigor das sementes de todas as categorias - normais, anormais ou mortas (Hamman et al., 2001). Muitas sementes que germinam podem ter a mesma condutividade elétrica das sementes das demais categorias não viáveis. Dessa maneira, a análise individual da condutividade elétrica serve de suporte ao estudo detalhado da performance da semente ou da plântula a que deu origem, verificando o estágio do processo de deterioração na redução do padrão de germinação da espécie.

A possibilidade de uso como teste de vigor é mais eficaz para a CE de massa do que a individual, haja vista que a CE de massa já é recomendada como teste de vigor para semente de ervilha e sugerida para sementes de soja (AOSA, 2002).

A diferenciação de lotes de sementes de soja com diferentes níveis de vigor foi obtida tanto pelo sistema massal como pelo individual (Hamman et al., 2001). O método individual foi mais eficiente em relação ao de CE massal na separação de lotes de sementes de café, sendo o tempo de 96 horas de hidratação o ideal para avaliação de qualidade de sementes de café sem pergaminho (Costa; Carvalho, 2006). Em sementes de girassol, a utilização da condutividade pelo sistema individual indicou que sementes hidratadas por 18,5 horas apresentaram alta correlação com a percentagem de emergência em campo (Anfinrud; Schineiter, 1984). O teste de condutividade elétrica individual foi eficiente na distinção de lotes de feijão em diferentes níveis de qualidade fisiológica, independentemente da cultivar

avaliada, tendo o tempo de hidratação das sementes em água por 12 horas sido o ideal para a avaliação da qualidade (Albuquerque, 2003).

O período de tempo em que as sementes permanecem imersas em água até a realização da leitura no teste de condutividade elétrica merecem atenção especial, pois a possibilidade de redução deste tempo poderá oferecer indicações mais rápidas sobre a qualidade fisiológica, distinguindo lotes. Lotes de sementes de soja com níveis extremos de vigor podem ser separados usando o sistema massal após 6 horas; entretanto, um período mais longo (18 a 24 horas) é necessário para detectar diferenças menos acentuadas entre os lotes (Matthews; Powell, 1981; AOSA, 1983; Loeffler et al., 1988; Marcos Filho et al., 1990). Assim, tradicionalmente, os testes de condutividade elétrica (de massa e individual) têm sido realizados com 24 horas de condicionamento, por se tratar de período adequado para a rotina normal dos laboratórios de análise de sementes.

No entanto, a rapidez na obtenção das informações tem sido preconizada como fator fundamental para a dinamização dos programas de controle de qualidade interno exercidos pelas entidades produtoras de sementes.

Os objetivos deste trabalho foram definir o ponto de corte para estimar germinação e vigor de sementes de milho através do Analisador Automático de Sementes, modelo SAD 9000-S; estudar a aplicabilidade do ponto de corte determinado no teste de condutividade elétrica individual para avaliar germinação e vigor de sementes de diferentes lotes de milho; e, avaliar os períodos de imersão para a condução do teste de condutividade elétrica individual.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi composto por três etapas experimentais conduzidas no Laboratório

Didático e de Pesquisa em Sementes, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS.

A primeira etapa experimental consistiu da determinação do ponto de corte realizado no teste de condutividade elétrica individual (CEI) para estimar a germinação e o vigor das sementes de milho. A segunda etapa foi composta pelo estudo da aplicabilidade do ponto de corte estabelecido na CEI, para estimar a germinação e o vigor de sementes de milho. Por fim, a terceira etapa avaliou a possibilidade de redução do tempo de imersão durante o teste de CEI, para avaliação do vigor das sementes.

Na execução do trabalho foram utilizados 34 lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) das cultivares Pioneer 32R48, Fepagro S-395, BRS Planalto e IPR 114, agrupadas de acordo com a etapa experimental, cujas características são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Empresa, características e safra das cultivares de milho utilizadas nos experimentos. UFSM, 2010.

Cultivar	Empresa	Tipo	Ciclo	Safra
Pioneer 32R48	Du Pont do Brasil S.A	Híbrido Simples	Superprecoce	2008
Fepagro S-395	Fepagro	Híbrido triplo	Precoce	2008
BRS PLANALTO	Embrapa Trigo	Variedade	Precoce	2008
IPR 114	IAPAR	Variedade	Precoce	2008

O teste de condutividade elétrica individual foi realizado através do Analisador Automático de Sementes, modelo SAD 9000-S, desenvolvido pela empresa Consultar da Argentina, sendo o equipamento formado por bandejas plásticas compartimentadas em 100 células, placa multisensora composta por 100 pares de eletrodos, interface que conecta os eletrodos com o microcomputador, dosificador e tela (Figura 1).

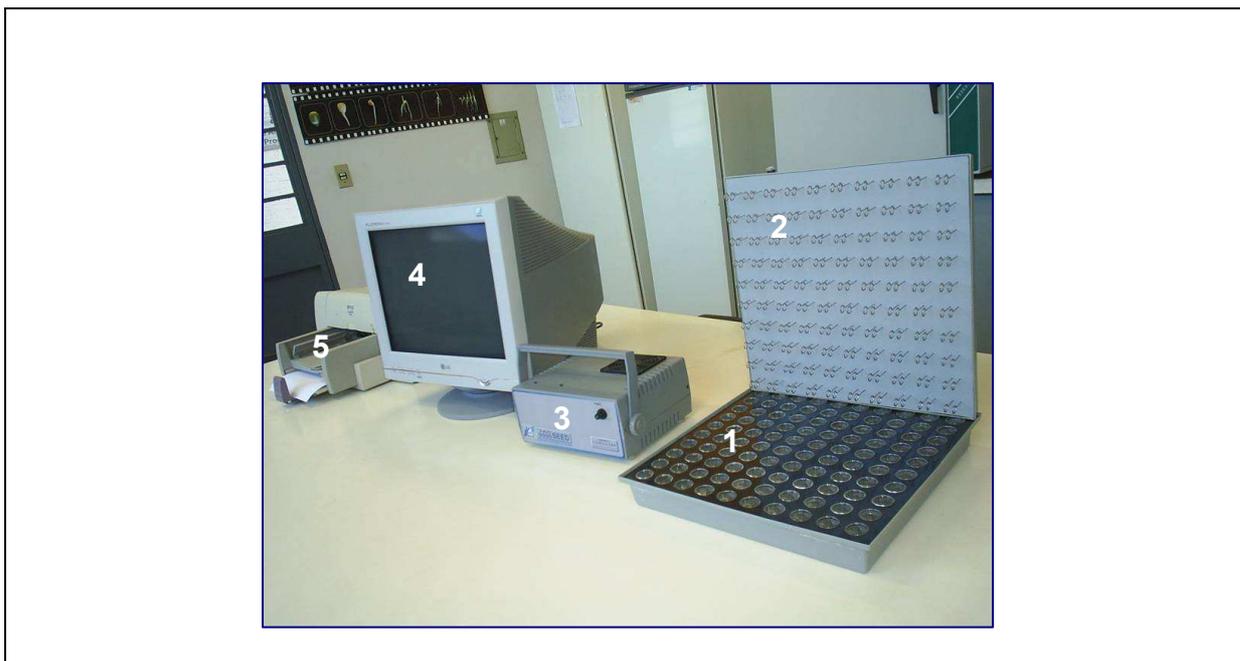


Figura 1. Componentes de um condutivímetro individual: 1) bandeja de plástico compartimentada; 2) placa multisensora; 3) dosificador; 4) monitor; 5) impressora. UFSM, 2010.

3.4.1 Determinação do ponto de corte para germinação e vigor

Para a realização desta etapa experimental, inicialmente se determinou o teor de água e a massa de mil sementes e, em seguida, aplicaram-se os testes de germinação, de frio sem solo e de condutividade elétrica individual em amostras de sementes dos 34 lotes.

A determinação do teor de água das sementes foi realizada pelo método da estufa a 105°C, por 24 horas, com duas subamostras de cinco gramas por lote, conforme recomendação das Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992).

A massa de mil sementes foi determinada em oito repetições de 100 sementes, conforme as RAS (Brasil, 1992).

O teste de germinação foi realizado com oito repetições de 50 sementes, semeadas em papel toalha, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel

seco, com a posterior formação de rolos. Nestas condições, as sementes foram levadas ao germinador regulado a 25°C. As contagens foram realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura, com os resultados expressos em percentagens de plântulas normais (Brasil, 1992).

O teste de frio sem solo foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em papel toalha umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Em seguida, o papel substrato foi manuseado para a formação de rolos, os quais foram colocados em sacos plásticos vedados e mantidos em germinador regulado a 10°C, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador regulado a 25°C, por seis dias, quando foi então avaliada a percentagem de plântulas normais, de acordo com a metodologia sugerida por Cícero e Vieira (1994).

O teste de condutividade elétrica individual foi realizado tomando-se uma amostra de 100 sementes de cada lote, da porção sementes puras. Determinou-se a massa de cada semente contida na amostra, em seguida colocando-as uma por célula da bandeja de plástico do condutivímetro, que continha 7mL de água destilada e deionizada. Estas bandejas foram colocadas em um germinador a temperatura de 25°C, na ausência de luz, por um período de 24 horas. Após este período foi realizada a leitura da condutividade elétrica individual e, os dados referentes a lixiviação dos lotes, uma vez analisados, foram automaticamente armazenados no software do condutivímetro.

A partir desta leitura, foram fixados no condutivímetro valores de condutividade de 55 a 170 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ por semente, com intervalos de 5 μS . Em cada situação, determinou-se o número de células que apresentaram valores inferiores, iguais e superiores ao valor fixado.

O número de sementes cujos exsudatos estabeleceram condutividade elétrica inferior ou igual ao valor fixado, foi considerado como a germinação estimada na CEI.

Para a determinação do ponto de corte capaz de estimar a germinação das sementes

do lote considerou-se aquele que permitiu o maior número de lotes em que ocorreu a coincidência entre a germinação estimada pelo teste de CEI, através da distribuição de frequência acumulada do número de sementes viáveis no teste e a percentagem obtida no teste de germinação, segundo as RAS (Brasil, 1992), com tolerância de $\pm 5\%$ (Duran et al., 1987).

Para a determinação do ponto de corte para vigor, baseado nos resultados do teste de frio, seguiu-se o mesmo procedimento, sendo selecionado o número de coincidências entre a percentagem de sementes viáveis predita pelo equipamento, e a percentagem obtida no teste de frio (Cícero; Vieira, 1994), com tolerância de $\pm 5\%$ (Duran et al., 1987).

3.4.2 Condutividade elétrica individual para estimar a germinação e o vigor das sementes

Para avaliar a capacidade do teste de condutividade elétrica individual em estimar a germinação e o vigor de sementes de milho foram utilizados 10 lotes de sementes de duas cultivares: IPR 114 e Fepagro S-395, produzidas pela empresa Semilla Agronegócios, unidade de Coxilha, RS.

3.4.2.1 Caracterização dos lotes de sementes

A determinação do teor de água e os testes de germinação e de frio sem solo foram realizados conforme o descrito na etapa anterior (3.4.1).

Primeira contagem do teste de germinação - conduzida juntamente com o teste de germinação, consistindo na avaliação das plântulas normais no quarto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais.

Emergência em campo - realizada com quatro repetições de 100 sementes por lote, semeadas em área experimental do Setor de Sementes, anexa ao Departamento de Fitotecnia,

UFSM. A semeadura foi efetuada a 3 cm de profundidade, em linhas com 200 cm de comprimento e distanciadas 40 cm entre si. A avaliação foi realizada aos 20 dias após a semeadura e os resultados expressos em percentagens.

Condutividade elétrica massal: realizado com quatro repetições de 50 sementes, cuja massa foi determinada em balança analítica, com precisão de três casas decimais, e imersas em 75mL de água destilada e deionizada, no interior de copos plásticos com capacidade de 200mL. Em seguida foram mantidas em câmara de germinação, a temperatura constante de 25°C, onde permaneceram por 24 horas. Decorrido este período, a condutividade elétrica da solução foi medida em aparelho condutivímetro da marca Digimed, modelo CD-21, com resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

3.4.2.2 Condutividade elétrica individual: utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes por lote (com massa previamente determinada), acondicionadas individualmente nas células da bandeja de plástico contendo 7mL de água deionizada, no Analisador Automático de Sementes, modelo SAD 9000-S. A seguir, as bandejas foram colocadas em germinadores, a temperatura constante de 25°C, na ausência de luz, por 24 horas. Sendo utilizado o ponto de corte previamente determinado no estudo anterior. Os resultados foram expressos em percentagem.

3.4.3 Avaliação do período de imersão das sementes utilizadas no teste de condutividade elétrica individual para estimar a germinação e o vigor.

Para avaliar o período de imersão das sementes no teste de condutividade elétrica individual foram utilizados os mesmos 10 lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) de duas cultivares: IPR 114 e Fepagro S-395.

Determinou-se o teor de água das sementes e aplicaram-se os testes de germinação e vigor descritos na etapa experimental anterior (3.4.1).

A condutividade elétrica individual foi determinada no Analisador Automático de Sementes, modelo SAD 9000-S, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por lote (com massa previamente determinada), acondicionadas individualmente em células da bandeja de plástico contendo 7mL de água deionizada. A seguir, as bandejas foram dispostas em germinador, a temperatura constante de 25°C, na ausência de luz, por 1, 2, 4, 8, 16 e 24 horas, sendo utilizados os pontos de corte para germinação e vigor previamente determinados no estudo anterior. Os resultados foram expressos em percentagem.

3.4.4 Delineamento experimental: foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso para os testes em laboratório, e o de blocos ao acaso para o teste em campo. Os dados em percentagem foram transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 5\%$). Os dados relativos ao estudo de redução do período no teste de CEI foram analisados através de regressões polinomiais, sendo representadas pelas curvas de significância de até terceiro grau.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Determinação do ponto de corte para estimar germinação e vigor em sementes de milho

Na tabela 2 é apresentado a massa de mil sementes e o grau de umidade dos lotes das cinco cultivares, que foram submetidas a determinação do ponto de corte para germinação e vigor de sementes de milho. Observa-se que a massa de mil sementes (PMS) não apresentou

diferença significativa entre os lotes, tendo variado entre 255 e 372 gramas, correspondente aos lotes separados pelas peneiras 18 a 24. Em função disto, não foi utilizada a separação dos lotes de acordo com a massa, na determinação do ponto de corte. O emprego de apenas um ponto de corte tornou mais fácil trabalhar com o SAD 9000-S, do que usar um determinado valor de ponto de corte para cada classe de semente, como utilizaram McDonald Jr. e Wilson Jr. (1979). Entretanto, pontos de corte diferenciados foram determinados por Lopes-Vences (1989), para sementes de amendoim, agrupando-os de acordo com cultivares e origem, utilizando o equipamento ASAC 1000. Em sementes de milho, usando o mesmo aparelho, Sampaio (1992), também, encontrou pontos de corte diferentes para sementes tratadas quimicamente e não tratadas, além disto determinou uma subdivisão considerando a massa, com seus pontos de corte respectivos.

Tabela 2. Valores médios da massa de 1000 sementes (MMS) e do grau de umidade inicial (U) das sementes de cinco cultivares de milho. UFSM, 2010.

Cultivares	MMS (g)	U (%)
PIONEER 32R48	363,2 a*	11,63
Fepagro S-395	372,2 a	10,35
BRS PLANALTO	254,8 a	10,20
IPR 114	345,2 a	10,47
CV (%)	9,6	-

*médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo testes de Tukey (α , 5%).

Os resultados observados e o procedimento adotado no presente estudo estão de acordo com a recomendação de que se use a separação por classes com diferentes massas somente quando houver diferenças significativas entre elas (Queiroga, 1993; Queiroga; Duran, 1997).

O teor de água das sementes (Tabela 2), entre os lotes variou de 10,2 a 11,9%, o que corresponde a 1,7 pontos percentuais de diferença entre o maior e menor teor de água. Esta diferença é inferior a amplitude máxima sugerida por Marcos Filho (1999), que é de 2 pontos percentuais, favorecendo a consistência dos resultados, o que permite inferir que tal fator não tenha influenciado os resultados dos testes realizados posteriormente (Vieira et al., 2002).

Os resultados encontrados na determinação do ponto de corte para estimar germinação de sementes de milho, através do teste de condutividade elétrica individual, com a utilização do aparelho SAD 9000-S, estão apresentados na Tabela 3. Por meio destes, pode-se verificar a existência de quatro valores de corte que permitiram obter o maior número de interseções comuns entre a germinação padrão, realizada de acordo com as recomendações das RAS (Brasil, 1992) e a germinação estimada pelo equipamento, aceitando-se uma tolerância de 5% nos resultados obtidos. O ponto de corte, para as sementes dos cinco cultivares estudados, situou-se, portanto, na faixa entre 135 e 155 $\mu\text{S}^{-1} \text{cm}^{-1}$, o que representa 29 (85%) dos 34 lotes avaliados.

Os valores do ponto de corte encontrados no presente trabalho são compatíveis com os recomendados por outros modelos do equipamento, como o ASAC 610, que utiliza um ponto de corte de 140 μS para estimar a viabilidade de sementes milho (Agrocience, 1981).

É válido ressaltar que, a faixa dos valores de corte encontrada, 135 a 150 $\mu\text{S}^{-1} \text{cm}^{-1}$, para estimar viabilidade das sementes das cultivares estudadas, não apresentou diferença no número de interseções comuns entre as germinações padrão e estimada dentro de cada cultivar. O número de acertos correspondeu a 13 dos 14 lotes do cultivar Pioneer 32R48 (93%), a 100% dos lotes do cultivar Fepagro S-395, a três dos quatro lotes do cultivar BRS-Planalto e sete dos 10 lotes do cultivar IPR 114 para cada valor de corte. Estes resultados corroboram informação de que qualquer um dos valores, situados entre os pontos de corte

selecionados com o maior número de interseções comuns, pode ser utilizado com segurança para estimar a viabilidade de sementes, como observaram Silva et al. (2005), para sementes de trigo.

Tabela 3. Número de interseções favoráveis entre a percentagem de plântulas normais no teste de germinação (G) conhecida segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) e a percentagem de sementes viáveis estimada através do condutivímetro individual, modelo SAD 9000-S. UFSM, 2010.

Lote	Cultivar	G (%)	Ponto de corte ($\mu\text{S cm}^{-1}$)																			
			80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	
1	P 32R48	99	78	89	92	94	96	98	98	99	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99
2	P 32R48	100	84	90	92	94	94	94	94	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	P 32R48	99	88	92	92	92	94	94	96	96	98	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100
4	P 32R48	100	85	92	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	P 32R48	96	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	P 32R48	98	97	98	98	98	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	P 32R48	99	72	76	88	90	92	94	94	97	98	98	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100
8	P 32R48	99	88	92	92	94	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	P 32R48	98	86	89	92	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	P 32R48	96	92	94	96	96	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	P 32R48	95	80	86	92	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	P 32R48	91	80	83	84	84	86	88	92	96	98	98	98	98	98	98	100	100	100	100	100	100
13	P 32R48	95	84	90	93	96	96	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	P 32R48	99	82	86	86	88	92	96	96	96	98	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	S-395	97	70	74	76	83	86	88	90	90	92	94	94	94	95	95	96	96	98	98	98	98
16	S-395	97	76	80	86	88	92	94	94	96	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
17	S-395	99	74	78	82	82	84	86	86	88	90	94	96	96	96	96	96	96	96	96	96	98
18	S-395	99	84	88	92	94	94	94	96	96	98	98	98	98	98	100	100	100	100	100	100	100
19	S-395	95	94	95	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
20	S-395	97	90	92	92	94	94	94	94	95	96	96	96	96	98	98	98	98	98	98	98	98
21	BRS Planalto	93	62	66	70	72	76	80	80	84	85	88	92	92	94	94	96	96	96	98	98	98
22	BRS Planalto	98	74	80	83	86	90	92	92	92	92	92	92	96	96	96	96	96	96	96	96	98
23	BRS Planalto	94	70	72	76	84	90	90	91	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	100
24	BRS Planalto	85	80	82	84	88	90	90	90	96	96	96	96	96	96	98	98	98	98	98	98	98
25	IPR 114	93	70	80	84	88	90	90	90	94	94	94	96	97	98	98	98	100				
26	IPR 114	84	44	46	54	56	64	64	68	70	72	76	86	86	88	88	88	88	90	92	94	94
27	IPR 114	83	44	48	52	54	56	62	68	72	76	80	84	84	86	86	87	88	90	90	90	92
28	IPR 114	86	66	72	74	74	74	76	78	84	84	88	88	88	88	88	88	88	90	92	92	92
29	IPR 114	75	68	70	77	80	82	82	86	86	88	92	92	92	92	96	96	96	96	98	98	98
30	IPR 114	82	64	64	68	74	75	76	76	77	81	85	88	88	89	89	90	92	94	94	94	94
31	IPR 114	83	56	68	62	70	72	82	82	86	88	88	88	88	88	88	88	90	90	90	90	91
32	IPR 114	92	80	82	86	86	88	89	92	92	96	96	96	96	96	97	97	97	98	100		
33	IPR 114	93	92	94	94	96	96	96	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
34	IPR 114	87	86	92	94	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
Σ intersecções			6	10	11	16	19	22	23	24	25	28	28	29	29	29	29	27	24	23	22	

O teste de condutividade elétrica individual, através da percentagem de interseções comuns encontradas entre a germinação padrão (Brasil, 1992) e a estimada pelo teste, mostrou-se eficiente na estimativa da germinação das cultivares estudadas, ratificando as informações da literatura (Heter; Burris, 1989). Esses resultados vêm somar às informações de outros autores que indicam a condutividade elétrica individual como alternativa viável para avaliar lotes de sementes (Tracy; Juvik, 1988; Bruggink et al., 1991; Bekendam et al., 1991; Sampaio et al., 1995; Ribeiro, 1999).

Os resultados da determinação do ponto de corte para avaliação do vigor (Tabela 4), estimados através do condutivímetro individual, modelo SAD 9000-S, tendo o teste de frio sem solo como balizador, encontram-se na Tabela 4. Verificou-se que o maior número de interseções favoráveis entre a percentagem de plântulas normais no teste de frio e a percentagem de sementes com possibilidade de formar plântulas normais sob estresse de frio foi obtido no valor de corte de 90 μS . Este valor diferiu da faixa apresentada para estimar a germinação (135 – 150 μS). Os menores valores de ponto de corte tendem a ser mais exigentes em suas estimativas (Costa, 2003), logo, com o valor de corte encontrado é possível simular condições para estimar o resultado obtido num teste mais rígido do que o teste de germinação, como o teste de frio sem solo.

A ocorrência de discrepância no número de interseções comuns encontradas para a determinação do vigor de sementes, através da condutividade elétrica individual, pode ser em resposta a diferença de vigor entre os lotes, o que poderia ser amenizada caso fossem utilizados pontos de corte diferenciados conforme a qualidade dos lotes, como fora encontrado para sementes de café, apresentando germinação entre 89 e 11%, correspondendo as safras 2001 e 2000, respectivamente, mostrando menor variabilidade na determinação do ponto de corte em se tratando de sementes de alta qualidade, comparadas as sementes de

baixa qualidade (Costa; Carvalho, 2006).

As diferenças de vigor, mostradas na Tabela 4, foram bem representadas pela maioria dos lotes das cultivares IPR 114 e S-395, de menor e maior vigor, respectivamente. Os lotes da cultivar IPR 114, detentores da menor percentagem de plântulas normais no teste de frio, apresentaram vigor médio de 66% e, por sua vez, os da cultivar S-395 apresentaram vigor médio correspondente a 93%. Lotes com qualidade inferior a 75% apresentaram valor de corte mais baixo do que as sementes dos demais lotes. Para as sementes da cultivar S-395, de qualidade superior, qualquer ponto de corte acima de 100 μS poderia ser utilizado para estimar o vigor, o que passaria de 50 para 83% a percentagem de intersecções comuns. Para a cultivar IPR 114, a percentagem de intersecções comuns entre o teste de frio sem solo e o de vigor estimado pelo equipamento passaria de 30 para 50%, utilizado-se os valores 75 ou 80 μS .

Embora os resultados observados não tenham mostrado total coincidência entre os valores no teste de frio e nos pontos de corte escolhidos, vários autores têm ressaltado que o teste de condutividade elétrica individual é capaz de avaliar o vigor em diversas espécies, tais como soja (McDonald Jr.; Wilson Jr., 1980), ervilha (Hepburn et al., 1984), algodão (Smith; Varnil, 1985), milho (Bekendam et al., 1987; Sampaio et al., 1995).

Tabela 4. Número de interseções favoráveis entre a percentagem de plântulas normais no teste de frio sem solo (TF) e a percentagem de sementes vigorosas estimada através do condutivímetro individual, modelo SAD 9000-S. UFSM, 2010.

Lote	Cultivar	TF (%)	Ponto de corte ($\mu\text{S cm}^{-1}$)																			
			55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	
1	P 32R48	89	54	60	72	74	76	78	89	92	94	96	98	98	99	98	98	98	98	99	99	
2	P 32R48	92	66	72	73	76	80	84	90	92	94	94	94	94	94	100	100	100	100	100	100	
3	P 32R48	88	76	79	82	86	88	88	92	92	92	94	94	96	96	98	98	98	99	99	99	
4	P 32R48	81	72	78	78	78	82	85	92	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
5	P 32R48	88	70	80	86	91	91	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
6	P 32R48	73	70	73	76	82	94	97	98	98	98	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	
7	P 32R48	64	59	62	67	70	70	72	76	88	90	92	94	94	98	98	98	98	99	100	100	
8	P 32R48	92	74	78	80	82	86	88	92	92	94	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
9	P 32R48	71	66	72	74	76	76	86	89	92	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
10	P 32R48	72	77	84	86	90	90	92	94	96	96	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
11	P 32R48	92	56	60	64	69	74	80	86	92	97	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	
12	P 32R48	91	68	68	70	74	78	80	82	84	84	86	88	92	96	98	98	98	98	98	98	
13	P 32R48	89	52	58	68	74	78	84	90	93	96	96	98	98	100	100	100	100	100	100	100	
14	P 32R48	95	58	66	66	72	76	82	86	86	88	92	96	96	96	98	98	99	100	100	100	
15	S-395	85	28	30	42	48	58	70	74	76	83	86	88	90	90	92	94	94	94	94	94	
16	S-395	91	53	60	68	70	74	76	80	86	88	92	94	94	96	96	98	98	98	98	98	
17	S-395	97	42	52	63	66	68	74	78	82	82	84	86	86	88	90	94	96	96	96	96	
18	S-395	96	49	56	70	76	80	84	88	92	94	94	94	96	96	98	98	98	98	98	100	
19	S-395	93	80	86	88	88	93	94	95	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
20	S-395	94	76	76	79	84	86	89	92	92	94	94	94	94	95	96	96	96	96	98	98	
21	BRS Planalto	80	30	38	40	52	56	62	66	70	72	76	80	80	84	85	88	92	92	94	94	
22	BRS Planalto	78	48	51	62	68	70	74	80	83	86	90	92	92	92	92	92	92	96	96	96	
23	BRS Planalto	77	28	42	52	54	62	70	72	76	84	90	90	91	96	96	96	96	96	96	96	
24	BRS Planalto	73	58	68	68	70	72	80	82	84	88	90	90	90	96	96	96	96	96	96	98	
25	IPR 114	61	30	40	48	59	62	70	80	84	88	90	90	90	90	94	94	96	97	98	98	
26	IPR 114	52	16	20	26	35	42	44	46	54	56	64	64	68	70	72	76	86	86	88	88	
27	IPR 114	65	10	14	22	26	36	44	48	52	54	56	62	68	72	76	80	84	84	86	86	
28	IPR 114	61	38	48	54	58	60	66	72	74	74	74	76	78	84	84	88	88	88	88	88	
29	IPR 114	61	38	48	57	60	64	68	70	77	80	82	82	86	86	88	92	92	92	92	96	
30	IPR 114	69	26	32	40	48	54	64	64	68	74	75	78	76	77	81	85	85	88	89	89	
31	IPR 114	58	18	30	41	46	48	56	68	62	70	72	82	82	86	88	88	88	88	88	88	
32	IPR 114	75	69	74	80	80	80	80	82	86	86	88	89	92	92	96	96	96	96	96	97	
33	IPR 114	82	76	86	87	89	90	92	94	94	96	96	96	96	98	98	98	98	98	98	98	
34	IPR 114	74	68	76	77	77	79	86	92	94	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
Σ interseções			4	8	11	11	11	11	11	15	11	10	10	10	10	9	6	6	6	6	6	6

3.5.2 Condutividade elétrica individual para avaliar germinação e vigor em sementes de milho

3.5.2.1 Caracterização das cultivares

O teor de água das sementes variou entre 10,12 e 11,19%, para a cultivar IPR 114 e entre 10,32 e 11,44%, para a cultivar S-395 (Tabela 5). É importante que a variação seja pequena, como foi observado na execução dos testes, considerando que a uniformização do teor de água das sementes é um dos pré-requisitos exigidos pelo teste de condutividade elétrica (ISTA, 1995) e imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (Marcos Filho, 1999).

Quanto a germinação das sementes da cultivar IPR 114, constatou-se que o lote 1 apresentou maior percentagem de plântulas normais, diferindo significativamente dos demais lotes, os quais, por sua vez, apresentaram menor percentagem de germinação, não atingindo a percentagem mínima exigida para comercialização, que é de 85% (Brasil, 2005). A baixa germinação destes lotes permite inferir que os mesmos apresentavam certo nível de deterioração, uma vez que a perda da capacidade germinativa é o último parâmetro observado antes da morte da semente (Delouche; Baskin, 1973).

Na análise dos dados referentes à germinação da cultivar S-395 não se verificou diferença significativa entre lotes, tendo variado entre 95 e 99% a percentagem de plântulas normais. Apesar dos lotes não terem apresentado diferenças significativas neste teste, a utilização de lotes como estes é essencial para o desenvolvimento de metodologias de testes de vigor, que atendam ao objetivo básico de identificação de diferenças no potencial fisiológico dos lotes, principalmente dos que possuem poder germinativo semelhante (Marcos Filho, 1999).

Tabela 5. Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de frio sem solo (TF), condutividade elétrica massal (CE) e emergência em campo (EM), de cinco lotes das cultivares IPR 144 e S-395. UFSM, 2010.

Cultivar	Lote	U	G	PC	TF	CE	EM
IPR 114	1	10,12	90 a	81 a	70 a	19,99 a	90 a
	2	10,84	83 b	82 a	76 a	20,62 a	92 a
	3	10,17	83 b	82 a	63 b	26,60 b	72 b
	4	10,84	79 b	72 b	60 b	23,95 b	74 b
	5	11,19	81 b	77 b	51 c	34,16 c	62 c
CV (%)	-	-	5,77	4,56	9,54	8,89	12,25
Fepagro S-395	1	10,35	95 a	89 a	94 a	12,75 a	93 a
	2	10,80	97 a	86 a	97 a	13,35 a	92 a
	3	10,90	99 a	70 b	96 a	15,86 b	83 b
	4	11,44	99 a	71 b	93 a	18,19 c	81 b
	5	10,32	95 a	68 b	84 b	19,53 c	73 c
CV (%)	-	-	3,06	5,33	4,56	6,43	13,75

*médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo testes de Tukey ($\alpha,5\%$).

Os resultados da primeira contagem da germinação mostraram diferenças significativas na formação de plântulas normais, aos quatro dias após a semeadura, entre lotes de ambas as cultivares, o que permitiu a estratificação dos mesmos em dois níveis de vigor, sendo que, para a cultivar IPR 114, observou-se que os lotes 1, 2 e 3 apresentaram maior percentagem de plântulas normais na referida avaliação, indicando com isso maior vigor, diferentemente dos lotes 5 e 6 classificados como de menor vigor. Para a cultivar S-395, pode-se perceber baixa formação de plântulas normais pelos lotes 3, 4 e 5, nesta avaliação, o que os caracterizou como de baixo vigor, por sua vez, os lotes 1 e 2 apresentaram maior

percentagem de plântulas, portanto, de maior vigor. Constataram-se nesse teste, diferenças entre os lotes não detectadas pelo teste de germinação, o que pode estar relacionado ao vigor dos lotes, tendo em vista que, no teste de germinação as sementes encontram todas as condições favoráveis para germinação e formação de plântulas normais (Brasil, 1992).

A ordenação dos lotes quando avaliados pelos testes de frio sem solo, de condutividade elétrica e de emergência em campo para a cultivar IPR 114 foi similar de acordo com seu vigor, os quais indicaram os lotes 1 e 2 como aqueles de maior vigor, os lotes 3 e 4 como os de vigor intermediário e o lote 5 como de menor vigor. Esta estratificação dos lotes pode ser atribuída aos seus estados fisiológicos, sendo observado, inclusive, na redução da capacidade de emergir sob condições de campo. Ainda que estes testes tenham avaliado características diferentes das sementes, seja por capacidade de formar plântulas normais sob condições de estresse, seja por meio da permeabilidade das membranas, nota-se a importância do conjunto de resultados de vários testes para a avaliação consistente do vigor de sementes, como sugeriu Marcos Filho (1999).

Nos resultados do teste de frio sem solo, para a cultivar S-395, observou-se a estratificação dos lotes em dois grupos, sendo o lote 1 classificado como de menor vigor e os demais lotes, sem diferir entre si, classificados como de maior vigor.

O comportamento dos lotes da cultivar S-395 no teste de condutividade elétrica massal permitiu estratificá-los em três níveis de vigor, sendo os lotes 1 e 2 os mais vigorosos, os lotes 3 e 4 de vigor intermediário e o lote 5, por sua vez, o de menor vigor. Tais resultados diferiram dos encontrados no teste de emergência em campo apenas na classificação dos lotes de vigor intermediário.

A emergência das plântulas em campo mostrou diferenças significativas entre os lotes da cultivar S-395, o que possibilitou a estratificação dos mesmos em três grupos, sendo o

lote 5 o de menor vigor, os lotes 3 e 4 de vigor intermediário, os lotes 1 e 2 apresentaram maior percentagem de plântulas emersas, portanto, classificados como de maior vigor. As diferenças observadas entre os resultados expressos pelos lotes nesse teste, que não haviam sido detectadas no teste de germinação, podem ser atribuídas ao potencial fisiológico dos lotes testado em situação diferente da ideal. Nas condições de campo, onde a temperatura, a umidade e a presença de patógenos não são controladas, os lotes com percentagem de germinação semelhantes podem diferir quanto ao desempenho em campo, principalmente quando as condições de ambiente desviam-se das mais adequadas (Torres, 2002).

De modo geral, para a cultivar IPR 144, observou-se que na maioria dos testes, apresentados na Tabela 5, houve concordância quanto ao maior vigor dos lotes 1 e 2 e ao menor vigor do lote 5. Vale ressaltar que, pelos testes de germinação e primeira contagem das plântulas foi possível constatar a formação de dois grupos quanto a qualidade das sementes, ambos evidenciaram sobre a alta qualidade do lote 1 e a baixa qualidade do lote 5. Enquanto que, pelos testes de frio sem solo, condutividade elétrica massal e emergência em campo foi possível estratificar os lotes em três níveis, sendo, alto vigor para os lotes 1 e 2, vigor intermediário para os lotes 3 e 4 e menor vigor para o lote 5.

A análise geral dos dados dos testes de germinação e de vigor (Tabelas 5), para a cultivar S-395, indicou variação na classificação dos lotes, no entanto, foi possível destacar o desempenho superior dos lotes 1 e 2 em relação aos demais lotes, bem como o comportamento contrário das sementes do lote 5, que apresentou qualidade fisiológica inferior.

3.5.2.2 Condutividade elétrica individual.

Observa-se que o teste de condutividade elétrica individual (Tabela 6), realizado

com o objetivo de estimar a germinação de lotes de sementes de milho, mediante a aplicação dos pontos de corte 135 e 150 μ S, mostrou-se capaz de estimar a germinação dos lotes de ambas cultivares. Para a cultivar IPR 114, foi possível verificar semelhança entre a análise estatística do teste de germinação padrão, realizado conforme as normas das RAS (Brasil, 1992) e a da germinação estimada através dos pontos de corte utilizados, confirmando, por sua vez, a superioridade do lote 1 em relação aos demais. A cultivar S-395 não apresentou diferenças significativas entre os resultados dos cinco lotes, da mesma forma em que não foram encontradas diferenças quando da realização do teste de germinação padrão nestes mesmos lotes.

Conforme pode ser observado, a germinação estimada, determinado pelo teste de condutividade elétrica individual, não diferiu daquela determinada pelo teste de germinação padrão. Estes resultados confirmaram a capacidade do teste de condutividade elétrica individual, utilizando-se os pontos de corte de 135 a 150 μ S, para obtenção de informações sobre a capacidade germinativa de lotes de sementes, corroborando as informações prestadas por Arango et al. (1996) e Murcia et al. (2001), ambos trabalhando com sementes de girassol, quando determinaram ponto de corte para avaliar, a germinação de sementes em condutímetro individual modelo SAD 9000-S e SAD 2007, respectivamente; bem como, por Silva (2005) em sementes de trigo, utilizando o condutímetro individual AAS, modelo IRUTRON 2000.

Ainda que os pontos de corte tenham sido capazes de estimar a germinação de acordo com a qualidade dos lotes, observa-se que, em relação aos valores absolutos encontrados, os lotes de sementes de baixa qualidade tendem a apresentar percentagem de germinação estimada mais elevada do que as encontradas no teste de germinação padrão, portanto, verificou-se tendência de os valores serem superestimados. Estes resultados também

foram encontrados por Ribeiro (1999), o qual obteve algumas discrepâncias entre as percentagens dos testes, porém foi observada a mesma tendência quanto a classificação dos lotes de maior e menor qualidade, da mesma forma que a encontrada no presente trabalho.

Tabela 6. Valores médios (%) dos resultados da germinação e do vigor, avaliados mediante a aplicação dos pontos de corte no teste de condutividade elétrica individual, dos cinco lotes das cultivares IPR 144 e S-395. UFSM, 2010.

Cultivar	Lote	Pontos de corte		
		135 μ S (germinação)	150 μ S	90 μ S (vigor)
	%		
IPR 114	1	93 a*	96 a	73 a
	2	88 b	90 b	76 a
	3	86 b	90 b	65 b
	4	85 b	88 b	64 b
	5	88 b	89 b	58 c
CV (%)		5,68	1,90	8,55
S-395	1	96 a	97 a	95 a
	2	96 a	97 a	92 a
	3	97 a	99 a	93 a
	4	95 a	97 a	94 a
	5	98 a	98 a	80 b
CV (%)		4,32	3,46	7,90

*médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo testes de Tukey (α , 5%).

Portanto, a metodologia de condutividade elétrica para estimar a germinação de sementes de milho revelou-se passível de uso, constituindo mais um ensaio rápido para obtenção de resultados de germinação de milho, no entanto, a tolerância de 5% admitida na

germinação estimada identifica apenas a faixa de germinação em que o lote se encontra. Tal resultado sugere que o uso do menor valor do ponto de corte permitirá estimar com maior precisão a germinação dos lotes.

Os resultados do teste de condutividade elétrica individual, para estimar vigor de sementes de milho (Tabela 6), mediante a fixação do ponto de corte de 90 μ S, determinado em estudo prévio. Por meio destes resultados, verificou-se que o teste de condutividade elétrica individual, através da aplicação do ponto de corte, permitiu a estratificação dos lotes conforme o vigor.

Para os lotes da cultivar IPR 114, a percentagem de vigor estimado variou entre 76 e 58%, sendo os lotes 1 e 2 os que apresentaram maior vigor, o lote 5 o menos vigoroso e os lotes 3 e 4 foram classificados como de vigor intermediário (Tabela 6); percentagens similares foram exibidas pelos lotes quando da aplicação do teste de frio sem solo (Tabela 5). Esta coincidência é favorável à condutividade elétrica individual, pois o teste de frio sem solo tem sido recomendado para avaliar vigor em sementes de milho (Cícero; Vieira, 1994).

Comparando os valores das Tabelas 5 e 6, verifica-se que a classificação dos lotes da cultivar IPR 114, obtida no teste de condutividade elétrica individual é similar aquela encontrada nos testes de frio sem solo, de condutividade elétrica massal e de emergência em campo. Estes resultados permitiram inferir sobre a possibilidade do teste em estimar o vigor das sementes de milho, pois houve estratificação dos lotes, não só de maior e menor vigor, como dos lotes de qualidade intermediária na cultivar IPR 114. Tais resultados concordam com aqueles encontrados por Arango et al. (1996) ao trabalhar com sementes de girassol, os quais concluíram que é possível determinar um ponto de corte para estimar vigor de sementes. Em sementes de soja, McDonald Jr. e Wilson Jr. (1979) concluíram que o vigor de sementes estimado pelo teste de condutividade elétrica individual não permite a avaliação dos lotes de

qualidade intermediária.

Os resultados da cultivar S-395 estratificaram os lotes em dois níveis de vigor, tendo o lote 5 apresentado o menor vigor e os demais, sem diferir entre si, apresentado o maior vigor.

Os resultados deste estudo, em referência ao teste de condutividade elétrica individual, sugerem a necessidade de complementos experimentais, quanto na interpretação dos exsudados liberados pelas sementes, de acordo com o histórico dos lotes. Porém, as informações prestadas pelos resultados encontrados nesta etapa do trabalho fornecem informações relevantes à pesquisa, tendo em vista que para estimar, com maior precisão possível a qualidade de um lote e sua emergência em campo, é necessário dispor de dados complementares do maior número possível de testes de vigor.

3.5.3 Avaliação do período de imersão das sementes utilizadas no teste de condutividade elétrica individual para previsão de germinação e vigor.

O resumo da análise da variância, relativa a percentagem de germinação estimada no teste de condutividade elétrica individual, utilizando o ponto de corte de $135\mu\text{S}$, está apresentado na Tabela 7. Por meio desses resultados, pode-se observar que a interação entre lotes de sementes e períodos de imersão, para ambas as cultivares, foi significativa ($p > 0,05$). Contudo, os resultados foram apresentados na forma de tabela para facilitar a comparação da estratificação obtida nos períodos estudados e na germinação padrão.

Tabela 7. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica individual para estimar germinação em sementes das cultivares IPR 114 e S-395 de cinco lotes de milho. UFSM, 2010.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		IPR 114	S-395
Lote	4	30,79**	16,59**
Período	5	1455,37**	368,44**
Lote x período	20	25,40**	15,77**
Erro	90	4,86	3,61
CV (%)		2,63	2,18

ns - não significativo; **Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica indicaram decréscimo na percentagem de germinação estimada no decorrer do período de imersão (Tabela 8), tanto para os lotes da cultivar IPR 114, quanto para os lotes da cultivar S-395. Esse resultado permite inferir sobre a necessidade de um período maior de imersão das sementes para estimar a germinação em equipamento de condutividade elétrica individual, o que confirma as informações obtidas para sementes de milho e milho doce (Schmidt; Tracy, 1989; Ribeiro, 1999) respectivamente, que, independente da qualidade dos lotes, foi a partir de 18 horas de imersão que os lotes apresentaram diferenças consistentes, e, a partir de 24 horas foi possível, inclusive, detectar diferenças entre os lotes levando em consideração os de qualidade intermediária.

Tabela 8. Valores médios ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da germinação estimada através do teste de condutividade elétrica individual para as sementes de milho, utilizando-se o valor de corte de 135 μS , dos cinco lotes, das cultivares IPR 144 e S-395, em cada período de imersão em água. UFSM, 2010.

Cultivar	Lote	Período de imersão (horas)					
		1	2	4	8	16	24
IPR 114	1	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	99 aB	93 aB
	2	100 aA	100 aA	100 aA	100 aB	95 bcC	88 bC
	3	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	96 bB	88 bC
	4	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	92 cdB	86 bC
	5	100 aA	100 aA	100 aA	99 aA	89 dB	85 bC
CV (%)		2,63					
S-395	1	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	96 aB
	2	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	96 aB
	3	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	97 aB
	4	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	97 bB	95 aB
	5	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	97 bB	98 aB
CV (%)		2,72					

*as médias não seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Os períodos de 1, 2 e 4 horas de imersão, para ambas as cultivares, permitiu as sementes dos lotes apresentarem germinação estimada máxima (100%), diferindo dos resultados apresentados quando da realização do teste de germinação padrão obtida em laboratório (Tabela 5). Portanto, pode-se inferir que estes não foram capazes de estimar a germinação. Por sua vez, a partir do período de 16 horas foi possível observar diferenças entre os lotes, sendo possível distinguir, para a cultivar IPR 114, os lotes de maior (lote 1) e menor vigor (lote 5), mas não permitindo distinção entre os lotes de qualidade intermediária; e, por

sua vez, os lotes 1, 2 e 3, de maior vigor, 4 e 5 de menor vigor, todos da cultivar S-395. Essas informações corroboram as encontradas por Dias e Marcos Filho (1996), os quais encontraram informações mais precisas, sobre a qualidade dos lotes de sementes de soja, somente quando utilizaram períodos de imersão acima de 12 horas.

Quando utilizado o período de 24 horas de imersão foi possível verificar que houve estratificação dos lotes da cultivar IPR 114 (Tabela 8) de forma similar a obtida no teste de germinação padrão (Tabela 5), sendo o lote 1 de maior vigor e os demais, sem diferir entre si, de menor vigor. Os lotes da cultivar S-395 não apresentaram diferenças significativas, da mesma forma que não foram encontradas diferenças entre lotes no teste de germinação padrão para esta cultivar (Tabela 5). A quantidade de lixiviados, após 16 horas, aumentou tornando-se perceptível e capaz de estratificar os lotes em função da germinação, com o uso do ponto de corte proposto. Essas informações indicaram de que o período de 24 horas foi o mais adequado para estimar a germinação das sementes de milho através da condutividade elétrica individual. O que corrobora as informações prestadas por Ribeiro (1999) e Hamman et al. (2001), ambos trabalhando com sementes de soja, indicaram o período de 24 horas como o mais eficiente para determinar o potencial de viabilidade dos lotes.

Verificou-se também que, a partir de 16 horas de imersão, o teste de condutividade elétrica individual tornou-se mais sensível as diferenças de qualidade entre lotes, caracterizada pela tendência de desagrupamento das médias dos lotes nos períodos (Tabela 8), o que pode ser melhor observado no período de 24 horas, estes resultados ratificam os encontrados por Gotardo et al. (2001).

A análise de variância dos dados obtidos através do teste de condutividade elétrica individual para estimar vigor de sementes de milho, utilizando o valor de corte de $90\mu\text{S}$, para os cinco lotes e seis períodos avaliados, estão apresentados na Tabela 9. Através da qual se

pode observar que houve interação significativa entre os fatores lote x período.

Tabela 9. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica individual para estimar vigor em sementes de seis lotes de milho. UFSM, 2010.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		IPR 114	S-395
Lote	4	34,82**	27,25**
Período	5	4047,24**	1027,46**
Lote x período	20	35,53**	35,61**
Erro	90	1,92	2,47
CV (%)		1,73	1,86

**Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Na Tabela 10, observa-se tendência dos valores do vigor estimado diminuir em função da duração dos períodos de imersão adotados. Esse decréscimo na percentagem de sementes se deve a elevação da quantidade de eletrólitos no meio aquoso, uma vez que as sementes com lixiviação acima do valor de corte estabelecido não foi computada como sementes capaz de formar plântula normal, nas condições em que foi baseado o teste. Esta resposta das sementes ao período de imersão também foi observada por Ribeiro (1999), ao trabalhar com sementes de milho.

Os períodos de imersão estudados permitiram diferenciar níveis de vigor entre os lotes, porém com variações na ordem de classificação.

Pela análise dos dados da cultivar IPR 114 foi constatado, que a partir de quatro horas de imersão, os lotes começaram a mostrar diferenças significativas, sendo o lote 2 apresentado como menos vigoroso, diferindo significativamente dos demais lotes, classificados como de maior vigor (Tabela 10). No período de oito horas, além do lote 4, o

lote 5 mostrou-se inferior estatisticamente aos demais lotes. Essa estratificação dos lotes, no período de 8 horas, assemelha-se a encontrada no teste de primeira contagem do teste de germinação (Tabela 5). Porém, no período de 16 horas, foi possível verificar a estratificação dos lotes de maior e de menor vigor, não estabelecendo, de forma clara, a ordem dos lotes de vigor intermediário. Por sua vez, o período de 24 horas de imersão das sementes permitiu estratificação dos lotes de acordo com a obtida no teste de frio sem solo, que foi o teste utilizado para a determinação do valor de corte utilizado para estimar vigor das sementes, sendo os lotes 1 e 2 os de maior vigor, o lote 5 o que apresentou menor vigor e os demais, 3 e 4, de vigor intermediário. Essa variação na ordem de classificação dos lotes foi similar a encontrada no estudo sobre a possibilidade de redução do período de imersão das sementes de soja no teste de condutividade elétrica individual (Dias e Marcos Filho, 1996), sendo que, os autores ressaltaram que com a redução do tempo, nos diferentes pontos de corte utilizados, ocorreram modificações no comportamento dos lotes.

Para os lotes da cultivar S-395, a partir de 8 horas de imersão começaram a surgir diferenças significativas entre lotes (Tabela 10). Neste período foi possível observar estratificação dos lotes 2 e 5 com menor vigor e os demais com maior vigor. Porém, quando da utilização do período de 16 horas ocorreu estratificação dos lotes de forma similar a encontrada no teste de primeira contagem de germinação (Tabela 5), semelhante a que ocorreu para o cultivar IPR 114 no período de 8 horas. Esse fato merece atenção, pois ao se diminuir o ponto de corte, pode-se avaliar outras características dos lotes e chegar até mesmo a uma nova forma de avaliar o vigor das sementes. No entanto, ao se avaliar o vigor dos lotes no período de 24 horas obteve-se classificação similar aquela do teste de frio sem solo, sendo os lotes 1, 2, 3 e 4 os que apresentaram maior vigor e o lote 5 o menor vigor.

Contudo, observou-se que foi no período de 24 horas que as diferenças encontradas

apresentaram-se similares as do teste de frio sem solo (Tabela 5), um teste reconhecido e tradicionalmente empregado em laboratórios como teste para avaliar o vigor de sementes de milho (Krzyzanowski et al, 1991). Estes resultados vem ao encontro aos observados por Sampaio et al. (1995) que recomendaram o período de 24 horas de imersão para a leitura da condutividade elétrica individual, utilizando o ASAC 1000.

Com base nesses resultados pode-se observar que a duração do período de imersão das sementes teve efeito na capacidade do teste de CE em distinguir diferenças de vigor entre lotes.

Tabela 10. Valores médios ($\mu\text{s cm}^{-1}$) do vigor estimado através do teste de condutividade elétrica individual para as sementes de milho, utilizando valor de corte de $90\mu\text{S}$, dos cinco lotes, das cultivares IPR 144 e S-395, em cada período de imersão em água. UFSM, 2010.

Cultivar	Lote	Período de imersão (horas)					
		1	2	4	8	16	24
IPR 114	1	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	92 aB	73 aC
	2	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	91 aC	76 aD
	3	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	90 abB	65 bC
	4	100 aA	100 aA	99 bB	98 bB	87 bcC	64 bD
	5	100 aA	100 aA	100 aA	98 bB	85 cB	58 cC
CV (%)		1,73					
S-395	1	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	98 aB	95 aC
	2	100 aA	100 aA	100 aA	98 bB	98 aB	92 aC
	3	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	95 bB	93 aB
	4	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	95 bC	94 aC
	5	100 aA	100 aA	100 aA	98 bB	96 bB	80 bC
CV (%)		1,85					

*as médias não seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, $p>0,05$.

3.6 CONCLUSÕES

O uso de pontos de cortes definido no teste de condutividade elétrica individual, com uso do equipamento SAD 9000-S, é capaz de estimar a germinação e o vigor das sementes de milho.

O ponto de corte para estimar germinação e vigor de sementes de milho, é 135 μ S e 90 μ S, respectivamente.

A estimativa da germinação e do vigor das sementes de milho pelo teste de condutividade elétrica individual é melhor detectada no período de 24 horas de imersão em água.

3.7 REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N. et al. Testes de vigor para avaliação de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.195-198, 2005.

AGROSCIENCE. Automatic seed analyser soybean data. **Technical Report**, 1981. 8p.

ALBUQUERQUE, M.C.de F.; CARVALHO, N.M. Effects of the environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L. Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.31, p.465-479, 2003.

ALVES, E. et al. 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.

ANFINRUD, N.M.; SCHNEITER, A.A. Relationship of sunflower germination and vigor tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v.24, p.341-344, 1984.

ARANGO, M. R. et al. Evaluación de la metodología de conductividad eléctrica para la predicción de la germinación en semilla de girasol. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 15, Gramado, 28/30 oct. 1996. **Acta**. Gramado: FELAS, CESM/ RS, 1996. p.50.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). 1983. **Seed vigor testing handbook**. Contribution N° 32. Association of Official Seed Analysts. 93 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). 2002. **Seed vigor testing handbook**. Contribution, 32. Association of Official Seed Analysts. 105p.

BEKENDAM, J.; KRAAK, H. L.; VOS, J. Studies on field emergence and vigour of onion, sugar beet, flax and maize seed. **Acta Horticulture**. v.215, p.83-94, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365p.

BRUGGINK H. et al. Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. **Seed Science and Research**, v.1, p.15-20, 1991.

CÍCERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994, p.151-164.

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.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4 ed. New York: Chapman & Hall, 2001. 467p.

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.

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

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

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I - Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do

vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

DIAS, D. C. F. S. et al. 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-VASSALLO, L. M.; QUEIROGA, V. P. Analisis de germinación y vigor de semillas mediante um teste de conductividad eléctrica. **Soc. Española de Horticultura**, (6.880): 8-16, 1987.

FRIGERI, T. Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro. 2007. 77p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

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**, Brasília, v.24, n.2, p.70-76, 2002.

GOTARDO, M.; VIEIRA, R. D.; PEREIRA, L. M. A. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.48, n.277, p.333-340, 2001.

HAMMAN, B. H.; HALMAJAN, H.; EGLI D. B. Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.29, n.3, p.575-586, 2001.

HAMPTON, J. M.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995. 117p.

HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, v.12, n.2, p.403-413, 1984.

HETER, V.; BURRIS, J. S. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seeds. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.69, p.763-74, 1989.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zurich: ISTA, 1995. 117p.

KRZYZANOWSKI, F.C. et al. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo Abrates**, Brasília, v.1, n.2, p.15-59, 1991.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANCA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

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

LOPES-VENCES, M. Germinacion de semillas de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) em relacion al test de la conductividad eléctrica. **Tese** (Ph.D en Agronomia) - Universidad politécnica de Madri, 1989.

MARCOS FILHO, J. Importância dos testes de vigor. **SeedNews**, Pelotas, n.6, p.32, 1998.

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

MARCOS FILHO, J. et al. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.12, p.1805-1815, 1990.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (eds). **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES- Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes, p.1.1-1.21,1999.

McDONALD JR., M. B.; WILSON JR, D. O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technologic**, v.4, p.1-11, 1979.

McDONALD JR., M. B.; WILSON, D. O. ASA-610 ability to detect changes in soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.5, n.1, p.56-66, 1980.

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

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1981, p.37-41.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis

and use. **ISTA. News Bulletin**, n.131, p.32-35, 2006.

MENEZES, N. L. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.138-142, 2007.

MURCIA, M. et al. Vigor de semillas y emergencia a campo de girasol (*Helianthus annuus* L.) en siembras anticipadas en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.263-267, 2001

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

NASCIMENTO, W. M. A importância da qualidade de sementes olerícolas. **A lavoura**, Rio de Janeiro, p.38-39, 1994.

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.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001.

PERES, W. L. R. Teste de vigor em sementes de milho. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010. – Jaboticabal, 2010. iv, 50 f.

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.

QUEIROGA, V. P. Efeito do peso da semente de girassol sobre o índice de condutividade elétrica e a predição de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, n.1, p.129-137, 1993

QUEIROGA, V. P.; DURAN, J. M. Avaliação da condutividade elétrica em lotes de sementes de duas cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) com danos mecânicos. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1-2, p.175, 1997.

RIBEIRO, D. M. C. A. Adequação dos testes de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Tese Doutorado**

Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. 116p.

SALINAS, A. R.; et al.. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.2, p.371-379, 2001.

SAMPAIO, T. M. G. Pré-acondicionamento osmótico y recubrimiento de semillas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). **Tese de doutorado**. Universidad Politecnica de Madrid, 1992. – Madri, 1992. 266 p.

SILVA, A. C. S.; SAMPAIO, N. V.; SAMPAIO, T. G. Metodologia para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) através de um analisador automático de sementes modelo Irutron-2000. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.10, n.1, p.122-129, 2005.

SMITH, C. W.; VARNIL, J. J. Fungicide and temperature affect leachate-predicted germination of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.1, p.9-12, 1985.

SCHMIDT, D.H.; TRACY, W.F. Duration of imbibition affects seed leachate conductivity in sweet corn. **HortScience**, v.24, p.346-347, 1989.

TORRES, S. B. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão. 2002. 103p. **Tese Doutorado** – ESALQ, Piracicaba.

TAJBAKSH, M. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling grown in Omid Wheat. **Journal of Agronomy**, v.2, p.67-71, 2000.

TRACY W. F.; JUVIK J. A. Electrolyte leakage and seed quality in a shrunken-2 maize select for improved field emergence. **Journal of Horticultural Science**, v.23, p.391-392, 1988.

VIDIGAL, D. H.; et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, 2008.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.48-85.

VIEIRA, R. D. et al. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. **Seed Technology**, v.27, n.1, p.67-75, 1999.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.9, p.1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D. et al. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia agrícola**, v.61, n.2, p.164-168, 2004.

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

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)