PROCEDIMENTOS PARA A CONDUÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE MILHO

JOSÉ LUÍS DE MARCHI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **SILVIO MOURE CICERO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de
São Paulo, para a obtenção do título de Mestre
em Agronomia, Área de Concentração:
Fitotecnia

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro de 2001

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Marchi, José Luís de

Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de milho / José Luís de Marchi. - - Piracicaba, 2001.
40 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
Bibliografia.

1. Condutividade elétrica 2. Fungicida 3. Semente de milho 4. Teste de vigor 5.
Variedade I. Título

CDD 633.15

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor"

Data de depósito junto à CPG/ESALQ

27 / 11 / 2001

DEDICO

Aos meus pais, Natal e Maria

Aos meus tios, Luiz Antônio e Ivani

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Silvio Moure Cicero, pela orientação dedicada, incentivo e apoio constantes.

Ao Prof. Dr. Walter Rodrigues da Silva e à Dr^a Ana D.L.C. Novembre, pela contribuição e ensinamentos durante o curso.

À Prof^a Dr^a Sônia Maria de Stefano Piedade, pelo precioso auxílio na análise estatística.

À Engenheira Agrônoma Helena M.C.P. Chamma, pela colaboração e amizade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos e pelo suporte financeiro para realização da pesquisa.

À empresa Dow AgroScience, pelo fornecimento das sementes.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação, pelo carinho e motivação.

Às secretárias Ilze Helena C.G. das Neves e Luciane Aparecida Lopes, pela convivência e eficiência.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Sementes.....	14
3.2 Caracterização inicial dos lotes de sementes.....	15
3.2.1 Determinação do grau de umidade	15
3.2.2 Teste de germinação.....	16
3.2.3 Teste de coloração com tintura de iodo.....	16
3.3 Experimento 1.....	16
3.3.1 Teste de condutividade elétrica.....	17
3.3.2 Testes de vigor complementares.....	17
3.3.3 Delineamento experimental.....	18
3.4 Experimento 2.....	20
3.4.1 Delineamento experimental.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Caracterização inicial dos lotes de sementes.....	22
4.2 Experimento 1.....	23
4.3 Experimento 2.....	29
5 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

PROCEDIMENTOS PARA A CONDUÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE MILHO

Autor: José Luís de Marchi

Orientador: Silvio Moure Cicero

RESUMO

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes e em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, com o objetivo de estudar diferentes procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de milho. Para tanto, três lotes de sementes de milho, do cultivar CO 32, com diferentes intensidades de danos mecânicos, foram submetidos ao teste de condutividade elétrica, utilizando-se amostras com 25, 50 e 100 sementes; para cada amostra o teste foi conduzido com sementes previamente escolhidas (eliminando-se aquelas com a presença de danos mecânicos visíveis) e com sementes sem escolha (amostras originais). Paralelamente, foram conduzidos testes de vigor complementares (frio, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em campo), visando estabelecer relações com os procedimentos adotados para a condução do teste de condutividade e, assim, selecionar o procedimento mais adequado para a condução do mesmo. Após definição do procedimento mais adequado, o teste de condutividade elétrica foi conduzido com as sementes dos

três lotes, tratadas com fungicidas (Maxim XL, Captan 750 TS e Vitavax – Thiram 200 SC), inseticidas (K-obiol e Actelic) e associação dos fungicidas e inseticidas, visando verificar a influência dos mesmos na avaliação da condutividade elétrica. Os resultados obtidos permitiram concluir que, com exceção dos tratamentos com 100 sementes sem escolha e 50 sementes com escolha, as demais metodologias mostraram-se adequadas para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes de milho. O tratamento das sementes com os fungicidas Maxim XL, Captan 750 TS e Vitavax – Thiram 200 SC não interferem na condutividade elétrica da solução de embebição das sementes de milho. Por outro lado, de maneira geral, a mistura dos inseticidas K-obiol e Actelic e sua associação com os fungicidas, provocam aumentos naqueles valores; contudo, tal comportamento não provocou alterações na classificação do vigor dos lotes.

PROCEDURES FOR THE CONDUCTION OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST FOR THE EVALUATION OF MAIZE SEED VIGOR

Author: José Luís de Marchi

Adviser: Silvio Moure Cícero

SUMMARY

The research was conducted at the Seed Analysis Laboratory and in an experimental area of the Vegetal Production Department at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, with the objective of studying different procedures for the bulk conductivity test for the evaluation of vigor in maize seeds. For this experiment, three seed lots of CO32 hybrid, with different levels of mechanical damages were submitted to the electrical conductivity test, using samples with 25, 50 and 100 seeds. For each sample the test was conducted with previously chosen seeds (the ones with no visible mechanical damages) and with seeds without previous choice (original samples). Simultaneously complementary vigor tests were conducted (cold test, accelerated aging, and field emergence) with the aim of establishing relations with the adopted procedures on the conduction of the conductivity test and, by this way, to select the most adequate procedure for the conduction of the conductivity test. After the definition of the most adequate procedure, the bulk conductivity test was done with the three seed lots treated with fungicides

(Maxim XL, Captan 750 TS and Vitavax – Thiram 200 SC), inseticides (K-obiol and Actelic) and the association of both, with the aim of verifying the influence of then on the evaluation of bulk conductivity. The results obtained, showed that, with the exception of the procedures which used 100 seeds without previous choice and 50 seeds with choice, all the procedures were efficient for the conduction of the electrical conductivity test for maize seeds. The maize seeds treatment with the fungicides Maxim XL, Captan 750 TS and Vitavax – Thiram 200 SC didn't interfere on the conductivity of the solution, otherwise, in a general way, the mixture of the inseticides K-obiol and Actelic, and their association with the fungicides, increase those values, however the seeds chemical treatment didn't cause changes on the lots vigor classification.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação do potencial fisiológico das sementes é realizada rotineiramente através do teste de germinação. Entretanto, em razão de suas limitações, principalmente quanto à menor sensibilidade para a diferenciação da qualidade e à freqüente discrepância dos resultados em relação à emergência das plântulas em campo, cada vez mais esforços tem se concentrado na busca de testes de vigor que possibilitem respostas complementares aos resultados do teste de germinação e a obtenção de informações confiáveis.

Além do que, o aumento da atividade produtora de sementes no Brasil, nos últimos anos, tem levado as empresas produtoras de sementes a buscarem o aprimoramento técnico de suas atividades e, conseqüentemente, o incremento no controle de qualidade. Assim, avaliações rápidas, que permitam a obtenção de informações sobre a qualidade fisiológica das sementes, são muito importantes para a tomada de decisões nas diferentes etapas do processo produtivo.

Para que um determinado teste de vigor seja considerado adequado e eficiente, é necessário que haja fundamentação de base teórica consistente, que os resultados sejam reproduzíveis e que estejam relacionados com a emergência das plântulas em campo, sob variadas condições de ambiente.

Entre os testes de vigor que mais vem sendo utilizados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, destaca-se o teste de condutividade elétrica, sendo utilizado satisfatoriamente para avaliar o vigor das sementes de algumas espécies, como por exemplo, ervilha e soja. Entretanto,

pesquisas conduzidas, visando avaliar os procedimentos para a condução do referido teste têm suscitado dúvidas que ainda não foram devidamente esclarecidas como, por exemplo, se o teste deve ser conduzido com sementes previamente escolhidas (sem danos mecânicos visíveis) e se o tratamento químico (inseticida e fungicida) interfere nos valores da condutividade elétrica, especialmente para sementes de milho, espécie para a qual as informações sobre este teste são escassas.

Assim, o presente trabalho foi conduzido com o propósito de estudar os procedimentos adotados na condução do teste de condutividade elétrica, no que diz respeito ao número de sementes da amostra, à escolha de sementes e ao tratamento químico (inseticidas, fungicidas e associação de ambos).

2 REVISÃO DE LITERATURA

A deterioração é definida como toda e qualquer transformação degenerativa na semente (Abdul-Baki & Anderson, 1972); é um processo inevitável e contínuo, de progresso variável entre espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote. Essas transformações podem ser de origem bioquímica, física ou fisiológica (Delouche & Baskin, 1973). Ainda, segundo Viera & Carvalho (1994), o processo de deterioração ainda não é totalmente conhecido, contudo, a consequência inicial seria a desestruturação do sistema de membranas celulares.

O vigor de sementes compreende aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla faixa de condições ambientais (AOSA, 1983), ou ainda, pode ser definido como a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula (ISTA, 1995).

Conforme Marcos Filho et al. (1987), o objetivo básico dos testes de vigor é avaliar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes que apresentem poder germinativo semelhante, pois, observa-se que lotes de semente apresentando germinação semelhante, frequentemente, exibem comportamentos distintos no armazenamento e no campo.

Assim, o maior 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 e sensível será o teste, completando assim, as informações obtidas através do teste padrão de germinação (AOSA, 1983).

Como um único teste não consegue avaliar, simultaneamente, todos os aspectos de vigor que podem afetar o estabelecimento das plântulas em campo, vários testes de vigor têm sido propostos, uma vez que, a deterioração de sementes e a conseqüente queda de vigor, manifestam-se de diferentes formas.

Entretanto, segundo Carvalho (1986), apenas alguns testes foram considerados mais adequados pela AOSA (1983), sendo: crescimento de plântulas, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, frio, tetrazólio e condutividade elétrica. Deve-se salientar que, embora as informações fornecidas por estes testes sejam de grande utilidade nos programas de controle de qualidade interno, o seu emprego, como rotina em laboratórios, depende, principalmente, de sua padronização, já que os resultados obtidos devem ser reproduzíveis entre laboratórios (McDonald Jr., 1980).

Dentro do escopo e dos objetivos da presente pesquisa, será dada atenção à metodologia de condução do teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de lotes de sementes de milho.

O trabalho pioneiro de Osterhout (1922)¹ citado por Dias (1994) serviu de base para o uso da condutividade elétrica para a determinação da viabilidade das sementes. Usando essa técnica Fick & Hibbard (1925)², citados

¹ OSTERHOUT, W.J.V. **Injury, recovery, and death, in relation to conductivity and permeability.** J.B. Lippincott Co. at the Washington Square Press, Philadelphia, PA., 1922.

² FICK, G.L.; HIBBARD, R.P. A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. **Michigan Academy Science, Arts and Letters**, n.5, p. 95-103, 1925.

por Powell (1986), estudaram a relação entre viabilidade e condutividade elétrica em sementes de forrageiras. Hampton et al. (1992) referindo-se a Matthews & Bradnock (1967) e a Bradford (1974), mencionaram que o teste de condutividade elétrica (ISTA, 1982) foi primeiramente adaptado para medir a viabilidade de sementes de algodão, o qual havia sido anteriormente desenvolvido para prever a emergência de sementes de ervilha no campo.

Vários estudos sobre a condutividade elétrica com sementes de diversas espécies foram conduzidos visando avaliar a qualidade fisiológica, destacando-se: algodão, ervilha, feijão, milho e a soja (Viera & Krzyzanowski, 1999).

Segundo Hampton (1992) o teste de condutividade elétrica foi recomendado para a avaliação do vigor de sementes de ervilha na Europa e na Nova Zelândia. Este teste e o de envelhecimento acelerado são os únicos testes de vigor recomendados pelo comitê de vigor da ISTA (Hampton & Tekrony, 1995; Viera & Krzyzanowski, 1999).

De acordo com os comitês de vigor da AOSA (AOSA, 1983), da ISTA (Hampton & Tekrony, 1995) e da ABRATES (Krzyzanowski et al., 1991), seguindo-se a metodologia adequada, o teste de condutividade elétrica, para sementes de ervilha (Matthews & Powell, 1981; Hampton & Tekrony, 1995) e de soja (Marcos Filho et al., 1990; Krzyzanowski et al., 1991; Vieira, 1994) tem proporcionado resultados reprodutíveis dentro e entre laboratórios. Assim sendo, a AOSA (AOSA, 1983) e a ISTA (Hampton & Tekrony, 1995) o recomendaram como teste de vigor para sementes de ervilha e o sugeriram para sementes de soja. Entretanto, no Brasil o teste é utilizado preferencialmente para sementes de soja, uma vez que se dispõe de maiores informações sobre esta espécie (Viera, 1994). Porém, deve-se pesquisar o seu uso, como teste de rotina, para as demais espécies. Pode-se para tanto citar Barbedo & Cicero (1998) que estudaram este teste para a previsão do potencial germinativo de sementes de ingá.

No teste de condutividade elétrica, a qualidade é avaliada através da liberação de íons durante a embebição das sementes, que por sua vez, está diretamente relacionada à integridade das membranas celulares, tendo assim, sido proposto como um parâmetro para a avaliação da qualidade das sementes (Matthews & Powell, 1981; AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987; Vieira, 1994).

Trata-se de um teste de vigor bastante promissor em termos de padronização, pois preenche alguns requisitos básicos relacionados por Matthews & Powell (1981), dentre os quais destacam-se: fundamentar-se em base teórica consistente, proporcionar resultados reproduzíveis e, muitas vezes, correlacionados com a emergência em campo, além de envolver procedimento simples, de baixo custo e fornecer resultados com rapidez.

Contudo, estudos conduzidos pelo Comitê de Vigor da ISTA constataram variações nos resultados entre laboratórios devido a problemas de metodologia (Perry, 1981).

Como fatores que podem afetar os resultados do teste, pode-se mencionar: qualidade da água, temperatura e duração do período de embebição, grau de umidade e número de sementes testadas (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988; Hampton, 1992; Viera, 1994).

De acordo com trabalhos de pesquisa, também são mencionadas diferenças quando se consideram diferentes genótipos dentro de uma mesma espécie. Tais efeitos foram verificados em ervilha por Bradford (1974) e Gaspar (1974), citados por AOSA (1983), em milho por Tao (1980), em soja por Marcos Filho et al. (1990) e Viera et al. (1996). Isto acontece devido ao fato de que certas características hereditárias do cultivar podem mascarar as diferenças de vigor entre genótipos (AOSA, 1983).

O efeito da temperatura sobre a embebição e lixiviação pode estar relacionado com alterações na viscosidade da água, interferindo tanto na quantidade como na velocidade de liberação dos exsudatos. Tao (1978) e Loeffler et al. (1988) observaram aumentos significativos na condutividade

elétrica em função do aumento da temperatura de embebição de sementes de soja, sendo que este efeito ocorre na magnitude do valor da condutividade, porém sem alterar a classificação dos lotes.

Algumas pesquisas têm sido conduzidas empregando o teste de condutividade para avaliação de injúria por embebição à baixa temperatura. Assim, Swamy & Narasimha Reddy (1977) constataram em sementes de amendoim embebidas a 10, 20, 30 e 40°C, aumento na perda de solutos em temperaturas mais baixas, o que provavelmente está relacionado às injúrias ocorridas durante a embebição. Resultados semelhantes foram demonstrados por Perry & Harrison (1970), Senaratna & McKersie (1983) e Powell et al. (1986). Por outro lado, Bochicchio et al. (1991) não observaram o mesmo comportamento em sementes de milho embebidas a 5°C e a 25°C.

De acordo com Loeffler et al. (1988), quantidades semelhantes de eletrólitos foram liberados por sementes de soja embebidas em temperaturas de 15, 20 e 25°C; contudo, 5°C de alteração na temperatura da solução antes da avaliação, pode interferir significativamente nos resultados de condutividade elétrica. Portanto, os autores recomendaram que a avaliação deve ser efetuada imediatamente após a retirada das amostras da câmara, o que pode ser obtido mediante a remoção gradual das amostras (8 a 10 recipientes de cada vez).

Quanto à duração do período de embebição para as espécies de sementes grandes recomenda-se um período de 24 horas (Viera & Krzyzanowski, 1999). Porém, quando se avaliam lotes de sementes de soja, com grande diferença de vigor entre eles, podem ser utilizados períodos de embebição menores (Loeffler, 1988; Marcos Filho et al., 1990; Dias, 1994). Contudo, deve-se considerar a variabilidade na permeabilidade existente no tegumento de sementes de soja de genótipos distintos (Costa et al., 1984; Vieira et al., 1983) e, sendo assim, um período de 24 horas permitirá que todas as sementes lixiviem. Neste sentido, Matthews & Bradnock (1968), avaliando a condutividade elétrica de sementes de ervilha, verificaram que períodos de embebição superiores a 24 horas não promoveram uma separação eficiente

dos lotes quanto ao vigor, permitindo concluir que este período (24 horas) foi adequado para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes.

Loeffler et al. (1988) estudaram diferentes períodos de embebição na condutividade elétrica de sementes de soja e constataram que lotes com níveis extremos de vigor podem ser separados após 6 horas de embebição; entretanto, um período mais longo (de 18 a 24 horas) foi necessário para detectar diferenças menos acentuadas entre todos os lotes estudados, estando de acordo com as recomendações da ISTA (Matthews & Powell, 1981) e da AOSA (1983).

Deve-se salientar que, com sementes de outras espécies, como aquelas consideradas como de sementes pequenas (como as olerícolas), o período de embebição pode ser bem menor. Por exemplo, sementes de espécies como aipo, alface e cenoura, apresentaram 90% da lixiviação de potássio em 5 a 15 minutos, enquanto que em colza, ervilha e girassol isso ocorreu entre 14 e 16 horas (Simon & Mathavan, 1986).

Quanto ao grau de umidade das sementes tem-se mostrado uma relação inversa com a condutividade (Tao, 1978; Loeffler, 1988; Hampton et al., 1992; Carvalho, 1994). Pesquisando a referida matéria, Tao (1978) verificou que sementes de soja com umidades iniciais de 13, 15 e 19,5% apresentaram valores semelhantes de condutividade; entretanto, houve aumento significativo nas leituras quando o conteúdo de água das sementes foi inferior a 8,8%, o que fez com que o citado autor sugerisse a condução do teste com sementes com umidade superior a 13%. Loeffler et al. (1988) obtiveram resultados semelhantes também com soja, indicando que a umidade inicial inferior a 11% contribuiu para o aumento da condutividade, enquanto pequenas diferenças ocorreram quando os níveis de umidade permaneceram entre 11% e 18 %. Esses autores mencionaram que tal problema pode ser minimizado através da uniformização do conteúdo inicial de água das sementes, antes do início do teste, ou através do estabelecimento de um fator de correção que permita o ajuste das medidas de condutividade a um grau de umidade padrão.

Quanto à qualidade da água empregada no teste, Tao (1978) e Loeffler (1981), trabalhando com sementes de soja, verificaram que não houve diferenças significativas nas avaliações de condutividade tanto utilizando-se água deionizada como destilada, todavia, ressalta-se a importância da utilização de água com qualidade controlada.

A presença de patógenos associados às sementes, bem como, a realização de tratamento fungicida também têm sido relacionados como parâmetros que podem interferir nos resultados de condutividade elétrica. Não foi constatado por Loeffler et al. (1988) aumento na condutividade de sementes de soja sem danos mecânicos com elevados níveis de *Phomopsis* sp. ou *Cercospora kikuchii*; contudo, sementes danificadas e infectadas exibiram alta liberação de eletrólitos. Com relação ao tratamento fungicida, os autores concluíram que Captan-80, Arasan-50 e Vitavax 200 tiveram pequeno efeito nos resultados de condutividade, permitindo sugerir que a remoção dos produtos químicos relativos ao tratamento das sementes utilizando-se lavagens com metanol antes do teste (AOSA, 1983), pode ser desnecessária, especialmente, para estes fungicidas testados. Contudo, os autores ainda chamam atenção quanto a necessidade de constante precaução quando da utilização de novos fungicidas (aqueles recém lançados no mercado), ou outros tipos de pesticidas (inseticidas ou bactericidas, por exemplo). Por outro lado, Tao (1980) após remover fungicidas em sementes de milho constatou alterações na classificação dos lotes quanto ao vigor.

Zhang & Hampton (1999) estudaram o efeito dos fungicidas Aliette Super (fosetyl-alumínio + thiram + thiabendazole), Apron 35SD (metalaxyl) e Apron TZ (metalaxyl + thiabendazole) e Captan, sobre os resultados de condutividade elétrica em sementes de feijão e soja. Concluíram que, nas doses recomendadas, os valores de condutividade não diferiram daqueles observados para as sementes que não sofreram nenhum tratamento químico. Contudo, quando a dosagem recomendada dos três fungicidas sistêmicos foi

dobrada, os valores de condutividade elétrica diferiram significativamente daquelas que não sofreram tratamento químico.

O tamanho da semente também é outro fator importante que pode afetar os resultados do teste de condutividade elétrica. Tao (1978) observou acréscimos significativos na condutividade, medida em μmho , quando trabalhou com sementes de soja, em função do aumento no tamanho das sementes. Porém, quando os resultados foram expressos com base no peso das sementes ($\mu\text{mho/cm/g}$) o efeito do tamanho praticamente desapareceu. Loeffler (1981) e Hepburn et al. (1984) propuseram que os resultados do teste fossem expressos por unidade de peso das sementes, contribuindo assim para a padronização e a comparação entre resultados obtidos em diferentes laboratórios. Deswal & Sheoran (1993), considerando que a maioria dos estudos de condutividade elétrica têm sido realizados com espécies de sementes grandes, realizaram testes com sementes pequenas e observaram que a liberação de eletrólitos foi pouco expressiva. Os resultados indicaram que em exsudatos muito diluídos o sistema de massa não mostrou sensibilidade em termos de avaliação da qualidade fisiológica das sementes.

Loeffler (1981) avaliou, em sementes de soja, o efeito do tamanho da amostra nas leituras de condutividade elétrica após 24 horas de embebição à 25°C e constatou que a condutividade aumentou de 16 para 1870 $\mu\text{mho/cm}$ quando o número de sementes aumentou de 1 para 150 em 75 mL de água. Por outro lado, quando a condutividade foi expressa em $\mu\text{mho/cm/g}$ houve tendência de alterações nas leituras obtidas nas amostras, o que sugere que semelhantes concentrações de eletrólitos lixiviam de cada grama de semente, em um volume constante de água, independentemente do número de sementes presentes.

Loeffler et al. (1988) avaliaram o efeito de diferentes níveis de vigor nos resultados de condutividade, utilizando amostras de 25, 50 e 100 sementes de soja e verificaram menor variação entre as leituras quando foram empregadas 4 repetições de 50 sementes ou mais, em todos os níveis de vigor,

especialmente para lotes de menor qualidade fisiológica. Nesta mesma linha, Hampton et al. (1992) estudaram as diferenças em valores de condutividade elétrica, quando consideradas diferenças no número de sementes e de repetições para feijão mungo, soja e feijão francês; utilizaram para as três espécies a seguinte metodologia: duas repetições de 50 sementes (2x50), quatro repetições de 50 sementes (4x50) e quatro repetições de 25 sementes (4x25), embebidas em 250 mL de água deionizada à 20°C por 24 horas e, também, uma amostra de 4x25 embebidas em 75 mL de água deionizada à 20°C por 24 horas. Os resultados não indicaram diferenças significativas entre 4x25, 2x50 e 4x50, porém, para as 4 repetições de 25 sementes embebidas em 75 mL de água, os valores de condutividade foram significativamente maiores do que para as mesmas 4 repetições de 25 sementes embebidas em 250 mL.

Quanto ao fato de selecionar ou não as sementes para a condução do teste, a presença de sementes danificadas mecanicamente pode levar a avaliações incorretas (Tao, 1978 e 1980; AOSA, 1983 e Marcos Filho et al., 1987). Para minimizar este problema, recomenda-se a escolha das sementes excluindo-se aquelas danificadas. Tao (1978) verificou que a presença de duas sementes de soja apresentando danificações visuais em uma amostra de 25 sementes, promoveu aumentos significativos nas leituras de condutividade elétrica, fato este que levou a sugestão de se eliminar as sementes danificadas da amostra se sua proporção for superior a 10%. Contudo, alguns pesquisadores não concordam com tal procedimento. Oliveira et al. (1984) afirmaram que a remoção destas sementes exclui do teste uma das principais causas de redução de emergência de plântulas em campo e, para que o teste tenha valor prático e possa ser utilizado rotineiramente, elas deveriam ser incluídas na avaliação. Loeffler et al. (1988), bem como, Vieira & Krzyzanowski (1999), em recente e detalhada revisão sobre o teste de condutividade, consideraram impraticável e subjetivo identificar visualmente as sementes danificadas ou doentes e sugeriram a realização do teste a partir de sementes fisicamente puras. Neste caso, o tamanho da amostra deve ser maior, de forma

a diluir os efeitos de eventuais sementes danificadas. Loeffler et al. (1988), trabalhando com 20 lotes de sementes de soja, constataram que com o aumento do número de sementes testadas de 25 para 50 por repetição verificou-se redução nos coeficientes de variação do teste, de 19,0 para 9,8%, respectivamente, mesmo sem escolha prévia das sementes.

McKeen & MacDonald (1976) estudando os efeitos de injúrias mecânicas sobre a lixiviação de solutos e emergência de plântulas em campo, em sementes de milho, submeteram as sementes a diferentes tempos de escarificação, utilizando um dispositivo pneumático de agitação e verificaram que as leituras de condutividade elétrica das sementes que foram submetidas a tempo de escarificação de 20 e 40 segundos foram 52 e 83% maiores, respectivamente, do que aquelas sementes sem nenhum tipo de injúria mecânica.

Tao (1980) trabalhando com sementes de milho, sugeriu a exclusão de sementes danificadas do teste, pois a lixiviação excessiva, resultante da alta porcentagem de sementes danificadas poderia levar um lote de vigor elevado a uma classificação de baixo vigor; recomendou a avaliação do número de sementes danificadas para complementar os resultados de condutividade elétrica.

Fratin (1987) trabalhando com sementes de milho observou que a única vantagem da eliminação de sementes danificadas do teste, deveu-se à redução dos coeficientes de variação, indicando menor variabilidade entre repetições, pois todos os tratamentos com ou sem escolha de sementes apresentaram concordância quanto à ordenação dos lotes em níveis de vigor.

Apesar de persistirem algumas dificuldades quanto à padronização das variáveis envolvidas no teste de condutividade elétrica e que podem interferir na precisão dos resultados obtidos, nenhuma delas é incontornável, permitindo assim, a possibilidade de se alcançar elevada padronização e uniformidade de resultados no referido teste (Dias, 1994). Em trabalho de aferição de testes de vigor para sementes de feijão, Dias & Barros (1992)

afirmaram ser de grande importância o aperfeiçoamento da metodologia do teste de condutividade e consideraram como uma das principais fontes de variações, a dificuldade na seleção de sementes íntegras.

Especificamente com relação ao milho, Gill & Delouche (1973)³, citados por Dias (1994), constataram correlação entre vigor de sementes e o teste de condutividade elétrica, assim como, Tao (1980), que ao estudar seis lotes de sementes de milho de dois cultivares referiu-se ao teste de condutividade como sendo adequado para sementes de milho e com grande potencial para diferenciação de níveis de vigor, além de se correlacionar com a emergência de plântulas em campo; porém Bradnock (1975) mencionou a dificuldade do teste ser reproduzível entre laboratórios, apesar de ser capaz de diferenciar níveis de vigor em sementes de milho.

Nota-se, portanto, que mesmo sendo um teste bastante estudado, sobretudo para sementes de ervilha e soja, espécies para o qual é indicado pela ISTA e AOSA, ainda persistem algumas dúvidas quanto a sua utilização para sementes de outras espécies, sobretudo, para o milho, no que concerne a necessidade ou não de escolha das sementes, o número de sementes por amostra e, especialmente, quanto à influência do tratamento químico nos valores de condutividade. Essas observações ressaltam a necessidade da continuidade de pesquisas destinadas à avaliação do vigor de sementes dessa importante espécie.

³GILL, N.S.; DELOUCHE, J.C. Deterioration of seed corn during storage. **Procedures of Association Seed Analysts**, v.63, n.1, p35-50, 1973.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP (LPV/ESALQ/USP), Piracicaba-SP. A primeira etapa (experimento 1), conduzido em duas épocas (setembro/outubro de 2000 e fevereiro/março de 2001), compreendeu o estudo de diferentes procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica e a realização dos testes de envelhecimento acelerado, de frio e emergência de plântulas em campo (testes de vigor complementares), com o intuito de se proceder o estabelecimento de relações entre os diferentes procedimentos utilizados para o teste de condutividade elétrica com os demais testes de vigor citados e, também, a seleção do procedimento mais adequado para a condução do referido teste. A segunda etapa (experimento 2), também conduzida em duas épocas (novembro/dezembro de 2000 e março/abril de 2001), teve como propósito a avaliação da interferência, nos valores de condutividade elétrica, do tratamento das sementes com fungicidas, inseticidas e a associação de ambos; para tanto, utilizou-se a metodologia selecionada no experimento 1.

3.1 Sementes

Foram utilizadas sementes de milho do cultivar CO 32, produzidas na safra de 2000/2001, fornecidas pela empresa Dow AgroScience, sem tratamento químico de qualquer espécie.

Visando a obtenção de lotes de sementes com diferentes intensidades de danos mecânicos, a colheita foi realizada com alterações na regulagem da máquina debulhadora, de maneira que foram obtidas sementes com 7% de danos mecânicos (lote 1), sementes com 15% de danos mecânicos (lote 2) e sementes com 30% de danos mecânicos (lote 3), quantificados pelo teste de amaranthus, realizado pela própria empresa produtora das sementes.

Após a recepção, as sementes foram classificadas por tamanho (largura), através da passagem por jogo manual de peneiras, sendo utilizadas para a condução do experimento 1, sementes correspondentes ao tamanho 20/64 avos de polegada e, para o experimento 2, sementes de tamanho 22/64 avos de polegada. Tal procedimento foi adotado devido às maiores quantidades de sementes das respectivas peneiras citadas.

Durante o período experimental, as sementes permaneceram armazenadas em embalagens de papel tipo "Kraft", em câmara regulada a 20°C e 50% de umidade relativa do ar (UR).

3.2 Caracterização inicial dos lotes de sementes

3.2.1 Determinação do grau de umidade

Efetuada em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, segundo as instruções das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), utilizando-se duas amostras para cada lote, com aproximadamente 2,0 gramas de sementes cada. Os resultados, em base úmida, foram expressos em porcentagem média para cada lote.

3.2.2 Teste de germinação

Foi conduzido de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), com oito repetições de 50 sementes para cada lote, em rolos de papel toalha, em germinador regulado à 25°C. A quantidade de água adicionada foi equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. As contagens foram realizadas no 3º e 7º dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais.

3.2.3 Teste de coloração com tintura de iodo

Foi conduzido de acordo com metodologia proposta por Marcos Filho et al. (1987), com exceção da concentração da solução de iodo, onde, duas repetições de 100 sementes para cada lote foram colocadas em contato com solução de tintura de iodo a 0,08%, durante cinco minutos; após o referido período a solução foi eliminada e as sementes lavadas em água corrente. A determinação de danos físicos visíveis no pericarpo das sementes foi avaliada pela formação de coloração azul, resultante da reação entre o iodo e o amido endospermático. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes injuriadas por amostra.

3.3 Experimento 1

O experimento 1 teve o objetivo de estudar os efeitos da escolha de sementes (amostras originais x amostras com eliminação visual das sementes danificadas mecanicamente) e do número de sementes por amostra, sobre os valores de condutividade elétrica das soluções de embebição relativas aos três lotes de sementes com diferentes intensidades de danos mecânicos.

3.3.1 Teste de Condutividade elétrica

As sementes de cada lote foram submetidas ao teste de condutividade elétrica, realizado em linhas gerais, de acordo com a metodologia proposta pelo Comitê de Vigor da AOSA (1983). Contudo, foram testadas três quantidades de sementes por amostra (25, 50 e 100 sementes) com sementes previamente escolhidas (eliminando-se aquelas com pericarpos danificados) e com sementes sem escolha (amostras originais).

Para a escolha, as sementes foram examinadas individualmente, com o auxílio de lente de aumento de três vezes, sendo eliminadas aquelas que apresentassem qualquer rompimento no pericarpo.

Assim, quatro repetições com 25, 50 e 100 sementes provenientes de cada lote foram pesadas com precisão de 0,01 gramas, imersas no interior de copos plásticos com capacidade de 150 mL, onde, adicionou-se 75 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram submetidas a período de embebição por 24 horas em germinador, à temperatura de 25°C. As leituras da condutividade elétrica da solução foram feitas em aparelho Digimed CD-20 e os resultados foram expressos em $\mu\text{mho/cm/g}$, obtendo-se a condutividade média por lote.

3.3.2 Testes de vigor complementares

a) Teste de envelhecimento acelerado

Foi conduzido com a utilização de caixas de plástico como compartimento individual; assim, quantidade suficiente de sementes de cada lote foi colocada sobre a tela metálica interna da caixa, cobrindo toda a sua superfície; as caixas, contendo 40 mL de água, foram mantidas em incubadora FANEM mod. 347-F, à 42°C, durante 96 horas. Em seguida, a porcentagem de plântulas normais foi avaliada pelo teste de germinação, com quatro repetições de 100 sementes por lote, seguindo os critérios estabelecidos pelas Regras

para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais por lote.

b) Teste de frio com a utilização de terra

Foi conduzido pelo método convencional, preconizado pela AOSA (1983). A semeadura de quatro repetições de 100 sementes por lote foi realizada em caixas plásticas com dimensões de 47 cm x 30 cm x 11 cm, em substrato constituído pela mistura de 2/3 de areia e 1/3 de terra, proveniente de área cultivada com milho. O substrato foi irrigado com água até atingir 60% da sua capacidade de retenção. Após permanência por período de 7 dias em câmara, regulada à temperatura de 10°C, as caixas foram retiradas e colocadas em condição de ambiente não controlado do LPV/ESALQ/USP, onde permaneceram por sete dias, quando foi procedida a contagem das plântulas emersas. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emersas por lote.

c) Emergência das Plântulas em Campo

O teste foi conduzido em área experimental do LPV/ESALQ/USP, com quatro repetições de 100 sementes para cada lote. O solo foi mantido com umidade suficiente, através de irrigações, para promover a emergência das plântulas. A profundidade de semeadura foi de 3-4 cm. A avaliação foi realizada em contagem única, aos 21 dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas emersas. O resultado foi expresso em porcentagem de plântulas emersas por lote.

3.3.3 Delineamento Experimental

Com relação aos dados obtidos para o teste de condutividade elétrica, foi realizada a análise estatística individual, em blocos casualizados,

com nível de significância de 5% pelo teste de Tukey, para cada combinação de escolha e número de sementes. Para a primeira época, a análise foi feita com quatro repetições; o resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 1. Na segunda época, com o propósito de se aumentar a precisão das análises, os testes foram conduzidos com cinco repetições; o resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 2.

Os dados provenientes dos testes de envelhecimento acelerado, de frio e de emergência de plântulas em campo foram transformados em $\text{arc sen} \sqrt{x/100}$, enquanto que os de condutividade elétrica não sofreram transformação.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos testes de condutividade elétrica, de envelhecimento acelerado, de frio e de emergência de plântulas em campo para a primeira época.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes (L)	2
Resíduo	9
Total	11

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos testes de condutividade elétrica, de envelhecimento acelerado, de frio e de emergência de plântulas em campo para a segunda época.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes (L)	2
Resíduo	12
Total	14

3.4 Experimento 2

O experimento 2 teve o objetivo de verificar a influência do tratamento químico das sementes de milho, com fungicidas, inseticidas e a associação de ambos, nos valores do teste de condutividade elétrica.

Para tanto, as sementes de milho provenientes dos três lotes foram submetidas a tratamentos com fungicidas, inseticidas e a associação de ambos, conforme discriminado na Tabela 3. Após o tratamento, as sementes foram avaliadas pelo teste de condutividade elétrica, utilizando-se a metodologia que melhor se relacionou com os demais testes de vigor complementares.

Tabela 3. Relação dos tratamentos inseticidas e fungicidas e as respectivas dosagens.

Tratamento	Dose (g ou ml/100 kg)
1. Maxim XL ¹	150
2. Captan 750 TS ²	160
3. Vitavax – Thiram 200 SC ³	300
4. K-obiol ⁴ + Actelic ⁵	8 + 1,6
5. Maxim XL + K-obiol + Actelic	150 + 8 + 1,6
6. Captan 750 TS + K-obiol + Actelic	160 + 8 + 1,6
7. Vitavax-Thiram 200 SC + K-obiol + Actelic	300 + 8 + 1,6
8. Testemunha (sem tratamento)	

Nomes Técnicos: ¹ Fludioxonil + Metalaxil; ² Captan; ³ Carboxin + Thiram; ⁴ Deltamethrine + Butóxido de Piperonila; ⁵ Pirimiphos-methyl.

3.4.1 Delineamento Experimental

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 8, com nível de significância de 5% pelo teste de Tukey, composto por três lotes e oito tratamentos, com quatro repetições; os dados de condutividade elétrica não sofreram qualquer transformação. O resumo da análise de variância pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância do experimento 2.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes (L)	2
Tratamentos Químicos (TQ)	7
Interação L x TQ	14
Resíduo	72
Total	95

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização inicial dos lotes de sementes

Na Tabela 5 estão apresentados os dados relativos ao grau de umidade, germinação e danos mecânicos das sementes utilizadas no experimento 1 (peneira 20/64") e experimento 2 (peneira 22/64"). Pelo exame da referida tabela, verifica-se clara tendência de queda na germinação dos lotes de sementes com o aumento da incidência de danos mecânicos. Tais resultados permitem afirmar, para os efeitos do presente trabalho, que o lote 1 é aquele de melhor qualidade fisiológica, o lote 2 de qualidade intermediária e o lote 3 o de pior qualidade fisiológica.

Tabela 5. Grau de umidade, germinação e incidência de danos mecânicos dos lotes relativos às peneiras 20/64" e 22/64".

Lotes	Grau de Umidade (%)		Germinação (%)		Danos Mecânicos (%)	
	Peneira 20/64"	Peneira 22/64"	Peneira 20/64"	Peneira 22/64"	Peneira 20/64"	Peneira 22/64"
1	9,8	9,9	98	98	16	13
2	9,9	10,0	93	92	39	36
3	10,1	10,2	87	85	50	58

4.2 Experimento 1

Na Tabela 6 estão apresentados os dados relativos à condutividade elétrica das soluções de embebição dos diferentes tratamentos utilizados para a condução da primeira época da pesquisa. Pelo exame da referida tabela verifica-se que todos os tratamentos, com exceção daqueles constituídos por 100 sementes sem escolha e 50 sementes com escolha, proporcionaram a mesma classificação dos lotes em dois níveis de potencial fisiológico. Nesse sentido, o lote 1 apresentou valores mais baixos de condutividade elétrica, indicando que essas sementes apresentaram maior vigor, enquanto que, os lotes 2 e 3, os quais não diferiram entre si, apresentaram maiores valores de condutividade sendo, portanto, de menor vigor.

As metodologias que utilizaram 100 sementes sem escolha e 50 sementes com escolha separaram os lotes em três níveis de qualidade fisiológica, sendo que o lote 1 continuou a se caracterizar como o de maior vigor, o lote 2 de vigor intermediário e o lote 3, por sua vez, apresentou-se como o de mais baixo vigor.

Observando-se os dados relativos aos diferentes tamanhos de amostras utilizados nos tratamentos com e sem escolha das sementes (Tabela 6), verifica-se não ter havido muitas variações entre as médias dentro de cada lote; tal comportamento corrobora com os resultados de Hampton et al. (1992), que trabalharam com sementes de feijão mungo, soja e feijão francês e não observaram diferenças significativas entre tratamentos com quatro repetições de 25 sementes, duas repetições de 50 e quatro repetições de 50 sementes.

Ainda, constatou-se que nos tratamentos em que foram eliminadas as sementes com pericarpo danificado, os valores de condutividade foram menores, em valores absolutos, do que aqueles observados quando o teste foi conduzido com sementes fisicamente puras, refletindo maior quantidade de lixiviados na solução de embebição desses tratamentos. Entretanto, a escolha ou não das sementes não provocou, de maneira geral, alterações na

classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor. Tais resultados corroboram com os resultados obtidos por Fratin (1987) e discordam de Tao (1980) que ao estudar sementes de milho, afirmou que a lixiviação excessiva, resultante de sementes danificadas poderia levar um lote de vigor elevado a uma classificação de baixo vigor e, portanto, sugeriu a exclusão de sementes danificadas do teste.

Tabela 6. Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm/g}$) da água de embebição das sementes dos três lotes, observados na primeira época.

Lotes	Escolha					
	Sem Escolha			Com Escolha		
	Número de Sementes			Número de Sementes		
	25	50	100	25	50	100
1	13,73 a*	13,85 a	12,42 a	11,43 a	11,34 a	10,82 a
2	19,47 b	17,80 b	17,65 b	15,25 b	14,17 b	13,75 b
3	21,90 b	23,13 b	22,42 c	18,15 b	17,60 c	16,42 b
C. V. (%)	13,44	18,26	17,44	13,94	12,37	13,67

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Também Tao (1978), trabalhando com sementes de soja, verificou que a presença de duas sementes apresentando danificações visuais em uma amostra de 25 sementes, promoveu aumentos significativos nas leituras de condutividade elétrica, fato este que levou a autora a sugerir a eliminação de sementes danificadas da amostra se sua proporção for superior a 10%. Entretanto Oliveira et al. (1984) afirmaram que a remoção destas sementes exclui do teste uma das principais causas de redução de emergência de plântulas em campo e, para que o teste tenha valor prático e possa ser utilizado

rotineiramente, elas deveriam ser incluídas na avaliação. Nesse sentido, os dados da Tabela 6 corroboram o afirmado por Loeffler et al. (1988), bem como Vieira & Krzyzanowski (1999), os quais consideraram impraticável e subjetivo identificar visualmente as sementes danificadas ou doentes e sugeriram a realização do teste de condutividade elétrica a partir de sementes fisicamente puras.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados obtidos na primeira época, para os três lotes de sementes de milho, relativos aos testes de envelhecimento acelerado, de frio e de emergência de plântulas em campo. Pela análise da referida tabela, verifica-se que os testes de vigor proporcionaram a classificação dos lotes em dois diferentes níveis de qualidade fisiológica. Dessa forma, o lote 1 caracterizou-se como sendo o de maior vigor em relação aos lotes 2 e 3, os quais apresentaram comportamento semelhante entre si.

Tabela 7. Envelhecimento acelerado (E.A.), teste de frio (T.F.) e emergência de plântulas em campo (E.C.) para os três lotes, observados na primeira época.

Lotes	E. A. (%)	T. F. (%)	E. C. (%)
1	68,26 a*	82,28 a	91,37 a
2	38,11 b	62,75 b	82,93 b
3	25,28 b	51,75 b	78,26 b
C. V. (%)	14,16	7,34	3,81

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando-se a análise estatística dos dados de condutividade elétrica (Tabela 6) com aquela obtida para os demais testes de vigor (Tabela 7), verifica-se que, com exceção dos tratamentos que utilizaram 100 sementes sem

escolha e 50 sementes com escolha, todos os demais proporcionaram a mesma separação dos lotes. Desta maneira, pode-se considerar que os tratamentos com 100 sementes sem escolha e 50 sementes com escolha não avaliaram adequadamente o vigor, uma vez que não apresentaram o mesmo comportamento em relação aos demais testes de vigor.

Na Tabela 8 podem ser observados os resultados relativos à segunda época da condução dos testes de condutividade elétrica. O exame da referida tabela permite verificar que o lote 1 foi classificado como sendo o de maior vigor, enquanto que, o lote 2 apresentou-se como sendo de vigor intermediário e o lote 3 de menor vigor.

Tabela 8. Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm/g}$) da água de embebição das sementes dos três lotes de sementes de milho, verificados na segunda época.

Lotes	Escolha					
	Sem Escolha			Com Escolha		
	Número de Sementes			Número de Sementes		
	25	50	100	25	50	100
1	12,44 a*	10,83 a	11,00 a	11,04 a	12,19 a	9,90 a
2	17,68 b	15,21 b	15,34 b	15,03 b	15,30 b	13,35 b
3	22,14 c	19,44 c	21,29 c	18,46 c	16,01 c	15,54 c
C. V. (%)	11,15	11,17	5,32	8,81	8,82	6,52

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De maneira semelhante ao ocorrido na primeira época, os valores de condutividade elétrica observados para os diferentes tamanhos de amostras,

nos tratamentos com e sem escolha, não apresentaram diferenças marcantes entre si, corroborando com o observado por Hampton et al. (1992).

Ainda, em valores absolutos, os dados de condutividade elétrica referentes aos tratamentos com 100 e 50 sementes, foram menores do que aqueles observados para 25 sementes, independente da realização de escolha, concordando com Loeffler et al. (1988), os quais trabalhando com sementes de soja constataram redução nos valores de condutividade elétrica com o aumento do número de sementes testadas por repetição. Tal fato pode ser atribuído à diluição do efeito de eventuais sementes danificadas com o aumento do tamanho das amostras. Contudo, na primeira época (Tabela 6), para os tratamentos sem escolha das sementes, esse comportamento não foi verificado de maneira tão evidente.

Deve-se ressaltar que apesar dos valores absolutos de condutividade elétrica terem, de maneira geral, diminuído com o aumento do número de sementes, tal fato não proporcionou alterações na classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor.

Os dados de condutividade elétrica obtidos na segunda época reafirmaram a possibilidade da condução do teste com sementes fisicamente puras, fornecendo resultados satisfatórios em termos de classificação de lotes, contrariando o afirmado por Tao (1976 e 1980), permitindo a adoção de uma metodologia menos subjetiva e mais rápida (Oliveira et al., 1984; Loeffler et al., 1988; Vieira & Krzyzanowski, 1999).

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados dos testes de envelhecimento acelerado, de frio e de emergência de plântulas em campo relativos a segunda época do experimento 1. Pelo exame da referida tabela verifica-se que o lote 1 foi classificado como sendo o de maior vigor, o lote 3 de mais baixo vigor e o lote 2 de vigor intermediário.

Pela comparação da análise estatística dos dados de condutividade elétrica (Tabela 8) com aqueles referentes aos testes de vigor complementares (Tabela 9) verifica-se que todos os tratamentos utilizados para a condução do

teste de condutividade, proporcionaram a mesma separação dos lotes em três níveis de qualidade fisiológica.

Tabela 9. Envelhecimento acelerado (E.A.), teste de frio (T.F.) e emergência de plântulas em campo (E.C.) para os três lotes, observados na segunda época.

Lotes	E. A. (%)	T. F. (%)	E. C. (%)
1	64,01 a	89,28 a	93,83 a
2	45,38 b	75,66 b	90,40 b
3	24,85 c	63,83 c	84,60 c
C. V. (%)	6,33	4,62	1,16

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Convém ressaltar que o comportamento diferenciado entre os lotes 2 e 3, com relação a expressão do vigor, observado na segunda época, pode ser atribuído aos efeitos do armazenamento sobre a qualidade fisiológica das sementes, manifestando-se pela ocorrência de danos mecânicos latentes no material.

Dessa forma, na primeira época, a comparação dos dados de condutividade elétrica (Tabela 6) com aqueles dos testes de vigor complementares (Tabela 7), mostrou que todos os tratamentos, com exceção dos que utilizaram 100 sementes sem escolha e 50 sementes com escolha, proporcionaram a mesma classificação dos lotes em dois níveis de vigor. Já na segunda época, todos os tratamentos de condutividade elétrica (Tabela 8) proporcionaram a mesma classificação dos lotes, em três níveis de qualidade fisiológica, quando comparados aos outros testes de vigor (Tabela 9).

Então, para a condução do experimento 2, dentre os tratamentos citados, optou-se por aquele que utiliza 50 sementes sem escolha. Tal opção se

justifica pelo fato de que o teste de condutividade elétrica vem sendo conduzido com 50 sementes para outras espécies (Loeffler, 1981; Loeffler et al., 1988; Hampton et al., 1992) e, também, pelo fato de ser mais prático e rápido realizar a análise sem a escolha das sementes (Loeffler et al., 1988; Vieira, 1994; Vieira & Krzyzanowski, 1999).

4.3 Experimento 2

Nas Tabela 10 pode-se observar os dados obtidos para a primeira época do teste de condutividade elétrica conduzido com as sementes tratadas com fungicidas, inseticidas e a associação de ambos. Como se pode observar, os fungicidas, quando utilizados isoladamente, não causaram alterações na condutividade elétrica da solução de embebição.

Por outro lado, o tratamento das sementes com a mistura dos inseticidas e a associação dos mesmos com os fungicidas, com exceção do tratamento Captan 750 TS + K-obiol + Actelic no lote 3, proporcionaram aumentos nos valores de condutividade elétrica da solução de embebição.

O exame da Tabela 10 permite verificar também que o tratamento das sementes com os fungicidas, inseticidas e a associação entre eles não proporcionaram alteração na classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor, uma vez que apresentaram comportamento semelhante ao material não tratado (testemunha).

Os dados relativos ao teste de condutividade elétrica conduzido com as sementes submetidas aos tratamentos com fungicidas, inseticidas e a associação de ambos, na segunda época, encontram-se na Tabela 11. O exame da referida tabela indica que, assim como na primeira época, o tratamento das sementes com os fungicidas não provocaram alterações nos valores médios de condutividade. Por outro lado, com exceção dos tratamentos K-obiol + Actelic no lote 2 e Captan 750 TS + K-obiol + Actelic nos lotes 1 e 2, o

tratamento com a mistura dos inseticidas e a associação dos mesmos com os fungicidas provocou a elevação daqueles valores.

Ainda, pelo exame da Tabela 11, verifica-se que, de maneira similar ao ocorrido na primeira época, a realização do tratamento das sementes com fungicidas, inseticidas e a associação entre ambos não alterou a ordenação dos lotes em diferentes níveis de qualidade fisiológica, os quais se comportaram de maneira semelhante à testemunha (sem tratamento). Tais resultados não corroboram aqueles obtidos por Tao (1980), que após remover os fungicidas Captan e Vitavax – Thiram, em sementes de milho, constatou alterações na classificação dos lotes quanto ao vigor.

Os dados de condutividade elétrica observados nas Tabelas 10 e 11, relativos ao tratamento das sementes com fungicidas, concordam com aqueles obtidos por Loeffler et al. (1988) que estudaram o efeito do tratamento fungicida nas leituras de condutividade elétrica em sementes de soja. Os referidos autores concluíram que os fungicidas Captan-80, Arasan-50 e Vitavax 200 tiveram pequeno efeito nos resultados de condutividade, permitindo sugerir que a remoção dos produtos químicos usados para o tratamento das sementes, pode ser desnecessária, especialmente, para estes fungicidas testados.

De maneira similar, os resultados das Tabelas 10 e 11 corroboram aqueles obtidos por Zhang & Hampton (1999) que estudaram o efeito do fungicida Captan, sobre os resultados de condutividade elétrica em sementes de feijão e soja. Os autores concluíram que, na dose recomendada, os valores de condutividade não diferiram daqueles observados para as sementes de soja e feijão que não sofreram nenhum tratamento químico. Contudo, quando a dosagem recomendada do fungicida foi dobrada, os valores de condutividade elétrica diferiram significativamente das sementes que não sofreram tratamento químico. Portanto, da mesma forma como verificado no presente trabalho, os autores concluíram que, para os produtos testados e nas doses comerciais recomendadas, não houve efeitos sobre a condutividade elétrica das sementes dessas espécies.

O comportamento verificado, tanto na primeira como na segunda época, para os tratamentos que utilizaram a mistura dos inseticidas e a associação dos mesmos com os fungicidas, pode ser, em grande parte atribuído a natureza dos princípios ativos utilizados na fabricação dos inseticidas, os quais, na presença do fungicida Captan 750 TS, têm a sua ação, sobre os valores de condutividade, atenuada. Ainda, esses resultados chamam a atenção para o afirmado por Loeffler et al. (1988), os quais afirmaram a necessidade de constante precaução quando da utilização de novos fungicidas (aqueles recém lançados no mercado), ou ainda, inseticidas ou bactericidas que possam ter efeitos sobre os valores de condutividade elétrica.

Tabela 10. Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm/g}$) da água de embebição das sementes dos três lotes submetidas a diferentes tratamentos químicos, observados na primeira época.

Tratamento	Lote 1	Lote 2	Lote 3
1. Maxim XL ¹	14,39 Aa*	18,60 Ba	23,35 Ca
2. Captan 750 TS ²	15,16 Aa	19,61 Ba	23,94 Ca
3. Vitavax – Thiram 200 SC ³	13,96 Aa	19,83 Ba	24,73 Ca
4. K-obiol ⁴ + Actelic ⁵	20,17 Ab	28,09 Bc	33,42 Cc
5. Maxim XL + K-obiol + Actelic	24,40 Ac	38,56 Bd	36,90 Cc
6. Captan 750 TS + K-obiol + Actelic	18,89 Ab	24,60 Bb	31,90 Cbc
7. Vitavax-Thiram 200 SC + K-obiol + Actelic	26,25 Ac	28,81 Bc	34,63 Cc
8. Testemunha (sem tratamento)	14,77 Aa	20,53 Ba	27,25 Cab
CV (%)	6,32	5,33	7,25

Names Técnicos: ¹ Fludioxionil + Metalaxil; ² Captan; ³ Carboxin + Thiram; ⁴ Deltamethrine + Butóxido de Piperonila; ⁵ Pirimiphos – methyl.

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha e, pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 11. Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm/g}$) da água de embebição das sementes dos três lotes submetidas a diferentes tratamentos químicos, observados na segunda época.

Tratamento	Lote 1	Lote 2	Lote 3
1. Maxim XL ¹	16,01 Aa*	20,38 Ba	28,32 Ca
2. Captan 750 TS ²	16,02 Aa	19,65 Ba	25,65 Ca
3. Vitavax – Thiram 200 SC ³	16,91 Aa	19,11 Ba	26,76 Ca
4. K-obiol ⁴ + Actelic ⁵	21,73 Abc	24,22 Bbcd	31,51 Cbc
5. Maxim XL + K-obiol + Actelic	23,60 Ac	28,76 Bde	35,65 Cc
6. Captan 750 TS + K-obiol + Actelic	18,79 Aab	25,70 Bcd	31,75 Cbc
7. Vitavax-Thiram 200 SC + K-obiol + Actelic	21,88 Abc	30,88 Be	34,70 Cc
8. Testemunha (sem tratamento)	15,56 Aa	21,37 Babc	25,90 Ca
CV (%)	8,21	8,47	6,74

Names Técnicos: ¹ Fludioxionil + Metalaxil; ² Captan; ³ Carboxin + Thiram; ⁴ Deltamethrine + Butóxido de Piperonila; ⁵ Pirimiphos – methyl.

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha e, pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

5 CONCLUSÕES

- Com exceção dos tratamentos com 100 sementes sem escolha e 50 sementes com escolha, as demais metodologias testadas mostraram-se adequadas para a condução do teste de condutividade elétrica.

- O tratamento das sementes de milho com os fungicidas Maxim XL, Captan 750 TS e Vitavax – Thiram 200 SC não interferem nos valores de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes de milho; por outro lado, a mistura dos inseticidas K-obiol e Actelic, provoca aumentos naqueles valores. A associação dos referidos fungicidas e inseticidas, de maneira geral, também causam aumentos nos valores de condutividade elétrica. Contudo, apesar dos valores de condutividade terem sido afetados pela mistura dos inseticidas e pela sua associação com os fungicidas, o tratamento das sementes não alterou a classificação do vigor dos lotes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A.A. Biochemical aspects of seed vigor. **HortScience**, v.15, n.6, p.3-9, 1980.

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. cap 4, p. 283-315.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. 1983. 93p. (Contribution, 32).

BARBEDO, C.J.; CÍCERO, S.M. Utilização do teste de condutividade elétrica para previsão do potencial germinativo de sementes de ingá. **Scientia Agricola**, v. 55, n.2, p.249-259, 1998.

BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: McDONALD Jr., M.B.; NELSON, C.J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: Crop Science Society of America, 1986. p.1-25.

BOCHICCHIO, A.; CORADESHI, M.A.; ZIENNA, P.; BERTOLINI, M.; VAZZANA, C. Imbibitional injury in maize seed independent of chilling temperature. **Seed Science Research**, v.1, n1, p.85-90, 1991.

- BRADFORD, L.V. Conductivity tests in commercial and hand harvested seed of pea cultivars and their relation relation to field establishment. **Seed Science & Technology**, v.2, n.2, p.323-335, 1974.
- BRADNOCK, W.T. Report of the vigor committee, 1971-74. **Seed Science & Technology**, v.3, n.1, p. 124-127, 1975.
- CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Coord.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.207-223.
- COSTA, A.V.; SEDIYAMA,T.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Absorção de água pelas sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., Campinas, 1984. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1984. p.952-957.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science & Technology**, v.1, n.2, p.427-452, 1973.
- DESWAL, D.P.; SHEORAN, I.S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science & Technology**, v. 21, n.1, p.179-185, 1993.
- DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Piracicaba, 1994. 136p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Aferição de testes de vigor para sementes de feijão. **Informativo ABRATES**, v.3, n.1, p. 7-23, 1992.

FRATIN, P. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1987. 191p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

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

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

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

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

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

LOEFFLER, T.M. The hulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. Lexington, 1981. 181 p. Dissertation (M.S.) - University of Kentucky.

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.

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

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para a 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.; BRADNOCK, W.T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and French beans. **Horticultural Review**, v.8, p.89-93, 1968.

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

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

McKEEN, W.E.; McDONALD, M.B. Leakage, infection, and emergence of injured corn seed. **Phytopathology**, v.66, p.928-930, 1976.

McKERSIE, B.D.; STINSON, R.H. Effect of dehydration on leakage and membrane structure in *Lotus corniculatus* L. seeds. **Plant Physiology**, v.66, n.2, p.316-320, 1980.

- OLIVEIRA, M.A.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigour to commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. **Seed Science & Technology**, v.12, n.2, p.659-668, 1994.
- PERRY, D.A. Report of vigor test comitee 1977-1980. **Seed Science & Technology**, v.9, n.12, p.115-126, 1981.
- PERRY, D.A.; HARRISON, J.G. the deleterious effect of water and low temperature on germination on pea seed. **Journal of Experimental Botany**, v.21, n.67, p.504-512, 1970.
- POWELL, A.A.; OLIVEIRA, M.A.; MATHEWS, S. The role of imbibition damage in determining the vigor of white and coloured seed lots of Dwarf French beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Experimental Botany**, v.37, n.178, p.716-722, 1986.
- SENARATNA, T.; McKERSIE, B.D. Characterization of solute efflux from dehydration injured soybean (*Glycine max* L. Merril) seeds. **Plant Physiology**, v.72, p.911-914, 1983.
- SIMON, E.W. Phospholipids and plant membrane permeability. **New Phytologist**, v.73, n.3, p.377-420, 1974.
- SIMON, E.W.; MATHAVAN, S. The time course of leakage from imbibing seeds of different species. **Seed Science & Technology**, v.14, n.1, p.9-13, 1986.
- SWAMY, P.M.; NARASIMHA REEDY, S.B. Changes in the leakage of eletrolytes from groundnut seeds (*Arachis hypogaea*) during after-ripening. **Seed Science & Technology**, v.5, n.4, p.267-272, 1977.

TAO, K.L.J. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, 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.

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

VIERA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIERA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Brasília: ABRATES, 1999. seção 4, p.1-20.

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

WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science & Technology**, v.1, n.1, p.127-157, 1973.

ZHANG, T.; HAMPTON, J.G. Does fungicide seed treatment affect bulk conductivity test results? **Seed Science & Technology**, v.27, p.1041-1045, 1999.