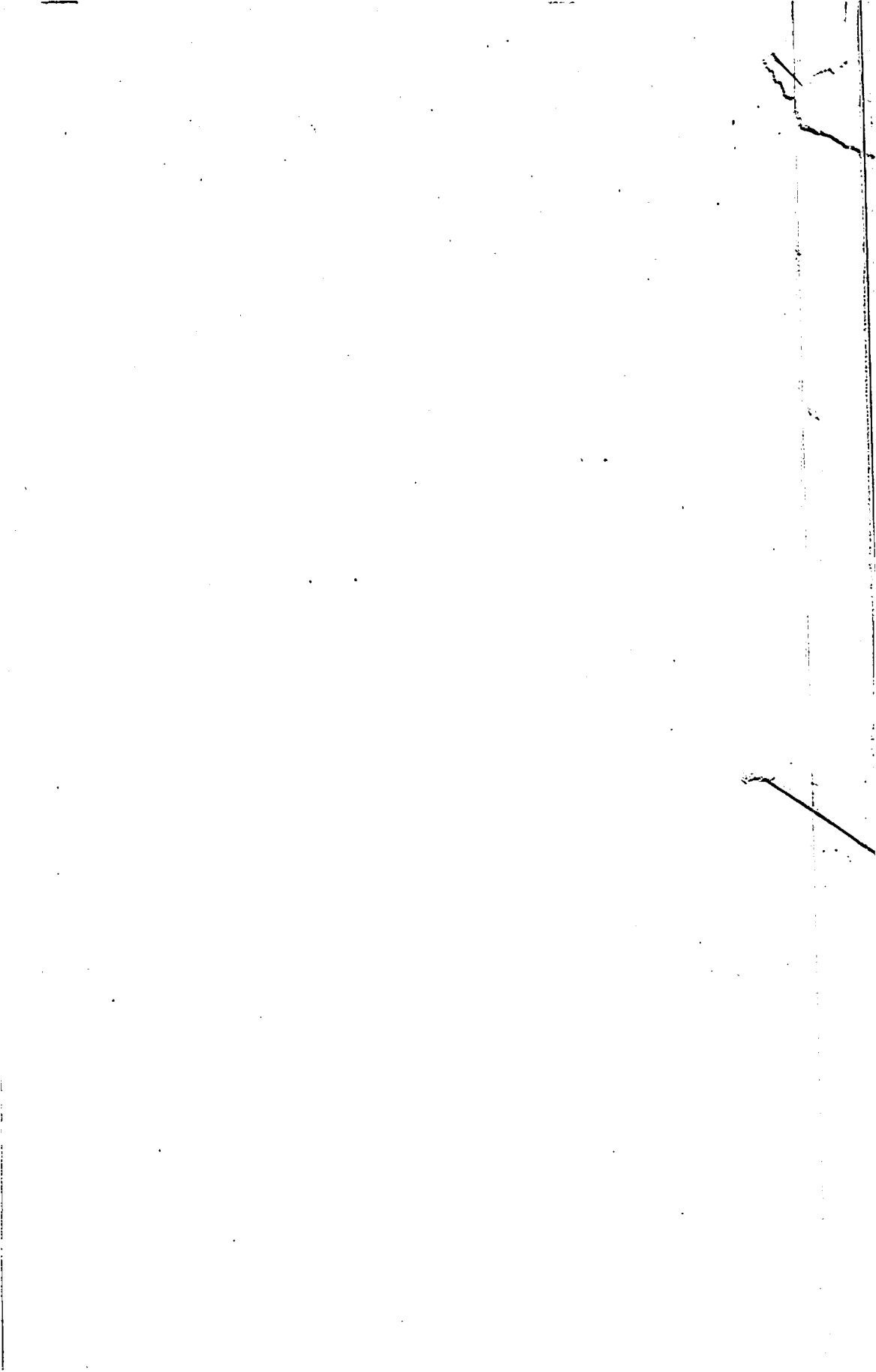


**TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO**

(Phaseolus vulgaris L.)

ALFREDO DOMINGUES ALBUQUERQUE

2005



ALFREDO DOMINGUES ALBUQUERQUE

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO

(*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS – MG

2005

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Albuquerque, Alfredo Domingues

Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L) / Alfredo Domingues Albuquerque.

-- Lavras : UFLA, 2005.

62p. : il.

Orientadora: Maria Laene Moreira de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Vigor. 3. Semente. 4. Condutividade elétrica. 5. *Phaseolus vulgaris* L. 6. Qualidade fisiológica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.65221

ALFREDO DOMINGUES ALBUQUERQUE

**TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO**

(Phaseolus vulgaris L.)

**Dissertação apresentada a Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
área de concentração Fitotecnia, para a obtenção
do título de Mestre.**

APROVADO EM 18/11/2005

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães

UFLA

Profa Dra. Dulcimara Carvalho Nannetti

EAFM



Profa Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus filhos, Anna e Eduardo,

DEDICO

Tentar e falhar é, pelo menos, aprender. Não chegar a tentar é sofrer a inestimável perda do que poderia ter sido.

(Geraldo Eustáquio)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida.

Aos meus Pais, Alfredo e Adahir, aos meus irmãos, Virgínia e Márcio, pelo exemplo de vida, carinho e apoio em todas as horas.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de prosperidade profissional.

Ao privilégio de ter sido orientado pela Profa. Laene, carinhosamente tratada por “mamãe”, em função de sua dedicação, amizade, carinho e simplicidade para com seus “filhos” orientados, nunca medindo esforços para ajudá-los no que fosse preciso.

Aos demais professores do Setor de Sementes, em especial aos Professores Renato e João.

À aluna de graduação em Agronomia, Cláudia Denise da Silva, pela grande ajuda nos trabalhos práticos de laboratório.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes, em especial a D. Dalva e D. Elza, pelo auxílio nos trabalhos desenvolvidos.

À Profa. Dulcimara Carvalho Nannetti, da Escola Agrotécnica Federal de Machado, pelo incentivo e ajuda neste trabalho.

Aos colegas Luis Eduardo e Wilson, companheiros em todas as horas.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 Semente do feijoeiro.....	4
2.2 Deterioração da semente	4
2.3 Teste de vigor	12
2.4 Teste de condutividade elétrica	14
2.4.1 Condutividade elétrica de massa.....	18
2.4.2 Condutividade elétrica individual.....	19
2.4.3 Fatores que afetam os resultados da condutividade elétrica	21
2.4.4 Interpretação dos resultados	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Caracterização dos lotes	30
3.1.1 Determinação do grau de umidade	30
3.1.2 Teste de germinação	30
3.1.3 Envelhecimento acelerado	31
3.1.4 Emergência em canteiro	31
3.1.5 Índice de velocidade de emergência	31
3.2 Condutividade elétrica em massa	32
3.3 Condutividade elétrica individual	33
3.4 Delineamento experimental	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Condutividade elétrica de massa.....	37
4.2 Condutividade elétrica individual	42

5 CONCLUSÕES	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXO.....	57

RESUMO

ALBUQUERQUE, Alfredo Domingues. **Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2005. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O teste de condutividade elétrica é um instrumento rápido, prático de determinação do vigor que se baseia na quantificação dos eletrólitos liberados pela semente na água de embebição sendo essa quantidade diretamente proporcional ao grau de desorganização da membrana plasmática e, conseqüentemente, à sua permeabilidade. O trabalho foi conduzido com o objetivo de verificar a eficiência do teste de condutividade elétrica para a diferenciação de lotes de sementes de diferentes cultivares de feijão quanto ao seu vigor. Para isso, lotes com diferentes níveis de vigor das cultivares Pérola, Talismã e Ouro Negro foram submetidos ao teste de condutividade elétrica individual e de massa após 4 períodos de embebição (6, 12, 18 e 24 horas). A caracterização inicial dos lotes foi realizada pelos testes de germinação, de frio, emergência em canteiro, índice de velocidade de emergência e estande final. O teste de condutividade elétrica individual foi realizado com analisador automático de sementes SAD-9000S e a condutividade elétrica de massa foi realizada em aparelho condutímetro CD-21 utilizando-se copos plásticos contendo 75ml de água destilada deionizada, acondicionados em BOD, à temperatura de 25°C. Os testes de condutividade elétrica individual e de massa são eficientes na distinção de lotes de feijão de diferentes níveis de qualidade fisiológica, independente da cultivar avaliada. O tempo de embebição das sementes em água por 12 horas é ideal para a avaliação da qualidade das sementes pelos testes de condutividade elétrica individual e de massa.

* Comitê Orientadora: Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho – UFLA (Orientador). Prof. Dr. João Almir de Oliveira - UFLA

ABSTRACT

ALBUQUERQUE, Alfredo Domingues. **Test of electrical conductivity in the evaluation of the physiological quality to cultivate of beans. (*Phaseolus vulgaris* L.).** 2005. 62p. Dissertation (Máster in Crop Science)-Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The electric test of conductivity is a practical and fast instrument of determination of the vigor that has how principle the quantification of set free electrolytes for the seed in the soak water being this proportional amount to the degree of disorganization of the plasmatic membrane and consequently, to its permeability. The work was lead with the objective to verify the efficiency of the electrical conductivity test for differentiation of seed lots of beans cultivars related with its vigor. For this, lots with different levels of vigor od cultivars Pérola, Talismã and Ouro Negro had been submitted to the test of individual and mass electric conductivity after 4 periods of soaking (6, 12, 18 and 24 hours). The initial characterization of the lots was carried through by the germination tests, cold test, emergency in seedbed, index of final speed of emergency and stand. The individual electric conductivity test was carried through with automatic analyzer of SAD-9000S, and the mass electric conductivity test was carried through in conduct meter CD-21 using itself plastic cups with 75 ml of distilled and deionised water, conditioned in BOD, to the temperature of 25°C. The individual and mass electric conductivity test are efficient in the distinction beans lots of different physiological levels of quality, independent of evaluated cultivars. The soaking time of the seeds in water for 12 hours is ideal for the evaluation of the seed quality for both tests individual and mass electric conductivity tests.

* Guidance Committee: Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho – UFLA (Major Professor). Prof. Dr. João Almir de Oliveira - UFLA

1 INTRODUÇÃO

O feijão é um dos principais produtos agrícolas brasileiros, de grande importância sócio-econômica, não só pela área efetivamente cultivada, pelo volume e valor da produção e ocupação de mão-de-obra, mas também pelo fato de constituir-se em fonte de nutrientes (proteínas, minerais e vitaminas). É um alimento tradicional do brasileiro, sendo uma das mais importantes fontes protéicas da população de baixa renda (Araújo et al., 1996).

O Brasil é o segundo produtor mundial de feijoeiros do gênero *Phaseolus* e o primeiro na espécie *Phaseolus vulgaris* L. Em 2004, o valor médio da produção esperada para o Brasil foi de 1,975 milhão de toneladas para as três safras, numa área plantada de aproximadamente 1.389.758ha (IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2004). Os estados maiores produtores de feijão são: Paraná, Minas Gerais, Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul e Goiás (Araújo et al., 1996), que são responsáveis por 53,3% da área cultivada e 63,7% da produção, levando-se em consideração a média do período de 1990 a 2000 (IBGE, 2004).

O atraso na época da colheita, a alta temperatura de secagem e os danos mecânicos são, dentre outros fatores, os principais responsáveis pela baixa qualidade da semente, insumo básico para a produção agrícola (Vieira et al., 1983). Em geral, recomenda-se iniciar a colheita tão logo as sementes de feijão atinjam o teor de água em torno de 20% (Araújo et al., 1984). No entanto, devido a condições climáticas desfavoráveis ou mesmo a problemas logísticos, nem sempre é possível a realização desta etapa em condições ideais, o que acarreta problemas de qualidade de sementes.

Apesar de ser um dos maiores produtores brasileiros de feijão, Minas Gerais nem sempre consegue oferecer aos agricultores sementes de qualidade

superior dessa leguminosa em quantidades que atendam à demanda (Produção..., 2004).

A utilização de sementes de baixa qualidade é um dos fatores que mais contribuem para o baixo rendimento da cultura do feijoeiro (Peixoto et al., 2001).

O aumento da demanda por sementes de alta qualidade tem levado as empresas do setor a procurarem aprimoramento técnico de suas atividades, visando, basicamente, ao aumento de produtividade associado a um incremento da qualidade da semente (Vieira & Krzyzanowski, 1999).

O teste mais utilizado atualmente para a determinação da qualidade dos lotes de sementes é o teste de germinação, que é limitado por não detectar variações na qualidade dos lotes em estágio inicial de deterioração (Krzyzanowski et al., 1999). Métodos de vigor têm sido indicados para uma avaliação mais precisa da qualidade de lotes de sementes.

A International Seed Testing Association (ISTA) (1981), indica entre outros, o teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de ervilha, algodão, feijão, milho, soja e várias outras espécies. No entanto, só existem recomendação e metodologia descrita para a avaliação de lotes de ervilha na RAS (ISTA, 2005).

A grande vantagem desse teste é a sua rapidez de execução. Testes para avaliação da qualidade fisiológica de feijão, como o teste de germinação, que é realizado em nove dias, ou testes de vigor tradicionais, como envelhecimento acelerado ou o teste de frio, poderiam ser substituídos pelos testes de condutividade elétrica de massa ou individual, realizados em algumas horas, desde que a metodologia indicada para a espécie esteja disponível.

Pelo teste de condutividade é possível avaliar a qualidade do lote quando cada semente em particular é analisada (teste de condutividade individual) ou pela análise de uma amostra, pela média de condutividade da solução (teste de

condutividade em massa ou "bulk conductivity") (Penariol, 1997). O princípio básico dessa técnica é a medição da quantidade de eletrólitos proporcional ao grau de desorganização da membrana plasmática e de sua permeabilidade. A utilização do teste de condutividade elétrica para a avaliação das sementes é recente e apenas o método de massa vem sendo utilizado na maioria das pesquisas.

Embora a utilização dos testes de vigor rápidos e confiáveis seja extremamente importante na avaliação da qualidade de sementes de feijão, constata-se escassez de informação a respeito do teste de condutividade elétrica e sua utilização em sementes de feijão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de feijão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Semente do feijoeiro

A semente do feijoeiro é exalbuminosa (sem albúmem), com vários formatos esféricos, elípticos ou oblongos, originada de um óvulo campilótropo. Compõe-se externamente das seguintes partes: testa e tegma (tegumentos), rafe, hilo e micrópila e, internamente, plúmula, hipocótilo, radícula e cotilédones (Araújo et al., 1996).

O poder germinativo e o vigor das sementes são funções diretas do sistema de produção e armazenamento de sementes adotadas nos diferentes locais e regiões (Balardim, 1992). As sementes do feijoeiro, como a maioria das espécies, suportam armazenamento por períodos curtos. No entanto, o armazenamento prolongado induz a uma série de processos degenerativos, refletindo na qualidade das sementes (Aragão, 2002).

2.2 Deterioração das sementes

Segundo Vieira & Krzyzanowski (1999) a melhor qualidade das sementes ocorre por ocasião da maturação. A partir deste ponto, o poder germinativo e o vigor declinam em intensidade variável, dependendo das condições a que ficam sujeitas as sementes.

O processo de deterioração de uma semente envolve todas e quaisquer modificações degenerativas irreversíveis que surgem após a semente ter atingido seu nível máximo de qualidade (Abdul & Anderson, 1972). De um modo mais sintetizado, Coolbear (1995) definiu o processo de deterioração como sendo a perda da qualidade da semente ao longo do tempo ou, simplesmente, o processo de envelhecimento da semente.

Segundo Delouche (1975) e Basra (1995), a deterioração é um processo

inevitável e irreversível, mas que pode ser controlado. A partir da maturidade, o nível de qualidade da semente começa a decrescer, em consequência de diversos fatores, entre os quais destaca-se o armazenamento sob condições inadequadas.

Os fungos de armazenamento podem causar deterioração quase total às sementes. Cascas e tegumentos são destruídos tardiamente; conseqüentemente, quando a deterioração dos tecidos se manifesta externamente, o processo já se encontra num estágio avançado (Mantovaneli, 2001). Portanto, pela utilização de técnicas adequadas na colheita e pós-colheita (manuseio, beneficiamento e armazenamento), o processo de deterioração ocorreria de maneira mais lenta ao longo do tempo, aumentando a armazenabilidade das sementes.

A deterioração inclui modificações de cunho físico, fisiológico e bioquímico. A primeira modificação degenerativa ocorre nas membranas celulares, com conseqüente perda da permeabilidade seletiva (Poppinigi, 1977). Essa modificação desencadeia várias outras, por causa da alteração nas propriedades do conjunto de membranas celulares. O aumento da permeabilidade plasmática promove um aumento da lixiviação de açúcares, aminoácidos e sais orgânicos em sementes embebidas; há redução na capacidade fosforilativa das mitocôndrias, que também têm as propriedades de suas membranas alteradas. As membranas do retículo endoplasmático e do complexo de Golgi, quando alteradas, podem ocasionar redução na síntese e transporte de proteínas e carboidratos. Os tonoplastos, que são as membranas que envolvem os vacúolos, quando perdem a permeabilidade seletiva, causam descompartimentalização enzimática (Abdul-Baki & Baker, 1973; Villier, 1973; Vieira et al., 1991).

As membranas celulares são seletivas e organizadoras de estruturas subcelulares. Várias reações químicas que ocorrem no meio intracelular seriam impossíveis de ocorrer no meio extracelular, em razão da dispersão dos reagentes em um meio incompatível. Outras reações fazem parte do exercício de

funções celulares altamente especializadas e que, portanto, necessitam da compartimentalização das organelas em que ocorrem, como as reações oxidativas com a utilização de O_2 na mitocôndria, replicação de DNA e síntese de RNA-m no núcleo de células eucariotes e síntese e transporte de proteínas no retículo endoplasmático e complexo de Golgi (Vieira et al., 1991).

A perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares vem seguida de várias outras transformações degenerativas. A germinação da semente, o crescimento e o desenvolvimento da plântula tornam-se mais lentos, gerando também uma maior desuniformidade entre as plantas resultantes. O percentual de plântulas anormais aumenta cada vez mais, até a perda total da capacidade de germinação do lote e morte das sementes. Em sementes de soja, a perda da permeabilidade seletiva pode ser causada por temperaturas extremamente altas ou baixas, variações na umidade do ar e por injúrias (Barros, 1988).

As membranas celulares são formadas por lipídios, dispostos em uma camada dupla e proteínas a ela associadas. Os lipídios que formam as membranas têm natureza anfipática, como os fosfolipídios, o colesterol e alguns glicolipídios. Quando esses lipídios entram em contato com a água, ocorre a formação da membrana. A parte hidrofílica dos lipídios interage com a água, que é um dipolo, e a parte hidrofóbica interage entre si, formando a bicamada lipídica (Vieira et al., 1991; Dey & Harbone, 1997).

As proteínas associadas à membrana têm estrutura primária e predominância de aminoácidos hidrofóbicos. Estes se movimentam lateralmente pela membrana, numa velocidade que varia com a fluidez e com a viscosidade da mesma. A fluidez está relacionada com a concentração de ácidos graxos polinsaturados nos fosfolipídios e a insaturação desses ácidos pode promover variação na distância entre as moléculas (Vieira et al., 1991; Dey & Harbone, 1997). Membranas contendo fosfolipídios formados por ácidos graxos saturados

são menos fluidas, pois esses se arranjam de forma mais compacta (Vieira et al., 1991).

As proteínas estão presentes na membrana numa proporção direta à atividade metabólica e de transporte dessa membrana, seja ela de uma célula ou de uma estrutura subcelular. Além de atuarem como transportadoras de íons e nutrientes para a célula, as proteínas da membrana ligam-se a hormônios, imunoglobulinas e lipoproteínas, atuam em processos de adesão e reconhecimento celular, e são indispensáveis à manutenção da estrutura da membrana para o movimento celular e a fagocitose (Dey & Harbone, 1997).

As membranas das estruturas subcelulares apresentam-se associadas a muitas enzimas (Poppinigis, 1977). A enzima polifenoloxidase é uma delas e torna-se ativa quando liberada das membranas (Prete, 1992; Barrios Barrios, 2001). A atividade dessa enzima varia com a espécie, a variedade e a maturidade da semente (Prete, 1992).

A deterioração das membranas e macromoléculas pode causar um crescimento anormal ou lento de plântulas ou, ainda, cessar o crescimento, dependendo do tipo (Desai et al., 1997) e localização do dano (Dias, 1994). O crescimento, quando considerado anormal, pode ser comprovado (Martins, 1993) pelo desenvolvimento de sinais ou anormalidades específicas na plântula, relacionado a uma ou mais causas específicas de deterioração de sementes. Em sementes de soja, Ferguson (1988) observou que a deterioração é mais rápida no eixo embrionário do que nos cotilédones.

A razão principal dos danos à membrana durante a deterioração (Abdul & Anderson, 1972; Coolbear, 1995) ou envelhecimento (Coolbear, 1995) é o ataque dos radicais livres, que causam a peroxidação dos lipídios da membrana (Poppinigis, 1977).

A maturidade fisiológica, segundo Delouche (1975), é a fase na qual a deterioração da semente é mínima. Nesse ponto, a organização do sistema de

membranas é máxima (Penariol, 1997), coincidindo com os valores máximos de vigor, potencial de germinação e de peso de matéria seca. Conseqüentemente, o desempenho das funções fisiológicas atribuídas às sementes é máximo.

A umidade da semente decresce progressivamente com o seu desenvolvimento. Na fertilização, a umidade no óvulo gira em torno de 80%. A dessecação é a redução no teor de água da semente, ocorrida com a paralisação do crescimento e desenvolvimento das sementes no final da maturação (Carvalho & Nakagawa, 2000), como resultado da desconexão entre semente e planta-mãe. É uma adaptação estratégica para tornar a semente ortodoxa apta à sobrevivência durante o armazenamento. À medida que a semente seca na maturação, as membranas sofrem alterações na sua integridade, num processo de desorganização estrutural temporário (Simon & Raja Harun, 1972), estando tanto mais desorganizadas quanto menor for seu o teor de água (Bewley, 1986). Durante a embebição elas se reestruturam e recuperam sua função de permeabilidade seletiva. Assim, a perda da viabilidade de sementes armazenadas secas é causada pela inabilidade dos sistemas de reparo dos tecidos, em função do baixo teor de água disponível. Conseqüentemente, os danos se acumulam e somente poderão ser reparados quando as sementes forem embebidas para a germinação.

Carvalho & Nakagawa (2000) afirmam que sementes imaturas passam a adquirir tolerância à dessecação após um certo período de tempo e essa aquisição envolve um rearranjo metabólico e estrutural, que possibilita às células sobreviverem às perdas de grande quantidade de água com o mínimo de danos. Rosa et al. (2000) verificaram a existência de danos no sistema de membranas de sementes de milho associados à secagem artificial.

O conhecimento da capacidade que uma espécie tem em tolerar a perda de água é de grande importância nos processos de secagem e armazenamento. A secagem deve ocorrer de modo que não promova uma retirada brusca de água do

interior da semente, provocando desorganização e descompartimentalização cada vez maiores de todo o sistema de membranas da semente. Essa desorganização continua durante o armazenamento, mas será retardada se as condições forem ideais. Segundo Delouche (1975), a temperatura e o teor de umidade são os fatores mais importantes no armazenamento, ambos em função da umidade relativa do ar.

A primeira fase da germinação é a embebição de água (Bewley & Black, 1994). A embebição é um tipo de difusão que ocorre quando as sementes absorvem água. Todas as sementes, exceto aquelas com tegumento impermeável (sementes duras), embebem-se ou reidratam-se quando expostas à água. Há aumento do volume da semente e liberação de calor. A absorção de água desencadeia uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente viva que, na ausência de outro fator limitante, resultam na emergência da plântula (Poppinigis, 1977).

A velocidade de absorção de água varia com a espécie, permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água, pressão hidrostática, área de contato água/semente, forças intermoleculares, composição química, condição fisiológica (Poppinigis, 1977) e com o genótipo (Sá, 1999). Dentro de uma mesma espécie, ocorre diferença de volume do embrião e do eixo, permeabilidade e composição química. O tegumento, em certas espécies, pode apresentar-se totalmente impermeável à água ou sofrer modificações devido à impregnação de lignina às membranas celulares (Ragus, 1987; Panobianco, 1997), lipídeos, suberina ou tanino (Ragus, 1987). Com o aumento da temperatura ocorre aumento na velocidade de embebição, nas atividades metabólicas e na utilização da água no interior da semente, podendo reduzir sua viabilidade (Desai et al., 1997). Quanto à composição química, sementes ricas em proteínas absorvem água mais rapidamente por causa da característica hidrofílica daquelas substâncias. Sementes imaturas ou deterioradas apresentam maior rapidez de embebição, em

razão da acentuada permeabilidade (Poppinigi, 1977; Carvalho, 1997).

A temperatura e a disponibilidade de água são fatores do meio ambiente que controlam os fosfolipídios formadores da membrana lipídica. Durante a embebição, as membranas das sementes adaptadas a altas temperaturas podem apresentar alta permeabilidade para os solutos celulares, reduzindo aparentemente o vigor das sementes em relação às membranas cujos lipídios são adaptados a um menor estresse ambiental durante o desenvolvimento da semente. Isso porque, sob maiores temperaturas, a embebição é maior e, conseqüentemente, a lixiviação também. Portanto, qualquer variação ambiental é capaz de limitar a habilidade de desenvolvimento da semente, no sentido de sintetizar e organizar a membrana lipídica ideal, requerida no direcionamento do processo de germinação (Basra, 1995).

Segundo Bewley & Black (1994), a absorção de água pela semente ocorre em três fases distintas. A fase I é relativamente rápida e a absorção de água nessa fase ocorre como uma conseqüência do potencial matricial dos vários tecidos das sementes. Bioquimicamente, essa fase caracteriza-se pelo início da degradação das substâncias de reserva. Carvalho & Nakagawa (1988) relataram que, em uma ou duas horas, a semente completaria essa fase, atingindo grau de umidade entre 35% e 40% para sementes cujo principal tecido de reserva é do tipo cotiledonar e 25% a 30% para sementes cujo tecido de reserva é endospermático. Na fase II, Bewley & Black (1994) relatam que a semente praticamente não absorve água, mantendo os níveis de hidratação atingidos no final da fase I e os potenciais hídricos do solo e da semente estão muito próximos. Nesse ponto ocorre o transporte dos metabólitos dos tecidos de reserva para os pontos de crescimento. Na fase III, ocorre absorção ativa de água, alcançada apenas pelas sementes viáveis e não dormentes. Nesse estágio, o eixo embrionário já iniciou seu crescimento e as novas células em processo de formação e crescimento exigem água. Dessa forma, o conjunto semente-plântula

volta a absorver umidade. Essa fase se caracteriza pela emissão da raiz primária e pelo crescimento da plântula, cuja performance é influenciada pela qualidade fisiológica da semente (Poppinigis, 1977).

Assim, durante o processo de embebição, há liberação de eletrólitos da semente para o meio externo. A liberação inicial é intensa, tanto pelas sementes vigorosas e perfeitas como pelas danificadas, não havendo, então, diferenças de qualidade entre lotes logo no início da embebição (Rosa et al., 2000). Em sementes de tomate, Sá (1999) constatou 75% do total lixiviado apenas nas seis primeiras horas de embebição. Com o andamento do processo, a diferença na quantidade de exsudatos liberados entre os lotes é cada vez maior e mais evidente. Isso ocorre porque a liberação de eletrólitos ocorre em intensidade proporcional ao estado de desorganização das membranas. Assim, as sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de exsudatos, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, substâncias fenólicas, íons e outros (Association of Official Seed Analysts - AOSA, 1983; Vieira, 1994; Penariol, 1997), independente do conteúdo dos mesmos nas sementes (Fagioli, 2001).

Bilia (1997), em estudo com sementes de ingá, supõe que o comportamento recalcitrante das sementes tem sido também relacionado a danos nos sistemas de membranas e que baixos níveis de liberação de exsudatos seriam um indicativo de semipermeabilidade das membranas.

Em sementes de milho, Fagioli (2001) observou uma diminuição gradual nos teores de carboidratos na solução de embebição com o decorrer do desenvolvimento das sementes. A sacarose foi o açúcar encontrado em maior quantidade e a arabinose em menor proporção. Embriões de cevada deteriorados (Desai et al., 1997) perderam de 60% a 70% da sua quantidade de glicose e de 20% a 30% de sacarose na solução de lixiviação.

A quantidade de substâncias lixiviadas pela semente reflete, então, o

grau de organização de suas membranas. Aquela semente que lixiviou poucas substâncias reorganizou seu sistema de membranas num curto espaço de tempo, recuperando rapidamente sua permeabilidade seletiva. Sementes com o sistema de membranas muito debilitado são incapazes de impedir uma grande perda de solutos em pouco tempo, pois, quanto mais desorganizado está seu sistema de membranas, maiores são a quantidade de água embebida e a quantidade de eletrólitos lixiviados. Essas sementes demandam mais tempo e dificuldade no trabalho de reestruturação (Poppinigi, 1977; Desai et al., 1997; Carvalho, 1977).

A quantificação das substâncias lixiviadas é feita pela medição da condutividade elétrica da solução que as contém. O valor de condutividade está associado à maior ou menor eficiência das sementes na recuperação do sistema de membranas e da sua permeabilidade. Assim sendo, baixos valores de condutividade sugeririam sementes de alto vigor e altos valores de condutividade estariam relacionados às sementes pouco vigorosas (Carvalho, 1997). Pelo teste de condutividade elétrica, é possível detectar a fase inicial do processo degenerativo, verificar seu efeito sobre a qualidade fisiológica das sementes (Dias & Marcos Filho, 1995) e, ainda, classificar os lotes em diferentes níveis de qualidade fisiológica (Barros, 1988; Freitas, 1999; Guimarães, 2000; Marchi, 2001).

2.3 Testes de vigor

O vigor de sementes recebeu, até hoje, inúmeros conceitos surgidos em virtude da ausência de uma relação mais estreita entre a germinação em laboratório e a emergência em campo (Carvalho & Nakagawa, 2000). Dentre alguns conceitos podem ser citados: energia de crescimento (Nobbe, 1876), habilidade de um lote de sementes em dar origem a plântulas em campo (Franck, 1950) e a conseqüência da ação conjunta de todas as propriedades da semente

que permitem a obtenção de um estande sob condições favoráveis (Isely, 1957).

Durante vários anos a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada apenas por meio do teste padrão de germinação. Portanto, segundo Nobbe (1876), sementes que possuem a mesma capacidade de germinação podem ser distintas na eficiência com que realizam o processo, na capacidade de armazenagem (Carvalho & Nakagawa, 2000) e no potencial de emergência em campo (ISTA, 1995). A porcentagem de sementes que germinam é uma medida quantitativa da viabilidade do lote (ISTA, 1995). Os lotes de sementes possuem diferentes graus de deterioração e o teste de germinação indica o estágio final desse processo (Krzyzanowski et al., 1999). Além disso, causas específicas da deterioração das sementes levam ao desenvolvimento de anormalidades específicas na plântula (Martins, 1993). Há, então, a necessidade de testes que detectem diferenças de qualidade fisiológica entre lotes de germinação ou viabilidade semelhantes.

Os testes de vigor são mais sensíveis do que o teste de germinação na avaliação da qualidade fisiológica. Quaisquer eventos metabólicos que precedam a perda do poder germinativo podem 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, como a deterioração começa pela degradação do sistema de membranas, os testes mais sensíveis para predizer o vigor são aqueles que avaliam a estrutura dessas membranas (Basra, 1995; Desai et al., 1997; Krzyzanowski et al., 1999). Em sementes de soja, Vieira et al. (2001) verificaram a redução do vigor pelos testes de condutividade elétrica e de envelhecimento acelerado precedendo a queda da germinação. Danos do sistema de membranas de sementes de milho (Rosa et al., 2000) e de soja (Paiva Agüero, 1995), associados à secagem artificial, são detectáveis pelo teste de condutividade elétrica e o aumento no nível do dano é proporcionalmente acompanhado pelo aumento nos resultados do referido teste.

Dentro de um mesmo laboratório, testes, como envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, apresentaram um bom grau de padronização e reprodutibilidade, tanto na metodologia de execução, quanto na interpretação dos resultados (Delouche, 1975; AOSA, 1983; Krzyzanowski & Miranda, 1990). Os laboratórios de controle de qualidade das grandes empresas de sementes utilizam alguns desses testes e sua padronização e reprodutibilidade são rotineiras e facilmente comprovadas (Delouche, 1975; Tekrony, 1983; Hampton & Tekrony, 1995). A ISTA e AOSA (1983) recomendam somente o teste de condutividade elétrica em sementes de ervilha.

Segundo Krzyzanowski et al. (1999), um bom teste de vigor deve ser simples, objetivo, rápido, reproduzível e de baixo custo. O teste de condutividade elétrica atende a quase todos esses critérios. É de fácil padronização, pois se fundamenta em base teórica consistente, fornece resultados reproduzíveis, é simples, de baixo custo e rapidamente executável (Sá, 1999). Andrade et al. (1995) também afirmam ser o teste de condutividade elétrica o mais indicado para estimar o vigor graças à facilidade de execução, objetividade e rapidez para sua execução.

2.4 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica é um método rápido e prático de determinação do vigor de sementes, podendo ser conduzido facilmente na maioria dos laboratórios de análise, sem maiores despesas com treinamento de pessoal e equipamentos. Isso é feito avaliando-se a quantidade de lixiviados liberados internamente da semente para a solução de embebição, em consequência do grau de deterioração em que ela se encontra e, desse modo, inferir sobre o nível de vigor daquela semente ou do lote ou, pelo menos, sobre o possível uso e manejo das mesmas. As sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de solutos citoplasmáticos para a

solução de embebição, pois seu sistema de membranas encontra-se num estado mais desorganizado. Assim, os valores de condutividade elétrica são maiores, por causa da maior presença de íons condutores de eletricidade nessa solução (AOSA, 1983; Basra, 1995; ISTA, 1995; Carvalho, 1997; Deşai et al., 1997; Krzyzanowski et al., 1999).

O início da utilização do teste de condutividade elétrica se deu na década de 1920 para estimar a viabilidade de sementes de capim timóteo e de trevo vermelho (Fick & Hibbard, 1925), de ervilha, trigo, milho e feijão (Hibbard & Miller, 1928).

Com base nesses estudos, a quantificação da condutividade elétrica da solução de embebição das sementes começou a ser estudada como um teste de vigor para várias espécies (Matthews & Powell, 1981; AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987), dentre as quais podem-se mencionar a ervilha (Brandnock & Matthews, 1970; Perry & Harrison, 1970; Matthews & Carver, 1971; Caliarì & Marcos Filho, 1990; Nascimento & Cícero, 1991), a soja (Tao, 1978; 1980; Marcos Filho et al., 1987; 1990; Loeffler et al., 1988; Bergamaschi, 1992; Hampton et al., 1992; Dias, 1994; Paiva Agüero, 1995; Penariol, 1997; Panobianco, 1997; Hamman et al., 2001; Vieira et al., 2001), e o feijão (Matthews & Brandnock, 1968; Lin, 1988; Hampton et al., 1992), dentre outras espécies, como relatado por Powell (1986). Dentre todas, o teste tem sido extensivamente usado para avaliar o vigor de sementes de ervilha na Inglaterra, Austrália e Nova Zelândia (Hampton et al., 1992).

Apesar de ser classificado apenas como um teste bioquímico (Woodstock, 1973; AOSA, 1983), o teste de condutividade elétrica envolve mais dois princípios, um físico e outro biológico. Isso porque, na determinação da condutividade elétrica da solução de embebição da semente, avalia-se a passagem de corrente elétrica por essa solução, caracterizando um fenômeno físico. Para que ocorram a lixiviação e a conseqüente medida da condutividade,

alterações na integridade das membranas celulares ocorrem em função do grau de deterioração, ou seja, de alterações bioquímicas que permitiram a perda de diferentes quantidades de eletrólitos, em consequência do estado de organização do sistema de membranas celulares da semente, caracterizando um fenômeno biológico. Segundo Matthews & Powell (1981), o processo de lixiviação do embrião e da semente é um fenômeno de difusão física, já que ocorre tanto em tecido vivo como morto.

Recomenda-se, para a execução do teste, o uso de duas repetições de 50 sementes (Matthews & Powell, 1981) ou quatro de 25 (AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987; Kryzanowski et al., 1991; Vieira, 1994). Deve ser prioritário o uso de maior número de repetições e de sementes por repetição, já que, nesse caso, ocorre uma redução do coeficiente de variação, obtendo-se maior uniformidade dos resultados entre repetições (Loeffler et al., 1988).

Uma dificuldade referente aos resultados do teste de condutividade elétrica é a unidade em que são expressos, dificultando estabelecer uma comparação direta entre esse teste e os demais testes de vigor. Os valores de condutividade elétrica são expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{l}\cdot\text{cm}\cdot\text{l}\cdot\text{g}^{-1}$, ao passo que a maioria dos testes de vigor é expressa diretamente em porcentagem de sementes germinadas. A interpretação dos resultados do teste de condutividade elétrica está ao alcance apenas dos analistas de sementes e de outros poucos profissionais ligados à área. Pequenos produtores, agricultores e consumidores de sementes necessitam de auxílio para a interpretação do vigor por meio desses resultados, para que não o façam de maneira errada e não tomem decisões que possam trazer prejuízo e perdas irreversíveis (Dias, 1994; ISTA, 1995; Krzyzanowski et al., 1999).

A avaliação da condutividade elétrica, como teste de vigor em sementes, apresenta, hoje, duas alternativas que são o sistema mais usual, conhecido como condutividade de massa ou sistema de copo (em inglês "bulk conductivity") e

uma segunda alternativa, que é por meio da avaliação da condutividade individual de sementes.

A utilização do teste de condutividade elétrica tem sido ocorrido em diversas culturas. Em estudo do teste de condutividade elétrica com sementes de milho, Fagioli (2001) afirma que o teste é adequado para avaliar o vigor dessas sementes, e ainda indicou a sua aplicação em estudos que envolvem a evolução da formação de membranas celulares, na associação com outros testes de vigor em laboratórios de análise e em programas de controle de qualidade de empresas produtoras de sementes.

O teste de condutividade elétrica em sementes de milho (Fagioli, 2001) tem aplicação na associação com os estádios de desenvolvimento das sementes com base na linha de transformação do amido (LTA). Quanto mais líquido for o endosperma (LTA1), maiores os valores de condutividade, ou seja, menor o vigor das sementes. Sementes com o endosperma completamente solidificado (LTA5) foram classificadas como as de maior vigor. Isso é explicado pelo fato de as sementes imaturas (LTA1 e LTA2) possuírem o sistema de membranas celulares em formação, apresentando permeabilidade ainda não satisfatória no fluxo de solutos da célula.

O teste de condutividade elétrica mostrou-se o mais indicado para estimar o vigor de sementes de cenoura (Andrade et al., 1995), em razão da facilidade de execução, objetividade e rapidez.

Segundo Panobianco (2000), a avaliação do vigor de sementes de tomate pelo teste de condutividade elétrica é menos adequada, pois os resultados são influenciados pelo conjunto de íons e características do embrião. A eficiência do teste variou com o tipo de híbrido estudado. Diferenças de resultados do teste entre genótipos já foram observadas para milho (Tao, 1980; Bruggink et al., 1991), ervilha (Bedford, 1974) e soja (Bergamaschi, 1992). Segundo a AOSA (1983), certas características da cultivar podem mascarar as diferenças de vigor

entre genótipos.

Trabalhando com sementes de soja, Dias (1994) e Carvalho (1997) concluíram que o teste de condutividade elétrica é eficiente para avaliar o potencial de vigor e germinação, apresentando correlação significativa com a lixiviação de potássio e o potencial de vigor das sementes. A condutividade elétrica correspondeu de modo mais satisfatório com a emergência das plântulas de soja (Dias, 1994) e de girassol (Pianoski, 2000) no campo. Segundo Barros (1988), a condutividade elétrica foi eficiente na separação de lotes de sementes de soja com diferentes níveis de vigor, com rapidez e sensibilidade. Os resultados do teste de condutividade elétrica de lotes de sementes de uma mesma espécie apresentam uma grande variabilidade entre si. Portanto, para diferenciação de vigor entre lotes, torna-se necessária a existência de padrões de valores que estabeleçam limites entre o vigor alto e o intermediário, e entre o intermediário e o baixo.

2.4.1 Condutividade elétrica de massa

Nos procedimentos utilizados no teste de condutividade elétrica, as sementes devem ser pesadas e posteriormente colocadas para serem embebidas em um recipiente contendo a mesma quantidade de água deionizada para todas as repetições. Pode-se utilizar um béquer ou Erlenmeyer (125 a 200ml), como também um copo plástico (200ml). Utilizam-se, geralmente, 75ml de água deionizada, ($\leq 2\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de condutividade) e, então, as amostras são mantidas em uma câmara (BOD) à temperatura de 25°C, durante 24 horas.

Após o período de 24 horas, faz-se a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, usando-se condutivímetros. O aparelho deve apresentar eletrodo com constante de 1,0. Esse eletrodo deve ser calibrado sempre quando se inicia um novo trabalho. Para tal, pode-se usar uma solução de cloreto de potássio (KCl), a qual é preparada diluindo-se 0,745g de KCl puro, seco sob

temperatura de 80°C por oito horas e resfriado em dessecador antes da pesagem, em 1 litro de água deionizada. Nessa solução, o aparelho deverá marcar $1.273 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ a 20°C ou $1.408\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ a 25°C.

A leitura de cada amostra deve ser feita imediatamente após a retirada do material da câmara, agitando-se cada recipiente suavemente e de um modo padronizado, permitindo, assim, uma uniformização dos lixiviados na solução, já que, durante o período de embebição, os lixiviados tendem a se concentrar na superfície externa das sementes (Loeffler, 1981).

Recomenda-se retirar uma quantidade de recipientes cujas leituras possam ser feitas em um intervalo de 15 minutos (Loeffler et al., 1988), para evitar alteração na temperatura da solução de embebição, que pode influenciar os resultados do teste de condutividade.

2.4.2 Condutividade elétrica individual

O princípio para o teste de condutividade elétrica é o mesmo do sistema de massa, mas a metodologia sofre alteração no método de embebição e quanto ao aparelho que realiza as leituras, o SAD 9000-S. As sementes são colocadas numa bandeja com 100 células individuais às quais adicionam-se de 2 a 3ml de água deionizada. Após o período de embebição é feita a leitura utilizando-se um analisador automático eletrônico, o qual mede a passagem de corrente elétrica na solução de embebição em cada célula, apresentando os resultados para cada semente. Isso permite a identificação de sementes com algum tipo de injúria. O SAD-9000-S não realiza ajustes automáticos pelas diferenças de tamanho entre as 100 sementes analisadas, portanto, é preciso que estas sejam pesadas previamente à análise, possibilitando o reconhecimento da condutividade elétrica em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

O fabricante do aparelho SAD-9000-S recomenda o uso de um ponto de partição para estimar a germinação de cada espécie, ou seja, separa em sementes

viáveis e não viáveis quando estas apresentam condutividade abaixo ou acima desse ponto de partição, respectivamente. Em testes de laboratório cuja finalidade é estimar a emergência em condições de campo, o analista pode modificar os valores de corte de acordo com o seu interesse em relação a um teste mais ou menos rígido.

Andrade et al. (1995), num estudo de correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura, concluíram ser necessária a definição de uma faixa de valores que delimitem níveis de vigor diferentes. Apesar da correlação ter sido significativa entre os períodos de embebição e as diferenças entre as médias dos lotes, estas podem estar associadas ao grau de deterioração, dependendo das sementes e ou características do lote. Fagioli (1997) sugeriu o uso de intervalos de valores de condutividade elétrica para proporcionar populações de campo adequadas, desde que a semeadura seja realizada em condições mais próximas das ideais.

O teste de germinação é utilizado como teste de referência para a condutividade individual e pode ser utilizado também para estimativa do vigor, realizando uma avaliação de plântulas pelo seu vigor. Heydecker (1972) ainda acrescenta que o vigor está intimamente relacionado à viabilidade da semente e que a perda dessa viabilidade geralmente ocorre sucessivamente à perda de vigor. A ISTA (1995) enfatiza que a porcentagem de sementes germinando é uma medida quantitativa da viabilidade do lote.

O estabelecimento de pontos de partição, segundo Hamman et al.(2001), não propicia uma estimativa do nível de vigor da semente. Muitas sementes que emergiram tinham a mesma condutividade das sementes de todas as categorias não emergidas. Os mesmos autores afirmam, ainda, que sementes com baixa condutividade não emergem necessariamente antes das sementes com condutividade alta. Dessa forma, a análise individual da condutividade elétrica vem dar suporte ao estudo detalhado da performance da semente ou da plântula

a que deu origem, verificando o andamento do processo deteriorativo na redução do padrão de germinação da espécie.

Acredita-se que o uso do teste de condutividade elétrica individual de sementes seja mais apropriado para trabalho de pesquisa, com possibilidade efetiva de menor uso por produtores de sementes do que o sistema de massa (Kryzanowski et al., 1991; Ribeiro, 1999; Hamman et al., 2001). Segundo os autores, as possibilidades de uso como teste de vigor são muito mais efetivas para a condutividade de massa do que a individual. A condutividade de massa já é recomendada como teste de vigor para sementes de ervilha (Bradnock & Matthews, 1970; Marcos Filho, 1990; Caliarri & Marcos Filho, 1990, Nascimento & Cícero, 1991) e sugerida para sementes de soja (Hampton & Tekrony, 1995). Em sementes de milho (Ribeiro, 1999) e de soja (Hamman et al., 2001) com diferentes níveis de vigor, os autores conseguiram a diferenciação de lotes tanto pelo método de massa como pelo individual.

Vários aspectos podem influenciar os resultados da condutividade elétrica e, por esse motivo, é que surgem controvérsias em termos de adequação ou mesmo comparação de resultados dos testes tradicionais com os testes de condutividade elétrica.

2.4.3 Fatores que afetam os resultados da condutividade elétrica

Vários são os fatores que influenciam os resultados do teste de condutividade elétrica. Dentre eles, está a característica de cada semente no momento da retirada da amostra para execução do teste. Muitas sementes, por ocasião da colheita, beneficiamento ou armazenamento, encontram-se danificadas, seja por trincas, rachaduras, quebras ou amassamentos.

Os danos físicos ou mecânicos podem ocorrer durante a colheita, acondicionamento, transporte, armazenamento inadequado ou manuseio incorreto. Os danos físicos por falta ou excesso de água são as trincas, quebras,

rachaduras e amassamento. Dependendo da extensão e localização do dano, a viabilidade ou o vigor da semente podem ser reduzidos. A colheita mecânica pode danificar as sementes, dependendo da colhedora, da velocidade do cilindro, da umidade, da variedade e da posição da semente. Os danos causados por todos esses fatores são capazes de reduzir substancialmente a emergência das plântulas no campo (Basra, 1995; Desai et al., 1997).

AOSA (1983), Marcos Filho et al. (1987), Fratin (1987) e Kryzanowski et al. (1991) recomendam selecionar as sementes antes do uso, eliminando-se aquelas que apresentam algum tipo de injúria. No laboratório de análise de sementes, no caso do teste de rotina que esteja dentro de um sistema de controle de qualidade, a escolha das sementes não é justificada, visto que a repetição utilizada não estaria representando o lote a ser testado. Nesse caso, Loeffler et al. (1988) recomendam usar sementes puras.

Sabe-se que sementes injuriadas causam aumentos significativos na condutividade elétrica de um determinado lote de sementes (Tao, 1978), mas é impraticável e muito subjetivo identificar e selecionar visualmente as sementes danificadas ou atacadas por algum fungo (Loeffler et al., 1988).

Em estudos com sementes de feijão, Afonso Júnior (1996), tentando detectar danos imediatos e latentes após secagem, entendeu ser necessária a seleção das sementes defeituosas. Sato (1991) também eliminou as sementes danificadas e trincadas para estudar o efeito da seleção de espigas e da debulha na qualidade de sementes de milho.

Há uma grande divergência de opiniões entre vários autores sobre a possibilidade de se retirarem da amostra essas sementes danificadas, mas essa tomada de decisão deve levar em consideração o objetivo do trabalho.

Podem existir diferenças na condutividade elétrica entre genótipos de uma mesma espécie (Santos, 1994; Paiva Agüero, 1995; Panobianco, 1997; Sá, 1999). Von Pinho (1995) observou baixa relação entre o vigor genético dos

híbridos de milho estudados e a integridade de membranas. Para estudar a heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho, Gomes (1999) selecionou as sementes que se apresentavam visualmente danificadas.

Mesmo retirando as sementes com tegumento danificado para estudar o vigor de sementes de genótipos de soja, Santos (1994) encontrou maiores valores de condutividade elétrica nos lotes que apresentaram maior porcentual dessas sementes danificadas. Nesses casos, deve-se evitar que outros fatores, que não o genótipo, influenciem os resultados finais do teste. Logo, justifica-se o uso de sementes selecionadas em estudos dessa natureza, dando-se preferência para o uso de sementes colhidas e trilhadas manualmente (Sato, 1991).

A remoção de semente injuriada é uma tarefa bastante subjetiva e imprecisa. Na seleção, semente com ausência de dano mecânico no tegumento nem sempre significa exatamente semente sem injúria mecânica.

Oliveira et al. (1984) observaram que melhores correlações entre condutividade e emergência em campo foram obtidas quando a amostra para determinação da condutividade foi retirada da fração semente pura, comparada àquela de onde as sementes danificadas foram removidas. Com a eliminação de sementes danificadas ocorre uma superestimação do vigor do lote de sementes (Powel, 1986). Brasil (1992) indica o uso de amostras obtidas a partir da fração semente pura na determinação de condutividade elétrica em trabalhos de rotina nos laboratórios de análise de sementes.

Segundo Tao (1978), duas sementes mecanicamente danificadas em uma amostra de 25 sementes aumentam significativamente a condutividade, comparada à amostra com sementes sem injúrias. Então, no caso de o lote apresentar 10% ou menos de sementes injuriadas, a autora sugere a remoção dessas sementes para avaliação da condutividade, porém, no caso de serem superiores a 10%, devem ser mantidas.

Outro fator de extrema importância no teste de condutividade elétrica é

o teor de água inicial das sementes, conforme já comentado. Tem-se observado que o teor de água em sementes de soja, no início do teste, deve-se situar de 11% a 17% (AOSA, 1983). No entanto, para mesma espécie, Tao (1978) e Loeffler et al. (1988) recomendam o uso de sementes com teor de água de 13% a 18%. Quanto maior o teor de água, menores os valores de condutividade, reduzindo a saída de eletrólitos (Vazquez, 1995).

Quando o teor de água se situa abaixo de 11%, o valor da condutividade elétrica aumenta significativamente (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988; Hampton et al., 1992; Bilia, 1997). Aumentos significativos na condutividade elétrica de sementes de soja e feijão-mungo foram constatados quando o teor de água das sementes era inferior a 10% (Hampton et al., 1992 e Hamman et al. 2001) e inferior a 11% em feijão (Afonso Júnior, 1996). Os danos em sementes de soja que embeberam com 10% de umidade inicial foram mínimos (Hamman et al., 2001).

Os valores da condutividade elétrica em sementes de ingá, tanto em sementes recém-colhidas quanto em sementes secas, indicaram a mesma diferenciação de lotes quanto ao nível de qualidade. Bilia (1997) obteve resultados semelhantes com a mesma espécie, portanto, calculou a condutividade em sementes recém-colhidas e novamente após essas terem passado pelo processo de secagem e posterior armazenamento. No caso de separação de lotes de sementes em diferentes níveis de qualidade fisiológica, é indicada a uniformização do teor de água dos lotes antes da avaliação da condutividade elétrica (ISTA, 1995).

Existem controvérsias em relação ao efeito de produtos químicos nos resultados do teste de condutividade elétrica. Estudos realizados mostraram que o tratamento da semente com fungicida não afeta os resultados da condutividade em sementes de soja (Mc Donald Jr. & Wilson, 1979; Loeffler et al. 1988) e de milho (Marchi, 2001). Nos estudos com soja utilizando os fungicidas carboxin,

thiran e captan não se verificaram efeitos de produtos químicos na classificação entre os diferentes níveis de vigor dos lotes de sementes, segundo Marchi (2001).

Em sementes de feijão houve maior lixiviação de solutos para o meio nas sementes sem tratamento em relação àquelas tratadas com carboxin e thiran. Isso pode ser uma consequência da obstrução pelo fungicida à passagem de solutos pelas membranas celulares das sementes ou até mesmo da neutralização da condutividade pelo produto. Por ser um meio de manter ou melhorar o vigor das sementes, esse tratamento estaria prejudicando a eficiência do teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor (Frattini, 1995). Martins (1993) destaca que produtos químicos aplicados em doses e forma incorretas também contribuem para acelerar a perda de qualidade das sementes no campo.

Os números de sementes e de repetições utilizados são também capazes de afetar os resultados do teste de condutividade elétrica. Quanto menor o número de repetições e de sementes por repetição, maior é a variabilidade entre os resultados (Fratin, 1987; Loeffler et al., 1988). Recomenda-se o uso de quatro repetições de 50 sementes (Loeffler et al., 1988; Hampton et al., 1992; Vieira, 1994), pois menores coeficientes de variação foram obtidos quando foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes na determinação da condutividade elétrica de sementes de soja, feijão e feijão-mungo. Ribeiro (1999) afirma que repetições de 25 e de 50 sementes permitiram a diferenciação entre lotes de sementes de milho, independente do nível de qualidade delas. No entanto, Sá (1999) e Ribeiro (1999) recomendam o uso de 25 sementes para a condução do teste, havendo economia no tempo e no material empregados para o teste.

As temperaturas de embebição e de avaliação também influenciam a quantidade e a velocidade da perda de lixiviados para a solução de embebição. Em sementes de soja, foram observados aumentos significativos de condutividade em função do aumento da temperatura de embebição (Tao, 1978;

Loeffler et al., 1988). Esse efeito tem ocorrido na magnitude do valor de condutividade, porém, sem alterar a classificação dos lotes.

Além da temperatura de embebição, a temperatura de avaliação pode ter efeito significativo e direto sobre os resultados da condutividade, de acordo com Loeffler et al. (1988). Estes autores verificaram que aumentos ou reduções de 5°C na temperatura de avaliação alteram significativamente os resultados da condutividade.

O tempo em que as sementes permanecem embebendo varia de espécie para espécie e, dentro de uma mesma espécie, com a diferença de vigor entre os lotes.

No caso de espécies de sementes grandes, como milho e soja, Vieira (1994), ISTA (1995), Kryzanowski et al. (1991) e Ribeiro (1999) sugerem um período de embebição de 24 horas, porém, principalmente quando a diferença de vigor entre os lotes é grande, a separação de sementes de soja pode ser obtida já nas primeiras horas de embebição, ou seja, com períodos de embebição menores. Considerando-se, então, que um teste de vigor será mais eficiente quanto melhor for a separação entre lotes de sementes com estreita variação no nível de vigor e também considerando a organização das atividades do laboratório de análise, recomenda-se o período de 24 horas (Kryzanowski et al., 1991; Ribeiro, 1999; Hamman et al., 2001). Ribeiro (1999) indica 24 horas de embebição para a determinação do potencial de viabilidade, mas garante que, com 18 horas, para amostras de 25 e 50 sementes, já é possível a diferenciação de lotes, independente dos seus níveis de qualidade.

Em trabalhos com outras espécies, principalmente aquelas consideradas com sementes pequenas, como as olerícolas, o período de embebição pode ser bem menor. Sementes de aipo, alface e cenoura apresentaram 90% da lixiviação num período de 5 a 15 minutos e sementes de tomate apresentaram 75% do lixiviado nas 6 primeiras horas de embebição (Sá, 1999), ao passo que, para

sementes de colza, ervilha e girassol, o período foi de 14 a 16 horas (Simon & Mathavan, 1986).

Existe variabilidade na permeabilidade do tegumento entre os genótipos de sementes de soja (Vieira et al., 1983; Costa et al., 1984; Kuo, 1989; Marcos Filho et al., 1999) e de milho (Bruggink et al., 1991; Ribeiro, 1999) e, portanto, um maior período de embebição permite que todos lixiviem e apresentem seu pico máximo, mesmo que seja em períodos diferentes. Existem diferenças no controle de troca de umidade das sementes. Estas são observadas entre cultivares (Costa et al., 1984), na velocidade de embebição das sementes (Poppinigi, 1977), em função da variação na forma, no tamanho e na funcionalidade dos poros e na quantidade de material ceroso na epiderme do tegumento (Ragus, 1987; Panobianco, 1997).

Variações nos valores da condutividade elétrica em sementes de soja foram observadas entre diferentes genótipos segundo Panobianco (1997), que atribuiu essas variações aos diferentes conteúdos de lignina no tegumento das sementes.

A qualidade e o volume de água, bem como o tamanho do recipiente de embebição utilizado (Bradnock & Matthews, 1970; Tao, 1978; Loeffler, 1981) são também fatores que interferem no teste. A água da torneira, dependendo da fonte, pode apresentar condutividade superior a $250\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Logo, recomenda-se o uso de água destilada e ou deionizada, na qual a condutividade não seja superior a $3\text{-}5\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Vieira, 1994; Hampton & Tekrony, 1995; ISTA, 1995).

2.4.4 Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados dos testes de vigor tem sido um dos grandes problemas dentro da tecnologia de sementes, visto que, em geral, não existem parâmetros de comparação. No caso particular do teste de condutividade

elétrica, um grande volume de informações tem sido obtido, especialmente com determinadas espécies, tais como ervilha, feijão, soja e milho, porém, em proporções diferentes para cada uma delas (Vieira, 1994). Outras espécies têm sido também estudadas, porém, em menor intensidade. Os testes de vigor não são desenvolvidos para predizer o número de plântulas que irão emergir e sobreviver no campo, embora muitos desses apresentam alta correlação com a emergência das plântulas em campo (Ferguson, 1993).

Os resultados do teste de condutividade elétrica só permitem comparações do potencial fisiológico entre os lotes avaliados, do mesmo modo que em outros testes, sendo ainda muito difícil inferir sobre o comportamento de lotes de sementes sob condições de campo, visto que ele estará na dependência das condições climáticas predominantes durante a semeadura e a emergência das plântulas (Hamman et al., 2001). Assim, os resultados deste teste, bem como de outros testes de vigor, no momento, poderão ter importância no estabelecimento de programas de controle de qualidade nas empresas produtoras de sementes, em que a princípio, o estabelecimento de índices, usando mais de um teste, parece ser o mais indicado (Scott & Close, 1976; Ribeiro, 1999).

A diferença entre valores críticos de condutividade elétrica é observada em sementes de diferentes espécies. Assim, valores variando de 4 a 30 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ para sementes de milho correspondem a lotes que se situam em categorias consideradas de alto a baixo vigor, respectivamente, quando comparados a outros testes de vigor. No caso da soja, sementes com condutividade elétrica até 60 a 70 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ têm sido consideradas como de alto vigor, enquanto 70 a 80 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ já são valores com tendência para médio vigor (Vieira, 1994).

No caso de sementes de soja, Paiva Agüero (1995) verificou que a condutividade elétrica pode estimar, com alto grau de precisão, o desempenho das mesmas no campo, desde que a semeadura seja realizada sob condições mais favoráveis. Nesse contexto, os resultados do teste de condutividade elétrica

podem ser usados para classificar os lotes avaliados e, então, permitir tomadas de decisão sobre o uso mais conveniente dos mesmos, dentro da própria empresa. Entretanto, o uso, única e exclusivamente, dos resultados do teste de condutividade elétrica, para prever o comportamento de lotes de sementes sob condições de campo ou mesmo depois de determinado período de armazenamento, é praticamente impossível no estágio atual de conhecimentos, sendo extremamente importante o uso conjunto com outro teste de vigor.

Vieira et al. (2001) estudaram o comportamento de sementes de soja armazenadas, pelo teste de condutividade elétrica em diferentes locais e condições de temperatura. Não houve mudanças significativas nos valores de condutividade elétrica para todos os níveis de vigor, durante o armazenamento a 10°C em embalagens impermeáveis. Os autores concluem que o teste de condutividade elétrica não é um bom indicador do vigor de sementes de soja armazenadas a baixas temperaturas.

O teste classifica os lotes qualitativamente, usando unidades ou valores que não são pronta e facilmente compreendidos pelos agricultores e comerciantes de sementes. Além do mais, ao contrário de vários outros testes de vigor, que expressam os resultados em porcentagem, no teste de condutividade elétrica, quanto maior o valor da condutividade menor será o vigor do lote de sementes. Segundo Berkey (1993), a indústria de sementes está à frente de um dilema, ou seja, o seu relacionamento com o consumidor de sementes e o entendimento deste sobre vigor de sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, no período de setembro de 2004 a abril de 2005.

3.1 Caracterização dos lotes

Foram utilizados nove lotes de feijão, três da cultivar Pérola, três da cultivar Talismã e três da cultivar Ouro Negro, obtidas com produtores da região de Lavras, MG. Foi efetuada uma análise prévia da germinação para a escolha de lotes de três níveis de qualidade.

3.1.1 Determinação do grau de umidade

A determinação do grau de umidade foi realizada pelo método de estufa a 105°C por 24 horas, com duas amostras de semente de cada lote, com aproximadamente 50g de sementes cada, conforme recomendações de Brasil (1992).

3.1.2 Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido com a utilização de oito repetições de 25 sementes para cada lote e, como substrato, rolos de papel toalha tipo “germitest”, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do substrato seco. O material foi mantido em germinador regulado a 25°C por nove dias. A avaliação das plântulas foi efetuada em duas contagens, sendo a primeira realizada no quinto dia e a segunda, aos nove dias após a instalação do teste, segundo critérios estabelecidos das Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992).

Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.1.3 Envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado adotando-se a metodologia recomendada pelo Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analysts (AOSA) (1983) e descrita por Marcos Filho et al. (1987). Para tanto, foram utilizadas, de cada lote, sementes suficientes para uma distribuição de uma camada única e uniforme sobre uma tela de alumínio fixado no interior de uma caixa plástica tipo "gerbox", funcionando como compartimento individual (mini-câmara). No interior dessas mini-câmaras foram adicionados 40ml de água e, em seguida, os "gerbox" adaptados foram transferidos para uma câmara BOD regulada a 41°C, onde permaneceram por um período de 96 horas. Após esse período, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação e, após quatro dias, foi realizada a avaliação, computando-se a porcentagem de plântulas normais por tratamento.

3.1.4 Emergência em canteiro

Para a realização do teste de emergência em canteiro, foram utilizadas 4 repetições com 50 sementes. O teste foi montado em canteiro, com substrato obtido por meio de uma mistura de terra e areia na proporção 1:1. Foram utilizadas 200 sementes, divididas em 4 repetições de 50 sementes por lote. O espaçamento foi de 2cm entre sementes e 10cm entre as linhas. O plantio foi feito com auxílio de uma barra de ferro com 50 dentes uniformemente distribuídos a uma profundidade de 3cm.

3.1.5 Índice de velocidade de emergência

O teste de índice de velocidade de emergência foi conduzido por ocasião da realização do teste de emergência em canteiro, iniciando-se as

contagens das plântulas quando os cotilédones ainda estavam fechados, mas acima da superfície do substrato. Foram computadas, diariamente, apenas as plântulas normais, a partir do dia em que emergiu a primeira plântula até a completa estabilização do estande. O índice de velocidade de emergência foi obtido de acordo com Maguire (1964), por meio da equação:

$$IVE = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \dots + \frac{G_n}{T_n}$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de germinação

G = número de plântulas emergidas no dia

T = número de dias gastos para emergir

3.2 Condutividade elétrica de massa

As sementes de cada lote foram submetidas ao teste de condutividade elétrica, que foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Hampton et al. (1992), para feijão. A umidade das sementes de cada lote foi ajustada para 13,5%. Para cada lote foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes cada, que foram pesadas em balança de precisão, considerando-se duas casas decimais. Posteriormente, as repetições de cada amostra foram colocadas em copos plásticos com capacidade para 150ml, contendo 75ml de água deionizada dispostos em bandejas cobertas com sacos plásticos, mantidas em BOD por um período de 24 horas para embebição. Juntamente com as amostras, foram colocados copos contendo apenas água deionizada para seu monitoramento. Decorrido o período de embebição a partir de 6 horas e às 12, 18 e 24 horas, os copos foram retirados da câmara BOD e agitados para a determinação da condutividade elétrica da solução em condutivímetro marca Digimed CD-21,

devidamente calibrado. A condutividade foi expressa em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes, dividindo-se, para cada repetição, o valor da condutividade das sementes subtraído do valor da condutividade da água. O resultado final foi a média dos valores das 4 repetições.

3.3 Condutividade elétrica individual

Para o teste de condutividade elétrica individual foram utilizados 4 repetições de 50 sementes, previamente pesadas e acondicionadas em bandejas com 100 células individuais, cada célula correspondendo a uma semente. Para cada célula, foram adicionados 4ml de água deionizada através do dosificador automático do aparelho, sendo as bandejas mantidas em sacos plásticos para evitar evaporação dentro da câmara de germinação do tipo BOD, a 25°C por 24 horas.

As leituras foram realizadas em intervalos de seis horas, usando-se o analisador automático-eletrônico modelo SAD-9000, o qual mede a passagem de corrente elétrica na solução de embebição em cada célula, apresentando os resultados para cada semente e também a média de cada repetição.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental para os testes de condutividade foi em blocos casualizados, em esquema fatorial composto por 3 cultivares x 3 lotes x 4 tempos de embebição.

Os resultados foram analisados com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000) “box plot” e correlação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor médio de água das sementes por ocasião da realização dos testes foi de 13,6 %, com variação de 0,4%. A umidade das sementes é um dos fatores que afetam os resultados do teste de condutividade elétrica e a sua uniformização é uma alternativa indicada para diminuir seu efeito sobre os resultados do referido teste (Krzyzanowski et al, 1999).

As variações na germinação e vigor dos lotes de sementes avaliados no experimento ocorreram em função da cultivar analisada (Tabela 1A, 2A e 3A). Pelos resultados do teste de germinação os lotes da cultivar Talismã não diferiram entre si. Já pelos resultados dos testes de envelhecimento acelerado e emergência em canteiro, o lote 2 foi classificado como de pior qualidade fisiológica e, para o índice de velocidade de emergência, o lote 1 se enquadrou como o de melhor qualidade fisiológica (Tabela 1).

Para a cultivar Pérola, a classificação dos lotes foi similar em todos os testes realizados, tendo o lote 3 sido de pior qualidade fisiológica e o lote 1 o de melhor qualidade. Já o lote 3 da cultivar Ouro Negro foi classificado como de pior qualidade fisiológica em relação aos lotes 1 e 2 pelos teste de germinação e envelhecimento acelerado, o que não ocorreu no teste de emergência em canteiro e índice de velocidade de emergência (Tabela 1).

As variações dos resultados relacionados com os diferentes testes de vigor já eram esperadas, uma vez que eles se baseiam em parâmetros de qualidade diferenciados. Segundo Marcos Filho, (1990), problemas na interpretação dos testes de vigor podem ocorrer porque determinadas características da semente e ou da plântula podem responder de maneira diferente ao nível de vigor.

TABELA 1 Resultados médios dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, emergência em canteiro e índice de velocidade de emergência de lotes de três cultivares de feijão.UFLA, Lavras, MG, 2005.

Lotes	Germinação %			Envelhecimento acelerado %			Emergência em canteiro %			Índice de velocidade de emergência %		
	“Talismã”	“Pérola”	“Ouro Negro”	“Talismã”	“Pérola”	“Ouro Negro”	“Talismã”	“Pérola”	“Ouro Negro”	“Talismã”	“Pérola”	“Ouro Negro”
1	98,50a	99,00a	96,00a	97,00a	92,50a	72,00a	99,50a	98,50a	96,50a	9,20a	9,01a	8,31a
2	96,00a	90,90b	95,50a	63,00b	80,50b	68,50a	91,50b	87,00b	96,00a	8,56b	7,86b	8,66a
3	96,00a	74,00c	88,50b	93,00a	0,00c	25,00b	96,50a	68,50c	97,00a	8,66b	5,68c	8,10a

Médias seguidas por letras distintas para cada cultivar na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Enquanto o teste de envelhecimento acelerado se baseia na resistência das sementes do lote, em condições de alta temperatura e umidade, o teste de emergência se baseia no desenvolvimento das plântulas, sob condições muito próximas das ideais (Krzyzanowski et al, 1999).

Exceto para as sementes da cultivar Pérola, a qual apresentou lotes de 3 níveis de qualidade, houve separação dos lotes em dois níveis de qualidade quando a avaliação foi efetuada pelos testes tradicionalmente utilizados para sementes de feijão.

Para a cultivar Talismã, quase não se observam diferenças entre os 3 lotes que apresentaram qualidade superior, quando comparados com lotes das demais cultivares (Figura 1).

Para a cultivar Pérola, houve maior variação de resultados com uma separação nítida dos lotes em três níveis de qualidade, enquanto que, para a cultivar Ouro Negro, houve grande diferenciação entre os dados em cada lote. No entanto, houve separação em apenas dois níveis de qualidade (Figura 1).

Quando se analisam os dados referentes aos testes de germinação e vigor a que foram submetidos os lotes das diferentes cultivares pelos gráficos box-plot, ficam mais nítidas as diferenças de qualidade entre os lotes.

A variação individual da qualidade de sementes de um lote é maior em lotes de baixa qualidade (Illipronti, 1997). Na cultivar Ouro Negro a variação foi maior, indicando qualidade inferior. O lote 3 da cultivar Pérola apresenta estágio avançado de deterioração, na faixa de 70% a 80%. Quando este mesmo lote é submetido ao envelhecimento acelerado, a qualidade diminui drasticamente, fazendo com que a variação individual de sementes seja reduzida. Segundo Marcos Filho (1990), sementes mais vigorosas são menos afetadas em sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao envelhecimento acelerado.

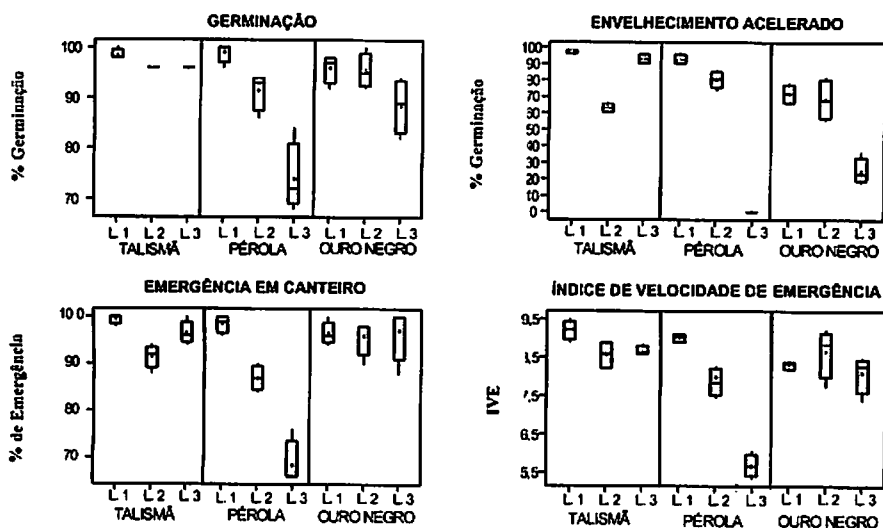


FIGURA 1. Análise box-plot para germinação, envelhecimento acelerado, emergência em canteiro e índice de velocidade de emergência de sementes de feijão. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os valores de condutividade elétrica de massa foram distintos para a classificação dos lotes, tendo, para o lote 1, de melhor qualidade fisiológica, havido variação de 45 a $48\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Figura 5). Para o lote 2, de pior qualidade fisiológica, verificou-se maior variação nos valores de condutividade de 66 a $84\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. No lote 3, intermediário quanto à qualidade fisiológica, a variação foi de 55 a $64\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

4.1 Condutividade elétrica de massa

Pelos resultados do teste de condutividade elétrica de massa, observou-se que a variação da qualidade dos lotes depende da cultivar analisada. Resultados semelhantes foram observados nos demais testes realizados para a avaliação da qualidade dos lotes das diferentes cultivares.

Para a cultivar Talismã, no tempo de embebição de 6 horas, os resultados da condutividade elétrica de massa foram semelhantes aos dos testes

convencionais, separando-se os lotes em dois níveis de qualidade. Nos demais tempos de embebição, os resultados permitiram distinção dos lotes em três níveis de vigor (Tabela 2). Os testes convencionais apresentaram esta tendência (IVE), mas o teste de condutividade de massa foi mais sensível para detectar esta diferença entre os três níveis de qualidade. Para as cultivares Pérola e Ouro Negro, houve separação dos lotes em dois níveis de qualidade apenas, para todos os tempos de avaliação (Tabela 2).

A análise dos dados de condutividade elétrica de massa, apresentada nos gráficos de regressão (Figuras 2, 3, 4 e 5), indicam aumentos consideráveis da condutividade da água de embebição das sementes até 12 horas. Após este período, foi observada estabilização na curva de lixiviação e igualdade de classificação dos lotes nos demais tempos de avaliação.

TABELA 2 Resultados médios do teste de condutividade elétrica de massa de lotes de três cultivares de feijão.UFLA, Lavras, MG, 2005.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE MASSA												
6 HORAS			12 HORAS			18 HORAS			24 HORAS			
Lotes	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"
1	25,31a	30,15a	54,01b	45,92a	52,86a	84,57b	55,41a	65,59a	101,48b	61,13a	74,90a	114,46b
2	45,59b	32,56a	39,34a	73,33c	59,64a	61,78a	89,55c	74,41a	77,34a	103,39c	84,89a	88,94a
3	28,91a	66,00b	49,10b	59,00b	110,52b	84,57b	71,55b	137,85b	98,81b	78,57b	160,06b	111,15b

Médias seguidas por letras distintas para cada cultivar na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

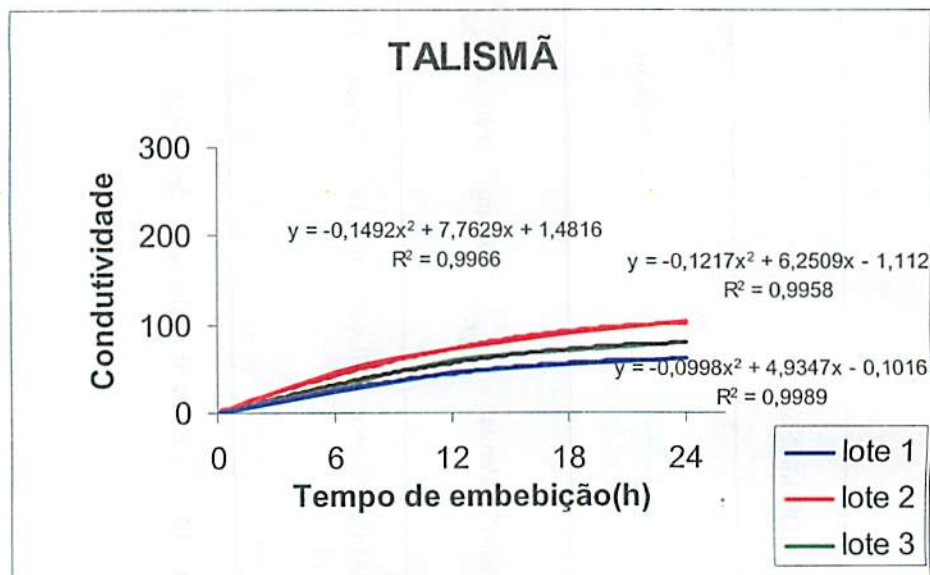


FIGURA 2. Condutividade elétrica de massa ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de feijão após embebição, para a cultivar Talismã. UFLA, Lavras, MG, 2005.

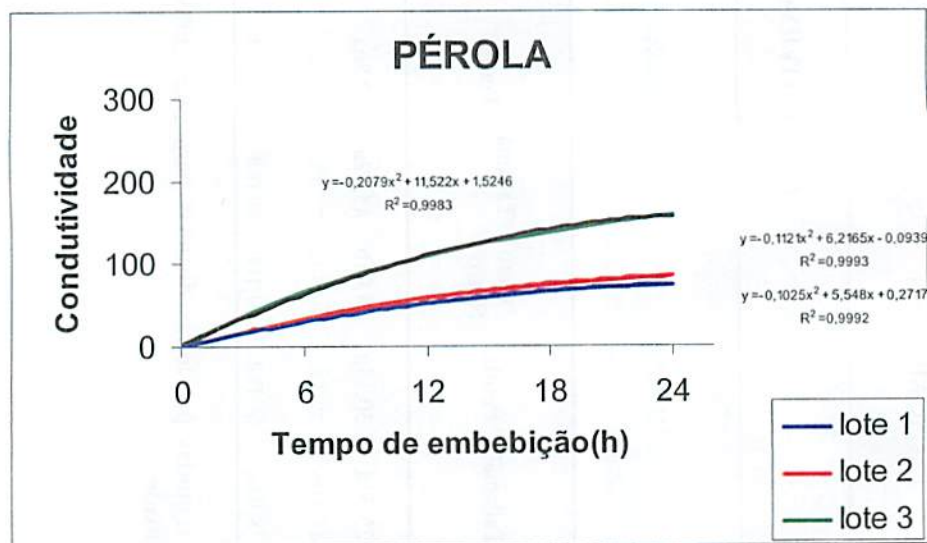


FIGURA 3. Condutividade elétrica de massa ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de feijão após embebição, para a cultivar Pérola. UFLA, Lavras, MG, 2005.

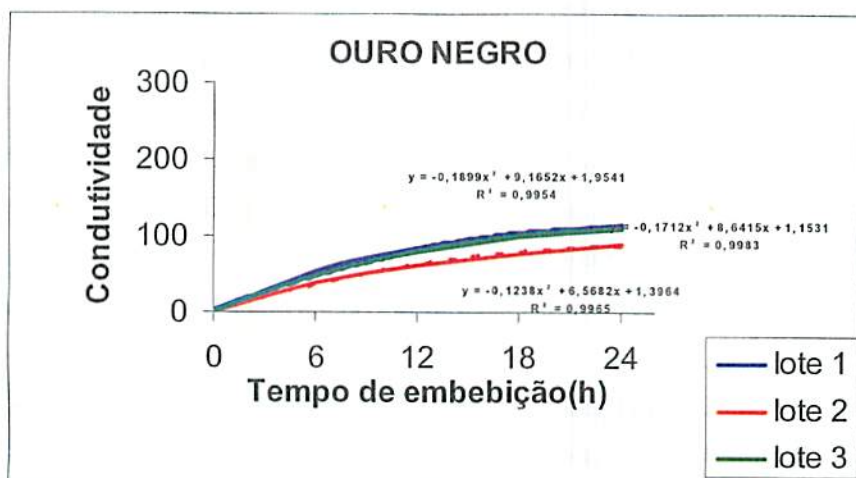


FIGURA 4. Condutividade elétrica de massa ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de sementes de feijão após embebição, para a cultivar Ouro Negro. UFLA, Lavras, MG, 2005.

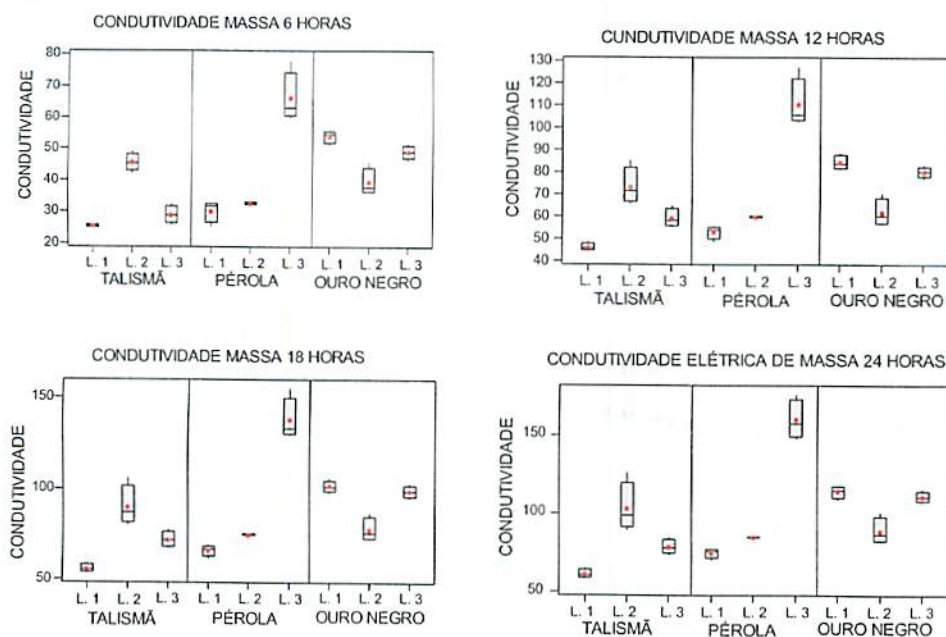


FIGURA 5. Análise box-plot para resultados do teste de condutividade elétrica de massa para sementes de feijão embebidas por 6, 12, 18 e 24 horas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.2 Condutividade elétrica individual

No teste de condutividade elétrica individual, o tempo de 6 horas de embebição foi suficiente para distinção da qualidade dos lotes das 3 cultivares, bem como nos testes convencionais, exceto para a cultivar Ouro Negro (Tabela 3). Mas, a avaliação com 12 horas de embebição foi mais eficiente, detectando diferenças em 3 níveis de qualidade também para a cultivar Talismã, o que não aconteceu com os testes convencionais e de condutividade elétrica de massa, (Tabela 3).

Pela análise dos gráficos box-plot, nota-se, nos dados dos lotes de pior qualidade, dentro de cada cultivar, a presença acentuada de “out lairs” (valores mais discrepantes), devido a diferenças de qualidade entre as sementes de um lote, quando este se encontra em estágio avançado de deterioração (Figura 9).

Os aumentos nos valores de condutividade elétrica foram mais acentuados nas primeiras 12 horas de embebição; após este período, o aumento do tempo não alterou os resultados obtidos.

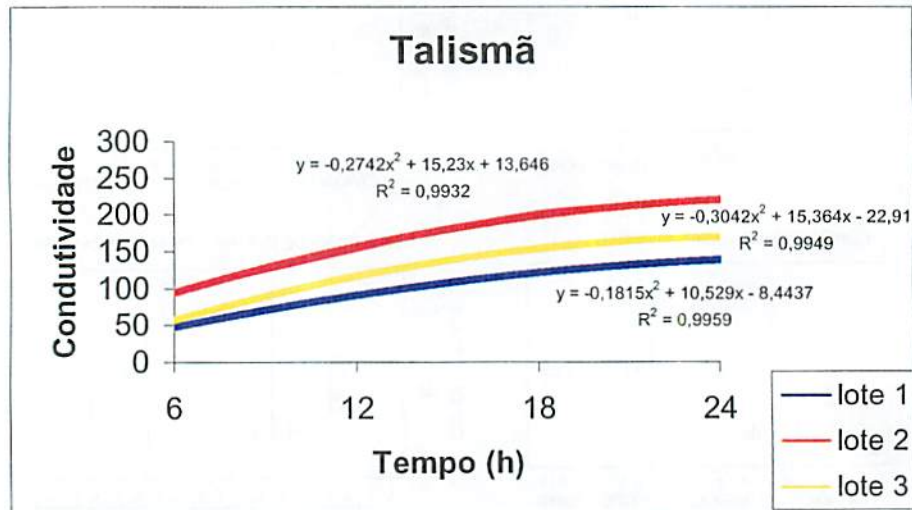


FIGURA 6. Condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de feijão após embebição (horas), para a cultivar Talismã. UFLA, Lavras, MG, 2005.

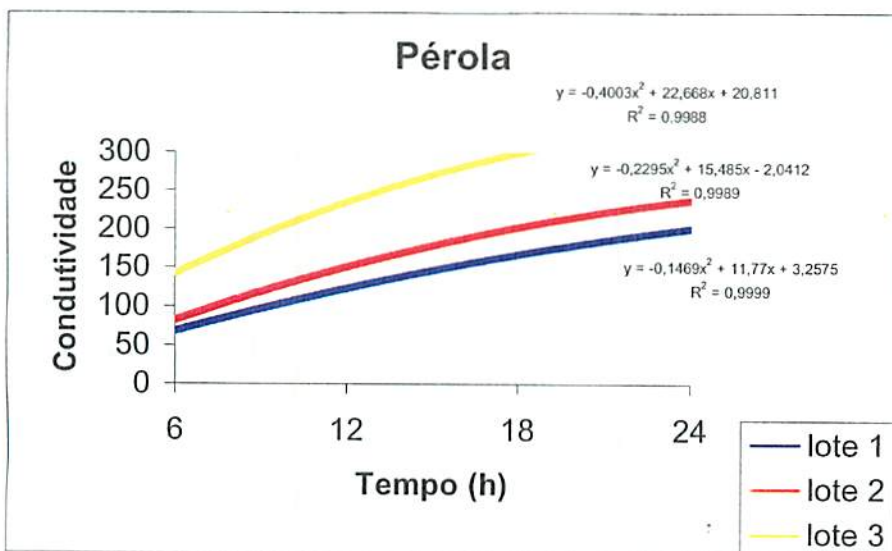


FIGURA 7. Condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de feijão após embebição (horas), para a cultivar Pérola. UFLA, Lavras, MG, 2005.

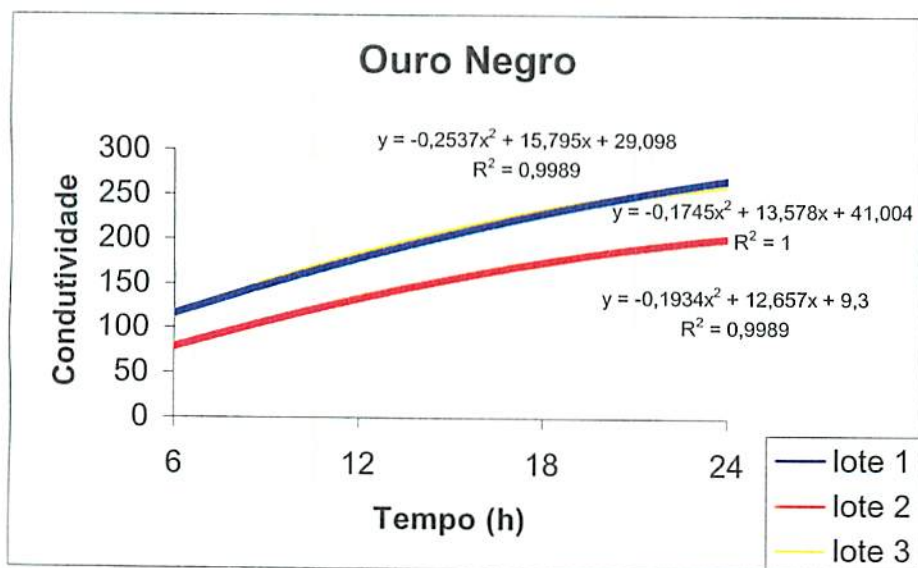


FIGURA 8. Condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de feijão após embebição (horas), para a cultivar Ouro Negro. UFLA, Lavras, MG, 2005.

TABELA 3 Resultados médios do teste de condutividade elétrica individual de lotes de três cultivares de feijão. UFLA, Lavras, MG, 2005.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL

Lotes	6 HORAS			12 HORAS			18 HORAS			24 HORAS		
	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"	"Talismã"	"Pérola"	"Ouro Negro"
1	47,20a	68,40a	113,89b	94,77a	123,88a	184,63b	119,28a	166,94a	228,69b	140,71a	201,27a	262,90b
2	96,93b	81,75b	77,59a	151,58c	153,32b	135,39a	204,27c	199,76b	172,39a	219,44c	238,29b	202,34a
3	56,94a	141,26c	116,06b	121,79b	238,62c	179,18b	150,92b	295,70c	228,47b	171,97b	335,42c	266,45b

Médias seguidas por letras distintas para cada cultivar na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

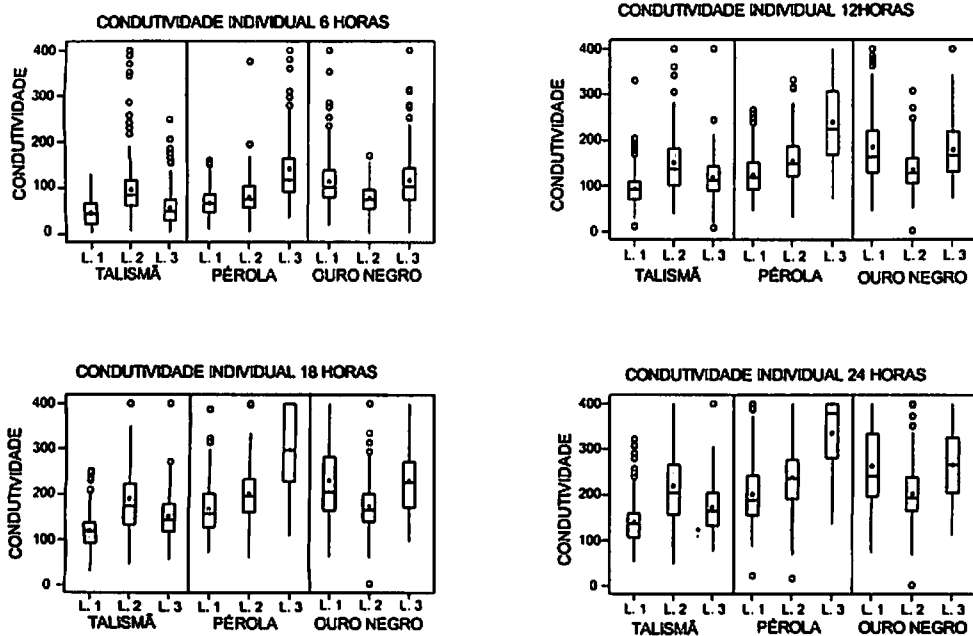


FIGURA 9. Análise Box-plot para condutividade individual 6, 12, 18 e 24 horas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os testes de condutividade elétrica de massa e individual comprovaram sua eficiência e confiabilidade na avaliação do vigor dos lotes de sementes de feijão. Além disso, estes testes tornam-se de extrema importância para as empresas que produzem e comercializam suas sementes, pois há grande redução do tempo de obtenção dos resultados, (12 horas), visto que, pelos testes usuais, o prazo normal é de, aproximadamente, dez dias.

5 CONCLUSÕES

Os testes de condutividade elétrica individual e de massa são eficientes na distinção de lotes de feijão de diferentes níveis de qualidade fisiológica, independente da cultivar analisada.

O tempo de embebição em água por 12 horas é ideal para a avaliação do vigor das sementes de feijão pelos testes de condutividade elétrica individual e de massa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York, v.2, p.283-315, 1972.
- ABDUL-BAKI, A.A.; BAKER, J.E. Are changes in cellular organelles or membranes related to vigor loss in seeds? **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.1, p.89-125, 1973.
- AFONSO JÚNIOR, P.C. Efeitos imediatos e latentes das condições de secagem sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade "Ouro Negro 1992". 1996. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ANDRADE, R.N.B. et al. Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.153-162, 1995.
- ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CORRÊA, M. R. Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação-secagem. **Ciência Agrícola**, Piracicaba, v. 19, n. 1, 2002
- ARAUJO, E.F. et al. Influência da secagem e debulha das vagens na germinação e no vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, n.2, p.97-110, 1984.
- ARAUJO, R.S. et al. **A cultura do feijoeiro**. Piracicaba, 1996. 786p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Aosa, 1983. 93p.
- BALARDIM, R. S.; PIVA, C. A. DAL.; OGLIARI, P. J. Diagnóstico da produção de sementes de feijão em Santa Catarina. **Boletim Técnico – EPAGRI**. Florianópolis, 1992, n. 61, 38p.
- BARRIOS BARRIOS, B.E. **Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de cafés (*Coffea arabica* L.) da região Alto Rio Grande - Sul de Minas Gerais**. 2001. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

BARROS, A.S.R. **Testes para avaliação rápida da viabilidade e do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1988. 140p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BASRA, A.S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York, 1995. 389p.

BEDFORD, L.V. **Conductivity tests in commercial and hand harvested seed of pea cultivars and their relation to field establishment**. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.2, n.2, p.323-335, 1974.

BERGAMASCHI, M.C.M. **Comportamento de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) quanto à qualidade fisiológica de sementes**. Jaboticabal: FCA VIUNESP. 1992. 75p.

BERKEY, D.A. **Industry perspective of vigor testing**. *Journal Seed Technology*, Lincoln, v.17, n.2, p.127-133, 1993.

BEWLEY, J.D. **Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration storage**. In: McDONALD JR., M.B.; NELSON, C.J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: CSSA, 1986. p.27-45.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

BILIA, D.A.C. **Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Inga uruguensis* Hook e Arm**. Piracicaba-SP, 1997.88p.

BILIA, D.A.C. et al. **Comportamento de sementes de milho híbrido precoce e normal durante o armazenamento**. 1992. 96p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BRADNOCK, W.T.; MA ITHEWS, S. **Assessing field emergence potential of wrinkledseeded peas**. *Horticultural Research*, Edinburgh, v.10, n.50-58, 1970.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/Departamento Nacional de Defesa Vegetal, CLA V, 1992.365p.

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

CALIARI, M.F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L). **Revista Brasileira de Semente**, Brasília, v.12, n.3, p.52-75, 1990.

CARVALHO, J.C. **Testes fisiológicos e bioquímicos na avaliação da germinação e do vigor de sementes de soja**. 1997. 56p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: BASRA, A.S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York, 1995. Cap. 8, 389p.

COSTA, A.V. et al. Absorção de água pelas sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., 1984, Campinas. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. p.952-957.

DELOUCHE, L.C. **Pesquisa em sementes no Brasil**. Brasília: AGIPLAN/MA, 1975. 69p.

DESAI, B.B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook**. New York, 1997. 627p.

DEY, P.M.; HARBONE, J.B. **Plant biochemistry**. London: Academic, 1997. 554p.

DIAS, D.C.F.S. **Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1994. 136p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

FAGIOLI, M. **Relação entre a condutividade elétrica de sementes e a emergência de plântulas de milho em campo.** 1997. 74p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

FAGIOLI, M. **Lixiviação de eletrólitos e condutividade elétrica da solução de embebição de sementes de milho.** 2001. 62p. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

FERGUSON, J.M. **Metabolic and biochemical changes during the early stages of soybean seed deterioration.** Kentucky: University of Kentucky, 1988. 138p.

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

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análises estatísticas para dados balanceados.** Lavras:UFLA/DEX, 2000.

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

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

FRATTINI, N. **Efeito do tamanho das sementes e de doses de fungicida na qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1995. 93p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, SP.

FREITAS, R.A. **Testes para avaliação da qualidade de sementes de algodoeiro e suas relações com o potencial de armazenamento e emergência das plântulas em campo.** 1999. 76p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GUIMARÃES, R.M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 180p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

HAMPTON, L.G. Vigor testing within laboratories of the International Seed Testing Association: a survey. **Seed Science e Technology**, Zurich, v.20, p.199-203, 1992. Supplement, 1.

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

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, B.M. Conductivity test. In: HAMPTON, J.C.; TEKRONY, B.M. **Handbook or vigour test methods**. 3.ed. Zurich: LST A, 1995. p.22-34.

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H. **Viability or seeds**. London, 1972. p.209-252.

HIBBARD, R.P.; MILLER, E.V. Biochemical studies on seed viability. I. Measurements of conductance and reduction. **Plant Physiology**, Rockville, v.3, p.335-352, 1928.

ILLIPRONTI JR., R.A. **Variation in quality of individual seeds within a seed lot of soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill)**. 1997. 157p. Doctoral (Thesis)-Wageningen Agricultural University, Netherlands.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTASTÍSTICA. Disponível em < <http://www.ibge.com.br> > Acesso em 10 de maio de 2004.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1981 72p.

KRYZANOWSKJ, 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, mar. 1991.

KRYZANOWSKJ, F.C.; MIRANDA, Z.F.S. Relatório do comitê de vigor da ABRATES. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.1, p.7-25, dez. 1990.

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

KUO, W.H.J. Delayed-permeability of soybean seeds: characteristics and screening methodology. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.17, n.1, p.131-142, 1989.

LIN, S.S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica dos solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays L.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.10, n.3, p.59-67, 1988.

LOEFFLER, T.M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. Lexington: University of Kentucky, 1981. 181p.

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

MAGUIRE, J.D. Seed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, 2, 176-177, 1964.

MANTOVANELLI, M.C.H. **Interferência de alguns fungos no teste de tetrazólio e de danos mecânicos, tratamento fungicida e do armazenamento na qualidade de sementes de milho (*Zea mays L.*)**. 2001. 173p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARCHI, J.L. **Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de milho**. 2001. 40p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

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

dez. 1990.

MARTINS, C.C. **Fontes de deterioração na produção de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e respectivas anormalidades nas plântulas.** 1993. 67p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, SP.

MATTHEWS, S.; CARVER, M.F.F. Further studies on rapid seed exudate tests indicative of potential field emergence. **Proceeding International of the Seed Test Association**, Brunswick, v.36, n.2, p.307-312, 1971.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. **Horticultural Research**, Ediriburg, v.8, p.89-93, 1968.

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

Mc DONALD, M. B.; WILSON, D.O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-6 J O to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technology**, v.4, n.1, p. 1-11, 1979.

NASCIMENTO, W.M.; CICERO, S.M. Qualidade de sementes de ervilha tratadas com fungicida II. Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.13, n.1, p.13-19, 1991.

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 and Technology**, Zurich, v.12, n.2, p.659-668, May/ Aug. 1984.

PAIVA AGUERO, L.A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com emergência de plântulas de soja em campo.** 1995. 92p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, SP.

PANOBIANCO, M. **Avaliação do potencial fisiológico em sementes de tomate.** Piracicaba, 2000. 152p.

PANOBIANCO, M. **Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e relação com o conteúdo de lignina no**

tegumento. Jaboticabal, 1997. 59p.

PEIXOTO, A.R.; TORRES, S.B.; KARASAMA, M. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão. **Informativo ARATES**, v.11, n.3, p.76-80, 2001.

PENARIOL, AL. **Efeito do teor de água de sementes de soja sobre os resultados do teste de condutividade elétrica.** 1997. 73p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, SP.

PERRY, D.A.; HARRISON, J.G. The deleterious effect of water and low temperature on germination of pea seed. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.21, n.67, p.504-512, 1970.

PIANOSKI, J. **Avaliação da qualidade de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.).** Piracicaba, 2000. 52p.

POPPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1977.289p.

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

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125p.

PRODUÇÃO de sementes de feijão. Disponível em <<http://www.epamig.br/serviços/publicações/outras/feijão.htm>> Acesso em: 10 maio 2004.

RAGUS, L. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.15, p.285-296, 1987.

RIBEIRO, D.M.C.A. **Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.).** 1999. 116p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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.

SÁ, M.E. de. Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.13-19, jan./mar. 1999.

SANTOS, V.L.M. **Avaliação da germinação e do vigor de sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), submetidas a stress salino e osmótico.** 1994. 164p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SATO, O. **Efeito da seleção de espigas e da debulha na qualidade física e fisiológica das sementes de milho (*Zea mays* L.).** 1991. 110p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SCOTT, D.J.; CLOSE, R.C. An assessment of seed factors affecting fieldemergence of garden pea seed lots. **Seed Science e Technology**, Zurich, v.4, n.2, p.287-300, 1976.

SIMON, E. W.; MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seeds of different species. **Seed Science e Technology**, Zurich, v.14, n.1, p.9-13, 1986.

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

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, 1978a.

TAO, J.K. The 1978 referee test for soybean and com. **AOSA Newsletter**, Brunswick, v.32, n.4, p.43-66, Nov. 1978b.

TAO, J.K. The 1980 referee test for soybean and com. **AOSA Newsletter**, Brunswick, v.54, n.3, p.53-68, Sept. 1980.

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

VAZQUEZ, G.H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento.** 1995. 138p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VIEIRA, E.C.; GAZZINELLI, G.; MARES GUIA, M. **Bioquímica celular e biologia molecular**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 1991. 360p.

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.

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

VIEIRA, R.D. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja (*Glycine max (L.) Merri*)). **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.172; p.408-418, nov./dez. 1983.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science e Technology**, Zurich, v.29, p.599-608, 2001.

VILLIERS, T.A. Ageing and longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W. **Seed ecology**. London, 1973. 578p.

VON PINHO, E.V.R. **Conseqüências da autofecundação indesejável na produção de sementes de milho**. 1995. 130p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

ANEXO

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de germinação, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	107.527778
CULTIVAR	2	57.027778
LOTE*CULTIVAR	4	38.361111
Erro	27	3.259259
Total corrigido	35	

CV (%) = 3.89

Média geral: 46.3888889 Número de observações: 36

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de envelhecimento, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	1771.027778
CULTIVAR	2	784.027778
LOTE*CULTIVAR	4	894.986111
Erro	27	8.305556
Total corrigido	35	

CV (%) = 8.77

Média geral: 32.8611111 Número de observações: 36

TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de emergência, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	5.690695
CULTIVAR	2	5.195691
LOTE*CULTIVAR	4	3.276160
Erro	27	0.122774
Total corrigido	35	

CV (%) = 4.26
Média geral: 8.2320373 Número de observações: 36

TABELA 4A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade de massa, com 6 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	435.556469
CULTIVAR	2	631.776044
LOTE*CULTIVAR	4	930.839049
Erro	27	13.385407
Total corrigido	35	

CV (%) = 8.88
Média geral: 41.2222222 Número de observações: 36

TABELA 5A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade de massa, com 12 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	1686.098011
CULTIVAR	2	969.222286
LOTE*CULTIVAR	4	1812.771294
Erro	27	31.654264
Total corrigido	35	

CV (%) = 8.06

Média geral: 69.7752778 Número de observações: 36

TABELA 6A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade de massa, com 18 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	2703.048503
CULTIVAR	2	1656.979219
LOTE*CULTIVAR	4	2695.820544
Erro	27	40.269981
Total corrigido	35	

CV (%) = 7.40

Média geral: 85.8002778 Número de observações: 36

TABELA 7A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade de massa, com 24 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	3519.888325
CULTIVAR	2	2450.490908
LOTE*CULTIVAR	4	3861.725833
Erro	27	62.181247
Total corrigido	35	

CV (%) = 8.09
Média geral: 97.5025000 Número de observações: 36

TABELA 8A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade individual, com 6 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	3	86546.732914
CULTIVAR	2	219548.017222
LOTE*CULTIVAR	4	203559.176704
Erro	1790	2558.160978
Total corrigido	1799	

CV (%) = 56.90
Média geral: 88.8922222 Número de observações: 1.800

TABELA 9A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade individual, com 12 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	331236.323889
CULTIVAR	2	436235.400556
LOTE*CULTIVAR	4	343161.170556
Erro	1791	4245.557105
Total corrigido	1799	

CV (%) = 42.40

Média geral: 153.6872222 Número de observações: 1.800

TABELA 10A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade individual, com 18 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	435274.050556
CULTIVAR	2	671653.573889
LOTE*CULTIVAR	4	519765.453056
Erro	1791	9555.879400
Total corrigido	1799	

CV (%) = 49.81

Média geral: 196.2727778 Número de observações: 1.800

TABELA 11A. Resumo da análise de variância dos dados percentuais de viabilidade, determinados pelo teste de condutividade individual, com 24 horas de embebição, para lotes das três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	QM
LOTE	2	494855.895556
CULTIVAR	2	1118754.193889
LOTE*CULTIVAR	4	519574.542222
Erro	1791	5138.611717
Total corrigido	1799	
CV (%) = 31.64		
Média geral: 226.5338889 Número de observações: 1.800		