

LUZINEIDE FERNANDES DE CARVALHO

TESTE RÁPIDO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

LUZINEIDE FERNANDES DE CARVALHO

TESTE RÁPIDO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 03 de agosto de 2005.

Prof. Múcio Silva Reis
(Conselheiro)

Prof^a Denise Cunha Fernandes dos
Santos Dias
(Conselheira)

Prof. Sebastião Medeiros Filho

Prof. Eduardo Euclides Lima e
Borges

Prof. Carlos Sigueyuki Sedyama
(Orientador)

“...não importa tanto o tema da
tese quanto a experiência de
trabalho que ela comporta.”

Umberto Eco

Aos meus pais Arcilon (*in memoriam*) e Julidete.

À minha avó Donamunda (*in memoriam*).

Aos meus irmãos e irmãs e aos meus sobrinho(a)s.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me acompanhar sempre, permitindo que todas as dificuldades fossem superadas ao longo desta caminhada.

Aos meus pais Arcilon (*in memoriam*) e Julidete, pelas valiosas lições da mais refinada arte: viver com dignidade.

À minha avó Donamunda (*in memoriam*), pela eterna saudade.

Aos meus irmãos e irmãs e aos meus sobrinho(a)s, pela nossa união, que vai muito além da força do sangue.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade a mim concedida de realizar o Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos.

Ao BIOAGRO, pela concessão das sementes para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Carlos Sigueyuki Sedyama, por sua sábia e presente orientação, amizade e confiança, não restringindo seus ensinamentos somente à pesquisa e à vida profissional, mas também sobre ética e cidadania.

Aos Professores Conselheiros Múcio Silva Reis e Maurílio Alves Moreira e a Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela atenção, pelo apoio e pela colaboração neste trabalho.

Aos professores que fazem o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela contribuição na minha formação profissional.

Ao funcionário Paulinho, pela valiosa ajuda, sempre com boa vontade, nas análises realizadas no Laboratório de Sementes e no Campo da Agronomia.

Ao funcionário Newton, pela grande colaboração na implantação do experimento de campo.

Ao funcionário Marcos, pela atenção e acompanhamento nas análises do teste de condutividade elétrica no Laboratório de Análise de Sementes.

Aos funcionários do Laboratório de Soja, pelos serviços prestados.

Aos funcionários do Campo Experimental Prof. Diogo Alves de Mello, pelos auxílios na condução dos ensaios de campo.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, principalmente Mara e Vicente, pela amizade, pelo apoio e pela atenção nos momentos em que precisei de sua ajuda.

Ao meu amigo Charles, pela colaboração nas análises estatísticas, e à sua família, pela amizade e colaboração.

A toda a minha família que esteve sempre presente, mesmo a distância, ao longo desta caminhada, pelo apoio, carinho e muito amor, sem os quais esta etapa não teria sido vencida.

Aos meus amigos Célia, Davy, Alexa, Janina, Nete, Guta, Marcelo, Diolino, Leopoldo, Cândida, Claudivan, Nadja, Claudete e Robson, pelo apoio, companheirismo e amizade em todas as horas, na certeza de que os momentos que passamos dentro e fora da UFV jamais serão esquecidos.

Aos meus amigos do “Tocatins” Raimundinho, Raimundão, Renato, Rodrigo e Uberlando, pelo prazer em conciliar a mesma república no início do Curso.

Aos meus amigos e vizinhos Leandro Bacci, Eliseu, André Crespo, Tederson, Eugênio, Fernando e Edmar, pela acolhida, pelo convívio, pelo apoio e pela amizade.

Aos meus amigos Marlei, Cris, Leandro, Fábio, Dany, Lindenberg, Alexandre, Guilherme e Paulo Marçal, pela amizade, pelo convívio e pelo espírito de colaboração.

À Maura e à sua família, pela convivência agradável.

Às minhas amigas-irmãs Carol, Cássia e Tina, pela torcida e pelo apoio, apesar da distância.

À família Ana, Osvaldo e Fernando, pela guarida aos domingos e feriados, tornando mais agradável a minha estada em Viçosa.

A todos aqueles que, de alguma forma, deram a sua parcela de contribuição para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

LUZINEIDE FERNANDES DE CARVALHO, filha de José Arcilon Fernandes e Julidete Fernandes de Carvalho, nasceu na localidade Brejinho, Município de Redenção do Gurguéia, Estado do Piauí, onde iniciou seus estudos primários, concluindo-os na sede do município.

Concluiu o curso Técnico em Administração no Centro Educacional 01 de Sobradinho, Distrito Federal.

Em agosto de 1988, ingressou na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Areia, PB, onde se formou Engenheira-Agrônoma em junho de 1994.

Durante a graduação, exerceu atividades de iniciação científica nas áreas de Microbiologia do Solo e de Silvicultura.

Atuou no movimento estudantil como Secretária de Movimentos Sociais do Diretório Acadêmico e como Coordenadora do Núcleo de Trabalho Permanente-Juventude e Cultura da FEAB nacional.

Exerceu suas atividades de Engenheira-Agrônoma na iniciativa privada, no período de julho 1994 a 1996.

Iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia em março de 1997, na Universidade Federal do Ceará, tendo adquirido o grau de *Master of Scientiae* em agosto de 1999.

De agosto de 2000 a agosto de 2001, foi contratada como Professora Substituta pela Universidade Federal do Piauí.

Em agosto de 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 3 de agosto de 2005.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Avaliação do vigor de sementes	4
2.2. Condutividade elétrica.....	7
2.2.1. Período de embebição	10
2.2.2. Temperatura de embebição	12
2.2.3. Efeito de sementes injuriadas e sementes duras nos resultados da condutividade elétrica da solução de embebição	13
2.2.4. Relação da condutividade elétrica com outros testes de vigor	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Primeira etapa – Ensaio de campo	19
3.2. Segunda etapa – Avaliação do teor de água e da qualidade fisiológica das sementes.....	20
3.2.1. Determinação do teor de água (TA).....	20
3.2.2. Germinação (TG) e primeira contagem da germinação (PC).....	22

	Página
3.2.3. Envelhecimento acelerado (EA).....	22
3.2.4. Emergência de plântulas em leito de areia (ELA)	23
3.2.5. Condutividade elétrica (CE)	23
3.2.6. Análise estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	26
4.2. Condutividade elétrica.....	38
4.2.1. Condutividade elétrica utilizando 20 subamostras por repetição	45
4.2.2. Condutividade elétrica utilizando 18 e 16 subamostras por repetição	56
4.4. Correlação entre os valores de condutividade elétrica e os de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em leito de areia.....	66
4.5. Correlações entre o teste de condutividade elétrica após a eliminação dos dados discrepantes e os outros testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes de soja.....	73
5. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS.....	83

RESUMO

CARVALHO, Luzineide Fernandes de, D. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2005. **Teste rápido de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja.** Orientador: Carlos Sigureyuki Sedyama. Conselheiros: Múcio Silva Reis, Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias e Maurílio Alves Moreira.

O presente trabalho teve como objetivos verificar o efeito de diferentes temperaturas e a possibilidade de redução do período de embebição das sementes no teste de condutividade elétrica; avaliar a eficiência do uso da média de dados intermediários dos resultados da condutividade elétrica da solução de embebição; e estimar a correlação entre os resultados de condutividade elétrica e os de outros testes da qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas no estádio R8 e aos 15, 30 e 45 dias após R8, nos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado, emergência em leito de areia e condutividade elétrica. No teste de condutividade elétrica, além da metodologia tradicional, na temperatura de 25 °C por 24 horas, avaliaram-se outras metodologias, utilizando 20 subamostras de 10 sementes mantidas em temperaturas de 32 °C ou de 40 °C por 10, 30, 60 e 120 minutos. Para o emprego da estimação robusta e do conjunto de dados obtidos no teste de condutividade elétrica com

20 subamostras, procedeu-se à eliminação dos valores discrepantes, reduzindo para 18 e 16 o número de subamostras. Na análise estatística, utilizaram-se os dados com 20, 18 e 16 subamostras. Os resultados indicaram o seguinte: a elevação da temperatura de embebição no teste de condutividade elétrica diminui o tempo de embebição para identificação de sementes de soja com diferentes níveis de vigor; o teste de condutividade elétrica (32 ou 40 °C por 10, 30, 60 e 120 minutos) é eficiente na avaliação rápida da qualidade das sementes de soja com diferentes níveis de vigor; o período de 10 minutos para a embebição das sementes de soja, a 32 ou 40 °C, já possibilita a separação, em curto período de tempo, de lotes de sementes pelo teste de condutividade elétrica; os testes de condutividade elétrica realizados a 32 e 40 °C, independentemente do período de embebição, correlacionaram-se com o teste de condutividade elétrica tradicionalmente utilizado, a 25 °C e 24 horas de embebição, e com os testes de envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia; e o emprego da média das observações intermediárias, mais robusta, constitui-se em opção promissora na otimização dos resultados do teste de condutividade elétrica.

ABSTRACT

CARVALHO, Luzineide Fernandes de, D. S., Universidade Federal de Viçosa, August 2005. **Rapid test of electrical conductivity for evaluation of soybean seed quality.** Adviser: Carlos Siqueyuki Sedyama. Committee members: Múcio Silva Reis, Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias and Maurílio Alves Moreira.

The aim of this work was to verify the effect of different temperatures in the reduction of soak period of soybean seeds at electrical conductivity tests; the influence of injured seeds and/or hard seeds in the results of electrical conductivity of soak solution (using efficiency and robustly of intermediate data) and correlation between the results of this test and the other tests of germination evaluation of seed vigor using different soybean cultivars, harvested in the R8 stage and at 15, 30 and 45 days after R8, in the agricultural years 2001/2002 and 2002/2003. The physiological quality of seeds was evaluated by germination test, first count of germination, accelerated aging, emergence in sand bunk and electrical conductivity. In the electrical conductivity test, besides traditional methodology, at the temperature of 25 °C during 24 hours, it was evaluated other methodologies, using 20 subsamples of 10 seeds kept at 32 °C or at 40 °C for 10, 30, 60 and 120 minutes. For the use of robust estimation, from the conjoint of data obtained in the electrical conductivity test with 20 subsamples, the discrepant values were eliminated, diminishing the number of subsamples to 18 and 16. For statistical analyses data were used

with 20, 18 and 16 subsamples. Results indicated that the elevation of soak temperature in the electrical conductivity rises the velocity and quantity of electrolytes liberated from seeds, making possible the diminishing of soaking time to identification of soybean seeds with different levels of physiological quality. Electrical conductivity test (32 °C and/or 40 °C during 10, 30, 60 or 120 minutes) is efficient in the rapid evaluation of soybean seed quality with different vigor levels. The period of 10 minutes for soaking soybean seeds, at 32 °C and/or 40 °C, is sufficient to separate seed lots according to this test. Electrical conductivity tests carried out with 32 °C and 40 °C, independently of soak period, were correlated with electrical conductivity tests traditionally used, at 25 °C and 24 hours of soaking, and with accelerate aging tests and emergence in sand bunk. Association levels among the tests of physiological quality evaluation of soybean seeds varied according to cultivars and agricultural year. The use of means of intermediate observations, more robust, to evaluate the effect of injured and/or hard seeds is a promising option to optimize the results of electrical conductivity tests. The elimination of four extremes values (two bigger and two smaller) from the conjoint of data kept in electrical conductivity tests permitted a bigger association among the values of electrical conductivity tests with the results of germination tests, first counting of germination and emergence in sand bunk.

1. INTRODUÇÃO

A semente é insumo indispensável na produção agrícola, desempenhando importante papel no aumento quantitativo e qualitativo de produtividade, sendo a utilização de sementes de alta qualidade fator preponderante para o sucesso de qualquer cultura.

O método rotineiro para determinar a qualidade das sementes – muitas vezes o único – é o teste de germinação, que, embora muito útil, não informa sobre o vigor, longevidade e emergência em campo. Além disso, necessita de um prazo de oito dias, como é o caso da soja, para informar os resultados, tempo considerado longo para atender aos interesses comerciais dos produtores de sementes.

Em razão dessas premissas, a agricultura moderna recomenda testes complementares, confiáveis, reproduzíveis e rápidos, principalmente para sementes de valor comercial elevado, como as de soja. A rapidez na avaliação da qualidade das sementes permite a tomada de decisões antecipadas durante as operações de colheita, recepção, beneficiamento e comercialização, diminuindo riscos e prejuízos (MARCOS FILHO et al., 1990). Os testes rápidos, dentro desse contexto, são importantes para a avaliação da qualidade fisiológica, pois demandam um período relativamente curto para fornecerem resultados.

Os testes rápidos mais estudados estão relacionados com eventos iniciais da seqüência de deterioração das sementes proposta por Delouche e

Baskin (1973), como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratórias e biossintéticas. Dentre eles, destaca-se o teste de condutividade elétrica, que avalia o grau de estruturação das membranas celulares em decorrência da deterioração das sementes, por meio da determinação da quantidade de íons lixiviados em solução de embebição. As sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de lixiviados, como consequência da menor estruturação e seletividade das membranas (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Atualmente, o teste de condutividade elétrica é considerado promissor na sua padronização, porém vários fatores relacionados às características da semente ou da própria metodologia empregada podem interferir nos resultados e, conseqüentemente, na interpretação do teste (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), dificultando, assim, sua padronização. Entre esses fatores, está o período (LOEFFLER et al., 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS; MARCOS FILHO, 1996; VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999a) e temperatura (LEOPOLD, 1980; GASPAR; NAKAGAWA, 2002b) de embebição, presença de danos mecânicos nas sementes (TAO, 1978) e presença de sementes duras (VERMA; RAM, 1986), os quais podem causar aumento e, ou, redução significativa na condutividade elétrica da solução de embebição das sementes.

Vale salientar que esses fatores têm sido alvo de pesquisas na busca por resultados mais consistentes. O período de embebição das sementes vem sendo considerado um fator de grande importância na padronização desse método, sendo responsável pela possibilidade de obter resultados mais rápidos. Tradicionalmente, o teste de condutividade elétrica tem sido realizado com 24 horas de condicionamento, período esse recomendado pela International Seed Testing Association (ISTA) (MATTHEWS; POWELL, 1981), Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) e por Vieira (1994) como o adequado para rotina normal dos laboratórios de análise de sementes. No entanto, várias pesquisas (LOEFFLER et al., 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS; MARCOS FILHO, 1996) têm apontado para a possibilidade de redução desse período, uma vez que períodos mais curtos têm sido capazes de discriminar lotes de sementes de soja com níveis distintos de vigor.

Outro fator que deve ser ressaltado é a temperatura de embebição, que influencia diretamente a velocidade de embebição e a lixiviação de eletrólitos

do interior das células para o meio externo (LEOPOLD, 1980; MURPHY; NOLAND, 1982). Segundo Murphy e Noland (1982), esse efeito da temperatura pode estar relacionado com a alteração na viscosidade da água. O efeito da temperatura sobre a embebição e lixiviação ocorre, basicamente, sobre a quantidade e velocidade de perda de lixiviados (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Assim, o presente trabalho teve como objetivos verificar o efeito de diferentes temperaturas e a possibilidade de redução do período de embebição das sementes no teste de condutividade elétrica; avaliar a eficiência do uso da média de dados intermediários dos resultados da condutividade elétrica da solução de embebição; e estimar a correlação entre os resultados de condutividade elétrica e os de outros testes da qualidade fisiológica de sementes de soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Avaliação do vigor de sementes

Os testes de vigor têm sido amplamente utilizados nos programas de controle de qualidade de semente, permitindo avaliá-la em cada etapa da produção, fornecendo parâmetros para estabelecer procedimentos que resultem na obtenção de sementes de alta qualidade, quer seja nas operações de pré-colheita, colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento, tratamento ou semeadura da semente.

Esse interesse pelos testes de vigor só foi possível em razão da maior compreensão do processo de deterioração. Sabe-se que a deterioração se inicia muito antes que haja diminuição da porcentagem de germinação (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Portanto, sementes com valores percentuais de germinação próximos podem apresentar níveis distintos de vigor. Assim, o uso dos testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes, a partir da maturidade (DIAS; MARCOS FILHO, 1995).

Os efeitos da deterioração sobre as respostas e desempenho das sementes são classificados por Delouche e Baskin (1973) em três tipos principais: a) danificações e disfunções dos sistemas biológicos, como degradação das membranas; b) diminuição da velocidade e, ou, intensidade e uniformidade das respostas e atividades fisiológicas, como a velocidade de

germinação e de crescimento de plântulas; e c) diminuição da tolerância aos estresses ambientais, como condições de campo menos favoráveis.

Entre muitos fatores que influenciam a velocidade e o progresso da deterioração, estão o grau de hidratação da semente, temperatura e herança genética. A qualidade das sementes de soja, por exemplo, pode ser influenciada por diversos fatores, que podem ocorrer durante a fase de produção no campo, na operação de colheita, na secagem, no beneficiamento, no armazenamento, no transporte e na semeadura. Tais fatores abrangem extremos de temperatura durante a maturação e flutuação das condições de umidade ambiente, incluindo secas, deficiências na nutrição das plantas e ocorrência de insetos, além da adoção de técnicas inadequadas de colheita, secagem e armazenamento. Ao longo do tempo, vários autores têm demonstrado que baixa qualidade de semente de soja ocorre especialmente quando a colheita é retardada, feita depois da maturidade (SEDIYAMA et al., 1972a; VIEIRA et al., 1982ab; BRACCINI et al., 1994b). Além disso, diversos patógenos podem também afetar a qualidade das sementes de soja; apesar de serem fatores distintos, a ação e a interação de todos esses fatores fisiológicos, físicos, entomológicos e patológicos contribuem para um resultado comum: a deterioração das sementes, processo natural que envolve a interação de mudanças citológicas, fisiológicas, bioquímicas e físicas das sementes e que resultam na perda do vigor e da viabilidade delas. Tekrony et al. (1987) recomendaram que, para qualquer avaliação de diferenças genéticas na qualidade fisiológica de sementes de soja, devem-se levar em consideração os efeitos do ambiente.

Fundamentados nessas premissas, os testes de vigor foram classificados e agrupados por Delouche (2002) em três categorias: 1) testes que avaliam a danificação dos sistemas básicos biológicos/bioquímicos (teste de condutividade elétrica, tetrazólio, lixiviação de potássio etc.); 2) testes que avaliam a velocidade e intensidade das atividades e respostas fisiológicas (velocidade de germinação e de crescimento e desenvolvimento de plântulas etc.); e c) testes que avaliam mudanças na resistência ou tolerância a condições de estresse (teste de frio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada etc.).

Apesar do grande número de testes de vigor, somente poucos são amplamente utilizados como rotina na análise de sementes nos laboratórios de controle de qualidade. Segundo Novembre (2001), os testes de vigor mais utilizados, no momento, são: os de frio e de envelhecimento acelerado, especialmente em sementes de milho e de soja; os de deterioração controlada; os testes de velocidade de germinação e de crescimento de plântulas; e o teste de tetrazólio.

Para AOSA (1983), o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração das sementes, de forma que, quanto mais próximos da maturidade fisiológica ou mais distante da perda da capacidade de germinação estiver o parâmetro avaliado, mais promissor será o teste, fornecendo, assim, informações complementares àquelas obtidas pelo teste de germinação.

AOSA (1983) considerou que é uma tarefa difícil avaliar a precisão dos resultados do teste de vigor, pois, além da necessidade de padronização da metodologia e interpretação dos resultados para possibilitar a comparação entre resultados obtidos por diferentes analistas e laboratórios, esses testes devem preencher outras características, como: relação com emergência de plântulas em campo, rapidez, objetividade, simplicidade, baixo custo e reprodutibilidade. Associados a isso, segundo Marcos Filho (1999), estão vários fatores que contribuem para a dificuldade de padronização, como variação de temperatura e de disponibilidade de água, que em outras condições de ambiente são mais críticas em testes em que são avaliados taxa de crescimento das plântulas ou determinado processo bioquímico, do que em um teste de germinação; além disso, existe envolvimento de microrganismos e de solo, como é o caso do teste de frio para milho.

A realização de vários testes para avaliar diferentes características da semente possibilita, no entanto, a obtenção de resultados que, reunidos, permitem estimar, com relativa precisão, o potencial de desempenho de lotes de sementes. Hampton (2001) recomendou que a interpretação de resultados dos testes de vigor deve ser feita de forma comparativa entre lotes de um mesmo cultivar, tendo sempre em mente a finalidade do uso dos resultados; pois, segundo Marcos Filho (1999), nem sempre o teste mais indicado para avaliar o potencial de emergência das plântulas em campo é o mais adequado

para detectar diferenças entre o potencial de armazenamento dos lotes de sementes de determinada espécie.

McDonald (1998) relatou que a importância da padronização dos testes de vigor torna-se fundamental à medida que as técnicas de manejo cultural se tornam mais sofisticadas, evidenciando a necessidade de utilizarem sementes de qualidade diferenciada. Nesse sentido, independentemente do sistema de produção, é preciso estabelecer a qualidade das sementes. No entanto, para ser eficiente, essa avaliação depende, principalmente, da obtenção de resultados comparáveis e, dessa forma, é fundamental que a análise seja realizada em amostras representativas, por analistas qualificados e utilizando métodos padronizados. De acordo com Novembre (2001), a análise de sementes deve ser vista como uma atividade dinâmica que apresente evolução constante, tanto pelo aprimoramento dos meios disponíveis para a avaliação da qualidade das sementes quanto pela incorporação de novos métodos.

2.2. Condutividade elétrica

A utilização de métodos rápidos, confiáveis e de fácil execução para estimar a viabilidade das sementes, já é uma necessidade nas instituições de pesquisa, empresas e laboratórios de análises de sementes, devido às vantagens proporcionadas pela rapidez dos resultados nos diversos segmentos de produção. A informação rápida e precisa da qualidade de sementes das culturas a serem implantadas representa uma garantia para o agricultor. A rápida avaliação possibilita o descarte de lote de sementes de qualidade inadequada, já na recepção ou no beneficiamento favorece a conseqüente redução de um acondicionamento desnecessário.

Os testes rápidos mais estudados estão relacionados com eventos iniciais da seqüência de deterioração das sementes, como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratórias e biossintéticas (COPELAND; McDONALD, 1995; DIAS; MARCOS FILHO, 1996). Dentre os testes rápidos, destaca-se o da condutividade elétrica. Esse teste avalia indiretamente o grau de estruturação das membranas celulares, em decorrência da deterioração das sementes, por meio da determinação da quantidade de íons lixiviados em uma solução de embebição. As sementes são

embebidas em determinado volume de água, sob temperatura controlada, durante um período preestabelecido. As sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de lixiviados, como conseqüência da menor estruturação e seletividade das membranas. Essa avaliação se baseia na concentração de íons na solução de embebição.

A organização das membranas celulares sofre alterações, em razão do desenvolvimento das sementes até atingir a maturidade fisiológica, da dessecação antes da colheita e da embebição de água que antecede a germinação. Após a maturidade fisiológica, a semente atinge uma condição de baixo teor de água, o qual é variável em função das condições ambientais, principalmente da umidade relativa do ar (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Assim, com a secagem da semente, as membranas celulares sofrem um processo de desorganização estrutural, estando tanto mais desorganizadas quanto menor o teor de água na semente (BEWLEY, 1986), perdendo, temporariamente, a sua integridade organizacional (SIMON; RAJA-HARUM, 1972). A desestruturação, desorganização e danificação das membranas também podem ocorrer por ataque de insetos, danos mecânicos e, ou, por ação do armazenamento prolongado, as quais estão ligeiramente associadas ao processo de deterioração da semente (DELOUCHE; BASKIN, 1973; BEWLEY; BLACK, 1985), reduzindo seu vigor (AOSA, 1983). Desse modo, a integridade das membranas celulares, variável em função do grau de alterações bioquímicas deteriorativas e, ou, danos físicos, pode ser considerada como a causa fundamental das alterações do nível de vigor de uma semente. Essas alterações podem ser indiretamente avaliadas, usando-se determinações de condutividade elétrica na solução de embebição de semente (POWELL, 1988).

Na fase inicial do processo de embebição, a capacidade de a semente reorganizar o sistema de membranas celulares e reparar danos físicos e, ou, biológicos, que podem ter ocorrido durante o processo de produção, irá influenciar a quantidade e a natureza de lixiviados liberados para o meio externo (SIMON; RAJA HARUM, 1972; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Assim, quanto maior a velocidade de restabelecimento da integridade das membranas, menor será a quantidade de lixiviados liberados para o meio externo e, conseqüentemente, maior o vigor da semente. O valor da

condutividade elétrica da solução de embebição das sementes varia em quantidade e tipo de lixiviados, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos, como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ (AOSA, 1983; VIEIRA, 1994; DIAS et al., 1996).

Esse teste vem sendo estudado mais intensivamente desde a década de 1960. A partir desses estudos iniciais, a avaliação da condutividade elétrica na solução de embebição de sementes passou a ser usada e estudada para avaliar a qualidade fisiológica de diferentes espécies (AOSA, 1983; MARCOS FILHO et al., 1987; VIEIRA, 1994), dentre as quais se podem destacar o algodão (PRESLEY, 1958), ervilha (CALIARI; MARCOS FILHO, 1990; NASCIMENTO; CÍCERO, 1991; RECH et al., 1999), feijão (HAMPTON et al., 1992; ANDRADE et al., 1999), milho (VIEIRA et al., 1995; FAGIOLI, 1997; ROSA et al., 2000), milheto (GASPAR; NAKAGAWA, 2002ab), amendoim (VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999ab) e soja (MARCOS FILHO et al., 1990; VIEIRA et al., 1996; VIEIRA et al., 1998; VIEIRA et al., 1999a; FESSEL et al., 2001; VIEIRA et al., 2001; VIEIRA et al., 2002;). Recentemente, essa técnica vem sendo empregada com sucesso para sementes de outras espécies: de hortaliças, como o tomate (SÁ, 1999; PANOBIANCO, 2000), pimentão (ROVERI-JOSÉ, 2001), maxixe e melão (TORRES, 1998 e 2002, respectivamente); florestais, como o ingá (BARBEDO; CÍCERO, 1998) e jacarandá (MARQUES et al., 2002ab); e forrageiras, como aveia-preta (NAKAGAWA, 2001).

Em estudos conduzidos pelo comitê de vigor da ISTA foi constatado variação nos resultados entre laboratórios, devido a fatores relacionados com as características da semente e problemas da própria metodologia empregada (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Dentre os fatores com possibilidade de interferir no teste de condutividade elétrica, estão o genótipo dentro de uma espécie e, ou, cultivar (PANOBIANCO; VIEIRA, 1996; VIEIRA et al., 1996; VIEIRA et al., 1998); o estágio de desenvolvimento no momento da colheita (POWELL, 1986); as mudanças na estrutura e composição da semente durante o desenvolvimento (STYER; CONTLIFFLE, 1983); a desestruturação das membranas (GIVELBERG et al., 1984; POWELL, 1986); o tamanho da amostra (HAMPTON et al., 1992; DESWAL; SHEORAN, 1993; GASPAR; NAKAGAWA, 2002a); a

massa da semente (HEPBURN et al., 1984; SIDDIQUE; GOODWIN, 1985); a temperatura de embebição (HAMPTON et al., 1992; VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999a; GASPAR; NAKAGAWA, 2002b); o período de embebição (LOEFFLER et al.; 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS; MARCOS FILHO, 1996); o volume de água utilizado (LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1994; TORRES, 2002); o teor de água inicial das sementes (LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1992; VIEIRA et al., 2002); a integridade de sementes danificadas fisicamente (TAO, 1978); a integridade do tegumento (SAMAD; PEARCE, 1978) e sua permeabilidade (POWELL; MATTHEWS, 1979); a cor da semente (SHORT; LACY, 1976); o tamanho do recipiente de embebição (LOEFFLER et al., 1988); o número de sementes constituintes da amostra avaliada (HAMPTON et al., 1994); o equipamento usado para leitura da condutividade (HEPBURN et al., 1984); a expressão dos resultados (SIDDIQUE; GOODWIN, 1985); e o teor de lignina do tegumento (PANOBIANCO et al., 1999), embora, dentro de certos limites, as interferências sejam pequenas ou inexistentes.

2.2.1. Período de embebição

Dentre os fatores citados anteriormente, que podem interferir no teste de condutividade elétrica, destaca-se o período de embebição da semente, considerado de extrema importância na rapidez de execução e padronização desse teste. A maioria dos trabalhos tem recomendado o período de 24 horas de embebição para que se proceda à leitura de condutividade elétrica na água de embebição das sementes consideradas graúdas, como ervilha (CALIARI; MARCOS FILHO, 1990; HAMPTON; TEKRONY, 1995), milho (LIN, 1988; BRUGGINK et al., 1991) e soja (AOSA, 1983; LOEFFLER et al., 1988; KRIZYZANOWSKI et al., 1991; VIEIRA, 1994), período esse considerado adequado para a rotina normal dos laboratórios de análise de sementes. No entanto, várias pesquisas têm apontado para a possibilidade de redução desse período, tendo em vista que períodos curtos de tempo foram capazes de discriminar lotes de sementes de soja com níveis distintos de vigor. Loeffler et al. (1988) observaram que lotes com níveis extremos de vigor podem ser discriminados após seis horas; entretanto, um período mais longo (18 a 24

horas) foi necessário para detectar diferenças naqueles lotes com níveis de vigor mais próximos. Esses resultados foram confirmados por Marcos Filho et al. (1990) e Dias e Marcos Filho (1996), que, a partir de quatro horas, discriminaram lotes de sementes de soja com diferenças de vigor mais contrastantes e 16 a 20 horas para lotes com diferença pequena de vigor.

A rapidez na obtenção das informações tem sido preconizada como fator fundamental para a dinamização dos programas de controle de qualidade interno nas empresas produtoras de sementes (DIAS; MARCOS FILHO, 1996). Nesse sentido, várias pesquisas, visando adequar o teste de condutividade elétrica a determinada espécie, têm constatado, também, redução no período de embebição para avaliação da qualidade de sementes. Em sementes de milho, valores de condutividade elétrica tomados com oito horas foram os que melhor classificaram as sementes quanto aos danos pela secagem e apresentaram as mais altas correlações com os testes de germinação, peso da matéria seca de plântulas, tetrazólio-vigor e envelhecimento acelerado (ROSA et al., 2000). Vanzolini e Nakagawa (1999b) observaram em sementes de amendoim que, com três horas, já foi possível separar os lotes de qualidade inferior, dentre os avaliados. No entanto, Dias et al. (1998), trabalhando com sementes de feijão, verificaram que somente a partir de 20 horas foi possível a identificação do lote mais vigoroso, enquanto Brouwer e Mulder (1982), com essa mesma cultura, obtiveram resultados consistentes entre as leituras obtidas com quatro e 24 horas. Em sementes menores, como as de hortaliças, a lixiviação máxima pode ocorrer num período inferior a duas horas (MURPHY; NOLAND, 1982). Para sementes de quiabo (DIAS et al., 1998) e maxixe (TORRES et al., 1998), por exemplo, com quatro horas de embebição, foi possível detectar diferenças entre os lotes e apontar o de melhor qualidade fisiológica. Em tomate, Sá (1999) e Rodo et al. (1998) verificaram redução no tempo de embebição de 24 para seis horas e quatro horas, respectivamente. Em milheto, o tempo de duas horas mostrou-se promissor para realização do teste (GASPAR; NAKAGAWA, 2002b). Para sementes de pimentão, recomendaram períodos inferiores a seis horas, já que no intervalo de seis a 24 horas não foi possível detectar diferenças entre lotes (ROVERI-JOSÉ et al., 2001).

2.2.2. Temperatura de embebição

A temperatura para embebição, tradicionalmente adotada, é a de 25 °C, por ser a mais coerente com as condições ambientais dos laboratórios de análises de sementes (LOEFFLER et al., 1988; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). A temperatura durante a embebição das sementes influencia diretamente a velocidade de embebição e a lixiviação de eletrólitos no interior das células para o meio externo (LEOPOLD, 1980; MURPHY; NOLAND, 1982). O efeito da temperatura sobre a lixiviação ocorre basicamente sobre a quantidade e a velocidade de perda de lixiviados, elevando significativamente os valores da condutividade elétrica, com aumento da temperatura de embebição de sementes de soja (LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1992), feijão-comum e feijão-mungo (HAMPTON et al., 1992). De acordo com Leopold (1980) e Hampton et al. (1992), a elevação da temperatura altera os valores de condutividade elétrica, mas não, necessariamente, a classificação dos lotes.

Na literatura, há poucos registros de estudos que associam a elevação da temperatura com uma possível redução do período de embebição, principalmente nas culturas de valor econômico mais elevado, como é o caso da soja. Isso pode ser explicado pelo fato de a temperatura de 25 °C ser praticamente padronizada, concentrando, assim, as pesquisas na variação do período de embebição das sementes. No entanto, naquelas culturas em que se busca a adequação do teste de condutividade elétrica, verificou-se que essa relação (temperatura x período de embebição) é mais freqüente.

Desse modo, Vanzolini e Nakagawa (1999a) demonstraram diferenciação de nível de vigor entre os lotes de sementes de amendoim, à semelhança da porcentagem de emergência de plântulas em campo, quando associaram o período de embebição de três horas à temperatura de 40 °C. Resultados semelhantes foram verificados por Marques et al. (2002b), que, estudando três lotes de sementes de jacarandá, acondicionadas nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, observaram que a 30 °C foi possível discriminar os lotes quanto à sua qualidade fisiológica a partir de 12 horas, enquanto isso só foi possível após 18 horas a 25 °C e após 24 horas à temperatura de 20 °C. Entretanto, Gaspar e Nakagawa (2002b) observaram

que não houve diferença entre as temperaturas estudadas (20, 25, 30, 35 e 40 °C), podendo qualquer uma ser utilizada para a realização do teste de condutividade elétrica em sementes de milho.

Além da temperatura de embebição, a temperatura durante a avaliação pode ter efeito significativo e direto sobre os resultados da condutividade elétrica (LOEFFLER et al., 1988). Esses autores, estudando sementes de soja, demonstraram que aumentos ou reduções de 5 °C na temperatura durante as leituras da condutividade elétrica provocaram alterações significativas nos resultados.

2.2.3. Efeito de sementes injuriadas e sementes duras nos resultados da condutividade elétrica da solução de embebição

A maior variabilidade em um pequeno número de sementes pode estar associada a uma ou duas sementes danificadas (TAO, 1978), razão pela qual a AOSA (1983), Marcos Filho et al. (1987) e Krzyzanowski et al. (1991) recomendaram que o teste de condutividade elétrica fosse realizado apenas com sementes não danificadas, ou seja, selecionadas. Tal procedimento, no entanto, foi criticado por alguns pesquisadores. Powell (1988) relatou que a eliminação de sementes danificadas resulta numa superestimação do vigor do lote de sementes, enquanto Oliveira (1984) alegou que a remoção dessas sementes excluiria uma das principais causas de redução da emergência de plântulas em campo. Além disso, as melhores correlações entre condutividade e emergência em campo foram obtidas quando a amostra para determinação da condutividade foi retirada da fração sementes puras, comparadas com aquelas em que as sementes danificadas foram removidas. Também Loeffler et al. (1988) demonstraram que a identificação visual de sementes danificadas mecanicamente e, ou, por insetos antes do teste era inadequada e recomendaram que as sementes deveriam ser retiradas ao acaso da fração de sementes puras. Posteriormente, essa recomendação foi acatada e indicada por Vieira (1994), Hampton e Tekrony (1995) e Vieira e Krzyzanowski (1999), sendo, portanto, recomendada a seleção apenas em casos específicos, como o estudo de genótipo, em que se isolam todos os outros fatores que interferem nos resultados dos testes de condutividade elétrica.

Como forma de diluir os efeitos de eventuais sementes danificadas, Loeffler et al. (1988) recomendaram aumentar o tamanho da amostra. Esses autores constataram que, com o aumento do número de sementes de soja testadas de 25 para 50 por repetição, houve redução nos coeficientes de variação do teste, de 19,0 para 9,8, respectivamente, mesmo sem escolha prévia. Esses resultados foram confirmados mais tarde por Hampton et al. (1992) na determinação da condutividade elétrica de sementes de soja, feijão e feijão-mungo. Na verdade, o que se verifica é que, quanto menor o número de repetições e de sementes por repetição, maior é a variabilidade entre os resultados (LOEFFLER et al., 1988).

Fratin (1987), citado por Dias e Marcos Filho (1995), trabalhando com sementes de milho, observou, no entanto, que a única vantagem da eliminação de sementes danificadas do teste, conforme sugestão (TAO, 1980), deveu-se à redução dos coeficientes de variação, indicando menor variabilidade entre repetições, pois todos os tratamentos, com ou sem escolha de sementes, apresentaram concordância quanto à ordenação dos lotes em níveis de vigor.

Como resultados dessa controvérsia, surgiram várias recomendações em termos de número de repetições e número de sementes, como o uso de quatro repetições de 25 sementes (AOSA, 1983; KRZYZANOWSKI et al., 1991), duas de 50 (ISTA, 1987) e quatro de 50 (LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON, 1990).

Em função desses resultados, atualmente tem-se recomendado o uso de quatro repetições de 50 sementes (LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON, 1990; VIEIRA, 1994), oriundas da fração de sementes fisicamente puras. Assim, no sentido de aprimoramento do teste de condutividade elétrica, várias metodologias têm sido propostas (AOSA, 1983; ISTA, 1987; LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON, 1990), o que indica que algum refinamento de metodologia ainda constitui um desafio para a pesquisa de tecnologia de sementes.

Outro fator que merece destaque é o grau de dureza da semente. Semente dura é um tipo de dormência de sementes, resultando na redução da permeabilidade do tegumento à água, sendo dependente de fatores genéticos (KILEN; HARTWIG, 1978) e de fatores edafoclimáticos.

Essa característica existe em muitas espécies de sementes graúdas, inclusive em soja, em que a presença de mais de 1 ou 2% de sementes duras no plantio é considerada indesejável (POTTS et al., 1978). A quantidade de

sementes duras varia de acordo com idade, espécie e cultivar, grau de umidade e estado de maturação; geralmente, após certo período de armazenamento, essa quantidade diminui acentuadamente (MARCOS FILHO, 1987).

Potts et al. (1978) demonstraram que cultivares de soja portadores do caráter semente dura foram os que menos absorveram umidade. Nesse contexto, acredita-se que os valores de condutividade elétrica na solução de embebição de sementes de soja sejam também influenciados pelo grau de dureza das sementes. Isso foi comprovado por Verma e Ram (1986) ao observarem que, quanto maior a porcentagem de sementes duras, menor o valor da condutividade elétrica. Braccini et al. (1994b), estudando linhagens de soja com essas características por meio do teste de pH do exsudato, verificaram que 30 e 45 minutos de imersão não foram suficientes para que essas sementes embebessem quantidade suficiente de água para ocorrer lixiviação dos íons. Cumpre ressaltar que o teste pH do exsudato tem princípio similar ao de condutividade elétrica.

Calero et al. (1981) afirmaram que a absorção de água por semente de soja é controlada pela forma e tamanho dos poros do tegumento e pela quantidade de material ceroso presente nas células epidérmicas. Tavares et al. (1987) observaram que sementes de soja portadoras de tegumento impermeável à água estavam relacionadas à porcentagem mais alta de teor de lignina no tegumento em relação às sementes permeáveis, o que pode ser a característica responsável pela mais alta qualidade apresentada por esse tipo de sementes. Do mesmo modo, Alvarez (1997) verificou diferenças no teor de lignina entre genótipos de soja, e Panobianco e Vieira (1996) observaram que a condutividade elétrica na solução de embebição das sementes de soja foram significativamente influenciadas pelo genótipo, permitindo inferir que as diferenças observadas entre genótipos quanto à condutividade elétrica poderiam ser explicadas pelo fato de maior lignificação das células do tegumento poder dificultar o processo de embebição da semente, influenciando, assim, a perda de lixiviados. Mais recentemente, Panobianco et al. (1999) demonstraram que o teor de lignina no tegumento da semente está associado à impermeabilidade de sementes de certos genótipos de soja, influenciando, desse modo, a condutividade elétrica da solução de embebição.

É importante destacar que esses trabalhos, na sua maioria, foram realizados de forma convencional, ou seja, observando tratamentos com sementes selecionadas e comparando-os com tratamentos com sementes provenientes da fração sementes puras (sem seleção prévia), nos quais foram verificados picos elevados (sementes danificada) e, ou, valores muito baixos (sementes duras) de condutividade elétrica no conjunto de dados obtidos após a aplicação do teste, mascarando, talvez, a precisão dos resultados.

Do ponto de vista estatístico, se o conjunto de dados apresentar valores discrepantes (distribuição assimétrica) e o modelo gerador de dados pertencer a uma vizinhança de contaminação do modelo central normal (média), recomenda-se, então, o emprego de estimadores não-tendenciosos, precisos e robustos como alternativa para otimização dos resultados.

A maioria dos trabalhos utiliza a eficiência da média como forma útil de descrever um grupo de dados como um todo, o qual consiste em encontrar um único número que represente o que é médio ou característico naquele particular conjunto de dados. Os métodos matemáticos e de estatística clássica utilizam amostras independentes e identicamente distribuídas. Nesses casos, a média é um ótimo estimador (distribuição simétrica), entretanto, a média é pouco resistente e muito afetada por observações atípicas (“outliers”), sobretudo aquelas que produzem distribuições de caudas longas e assimetria acentuada (SALIBIAN-BARRERA, 2005).

A média, ao contrário da mediana, é uma medida muito influenciada por valores extremos – muito altos (“outliers”) e muito baixos (“outliers”) –, mesmo que esses valores surjam em pequeno número na amostra (COSTA NETO, 1977). Esses valores são os responsáveis pela inadequada utilização da média em situações em que teria mais significado utilizar a mediana, pois esta é mais resistente a “outliers” que a média, ou seja, é mais robusta do que a média, pois não é tão sensível aos dados atípicos (COSTA NETO, 1977; RIBEIRO JÚNIOR, 2004; SANTANA; RANAL, 2004).

2.2.4. Relação da condutividade elétrica com outros testes de vigor

Os primeiros relatos do uso do princípio da condutividade elétrica como meio de avaliar a viabilidade de sementes foram os trabalhos de Fick e Hibbard

(1925) e Hibbard e Miller (1928), os quais verificaram a variação da resistência elétrica em função da viabilidade das sementes. Porém, não puderam detectar diferenças entre lotes de sementes, em termos de resistência elétrica, quando a variação da germinação foi somente de 2-3% entre eles.

O teste de condutividade elétrica tem sido considerado por pesquisadores como um bom indicador da emergência de plântulas em campo. Marcos Filho et al. (1986) e Rech et al. (1999), entre outros, demonstraram correlação altamente significativa entre essas características para sementes de ervilha.

Dos estudos iniciais com sementes de ervilha, várias pesquisas, envolvendo a condutividade, têm sido conduzidas como método para adaptar seu uso para outras espécies, a exemplo da soja. McDonald Jr. (1978) considerou que a condutividade elétrica para soja e milho não foi adequada para separar lotes com diferenças de vigor. Entretanto, Tao (1978) obteve informações consistentes sobre o teste para ambas as espécies, destacando que, com relação à soja, houve correlação com a emergência em campo. Resultados semelhantes foram obtidos por Yaklich et al. (1979), também em sementes de soja. O teste de condutividade elétrica aplicado em sementes de soja foi também considerado um indicador mais eficiente da emergência de plântula em campo do que o teste de germinação (OLIVEIRA et al., 1984).

Estudos com sementes de soja colhidas em diferentes épocas e armazenadas em ambientes distintos demonstraram que o conjunto de informação proporcionado pelos testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade permite diferenciar níveis de qualidade fisiológica das sementes e estimar o potencial de emergência de plântulas em campo, com destaque para a condutividade que forneceu informações mais precisas (MARCOS FILHO et al., 1986). Prete et al. (1994) detectaram correlação negativa altamente significativa entre condutividade e emergência de plântulas de soja em campo. O teste foi, então, suficiente para classificar lotes de sementes e cultivares dentro de níveis de vigor.

Mais recentemente, Vieira et al. (1999a), trabalhando com sementes de soja, após as avaliações de qualidade e experimentos de emergência em campo concluíram que o teste de condutividade elétrica, por meio do uso de faixas de valores, permite estimar, com alto grau de precisão, o desempenho

de lotes em campo, dependendo das condições climáticas presentes no momento da sementeira. Resultado semelhante foi encontrado por Fagioli (1997) com sementes de milho.

A maioria dos trabalhos concentra estudo sobre a relação dos testes de condutividade com a emergência de plântulas em campo, sendo poucos aqueles que correlacionam os resultados de condutividade com outros testes de vigor. Nesse sentido, Loeffler et al. (1988) observaram correlação com outros testes de avaliação de vigor como primeira contagem, velocidade de germinação e envelhecimento acelerado. Resultados similares aos de Vieira et al. (1999b) apontaram que o teste de condutividade é correlacionado com o de emergência de plântulas em campo, com o teste de germinação e envelhecimento acelerado. Do mesmo modo, Santos (2004) verificou correlação significativa entre os testes de condutividade elétrica e de germinação.

Ayala-Aguilera e Menezes (2000) constataram que os testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica são bons indicadores para selecionar cultivares de soja em relação à qualidade das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Salinas et al. (2001), em estudo comparativo entre os testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de soja, tendo verificado que o teste de condutividade elétrica é considerado bom para detectar as alterações nas membranas citoplasmáticas, em estádios precoces de deterioração.

A utilização dos testes de condutividade elétrica, germinação e envelhecimento acelerado permitiu, no entanto, constatar que eles não foram eficientes na identificação de variação na qualidade fisiológica de sementes de soja, entre genótipos, quando colhidas no ponto de maturidade fisiológica (VIEIRA et al., 1998). Também Vieira et al. (2001), avaliando o vigor de sementes de soja, por meio do teste de condutividade elétrica, após o armazenamento em diferentes temperaturas, verificaram que o teste não foi bom indicador da deterioração e do vigor das sementes quando armazenadas em baixas temperaturas, destacando-se o de envelhecimento acelerado como o mais sensível na identificação da deterioração das sementes nessas condições de ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em duas etapas: a primeira, no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Mello; e a segunda, no Laboratório de Análise de Sementes e casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. A primeira etapa compreendeu a multiplicação das sementes em ensaios de campo, nos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003. A segunda consistiu na avaliação da qualidade fisiológica das sementes colhidas nesses ensaios, por meio de testes de germinação e vigor.

3.1. Primeira etapa – Ensaios de campo

Foram utilizadas, no ensaio do primeiro ano agrícola, sementes dos cultivares Cristalina, Doko-RC, CAC-1 e Emgopa 312 e, no ensaio do segundo ano, empregaram-se os referidos cultivares, do ensaio anterior, acrescentando as variedades triplo-nulas (ausência de lipoxigenase nas sementes): UFV TN-102 derivada do cultivar CAC-1 e UFV TN-104 originada do cultivar Cristalina.

Os ensaios foram constituídos de dois blocos cada um, com quatro parcelas no primeiro ano agrícola e de três blocos cada um com seis parcelas no segundo ano. Cada parcela foi constituída por 10 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m entre si. Consideraram-se como área útil da parcela somente 4 m das oito linhas centrais, com a ressalva de que as

duas linhas laterais e 0,50 m das extremidades corresponderam à bordadura, totalizando 14 m². O espaçamento entre as parcelas dentro de cada bloco foi de 1,0 m. Para a obtenção da densidade populacional recomendada, foi realizada semeadura de 20 sementes por metro linear, levando-se em consideração o potencial de germinação. Após 20 dias, aproximadamente, da emergência, realizaram-se os desbastes manuais, deixando em torno 15 plantas por metro linear por parcela. Foram retiradas as plantas atípicas, com base na cor da flor, na cor da pubescência, no hábito de crescimento e no ciclo para florescimento e maturação.

Com a finalidade de induzir diferenciação de níveis de vigor das sementes, a colheita foi realizada em quatro épocas, sendo a primeira no estágio de maturação R8 da escala de Fehr e Caviness (1977), quando as plantas apresentaram 95% das vagens maduras, enquanto a segunda, terceira e quarta colheitas foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias após o estágio R8, respectivamente. Em cada época, foram colhidas as plantas de duas fileiras aleatoriamente e, após a secagem, foi realizada a debulha das vagens em trilhadeira estacionária. As sementes foram acondicionadas em saco de papel e armazenadas em câmara fria à temperatura de 10 °C ± 2 °C e umidade relativa 60% até a realização dos testes para avaliação da qualidade fisiológica.

Os dados de temperatura e precipitação observados durante o período de condução dos ensaios no campo são apresentados na Figura 1, referentes aos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B).

3.2. Segunda etapa – Avaliação do teor de água e da qualidade fisiológica das sementes

Os testes realizados para atingir os objetivos propostos foram os relatados nos tópicos subseqüentes.

3.2.1. Determinação do teor de água (TA)

Foi efetuada em estufa a 105 °C ± 3 °C, durante 24 horas, utilizando-se duas amostras de sementes para cada tratamento, segundo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram

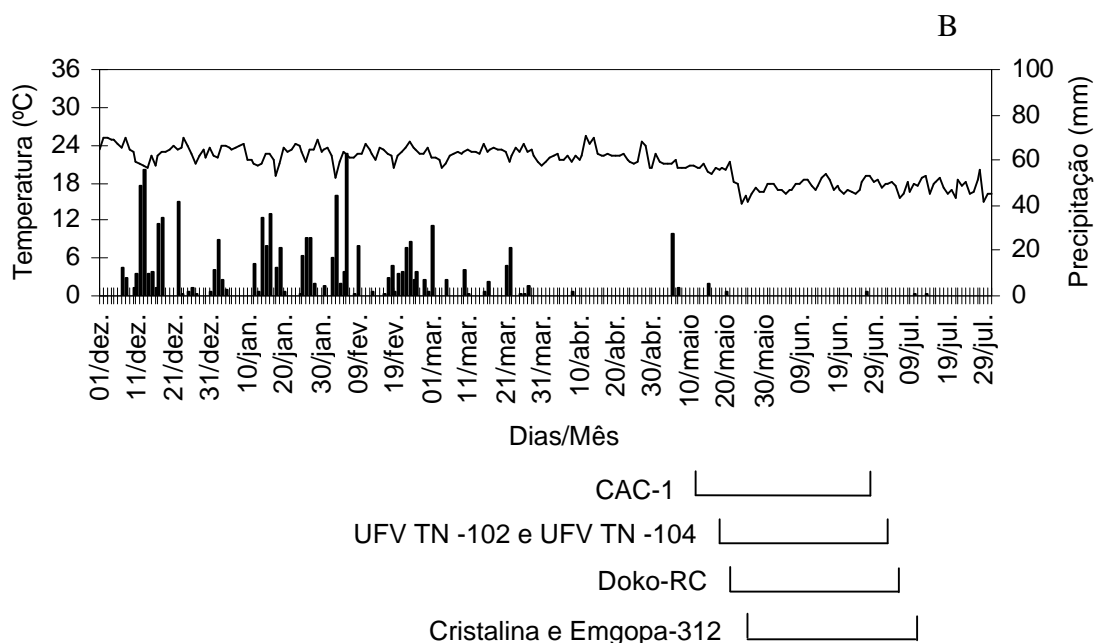
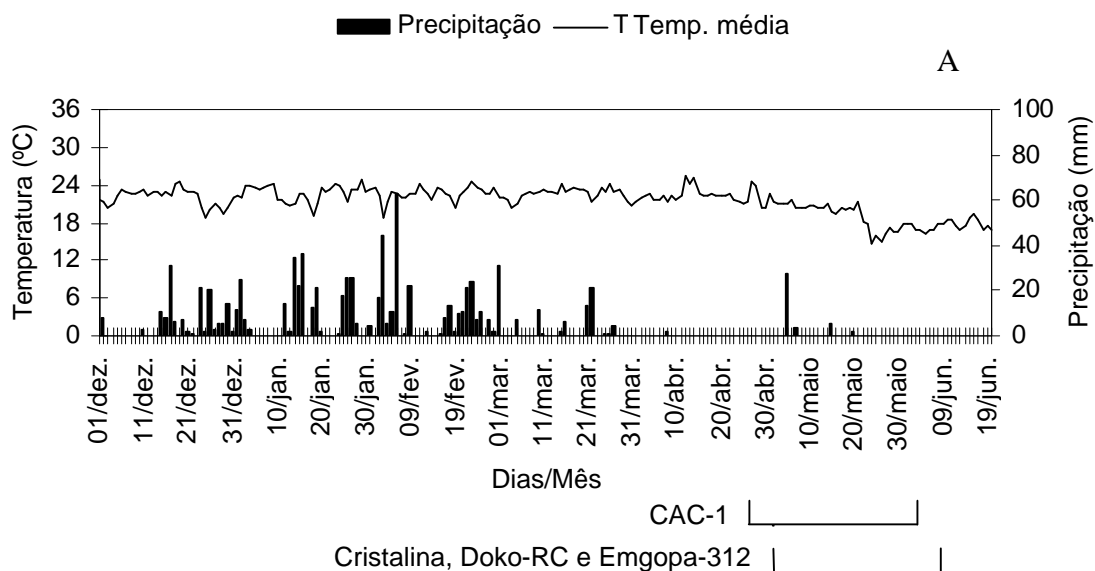


Figura 1 – Dados diários de precipitação pluvial (mm) e temperatura média do ar (°C) em Viçosa, MG, durante a produção e colheita das sementes no campo: (A) 2001/2002 e (B) 2002/2003.

expressos em porcentagem média com base no peso úmido da amostra. Essa determinação foi feita apenas nas sementes colhidas no ensaio do ano agrícola 2002/2003.

3.2.2. Germinação (TG) e primeira contagem da germinação (PC)

Foram utilizadas quatro e duas subamostras de 50 sementes por tratamento, nos ensaios do primeiro e segundo ano, respectivamente. As sementes foram distribuídas sobre papel “germitest” previamente umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos confeccionados foram mantidos em germinador à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas aos cinco dias (primeira contagem) e aos oito dias após a instalação do teste (contagem final). Foram determinadas as porcentagens de plântulas normais, anormais e sementes mortas, sendo os resultados expressos em % de plântulas normais, segundo os critérios estabelecidos pelas Regas para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.2.3. Envelhecimento acelerado (EA)

Esse teste seguiu a metodologia recomendada pela AOSA (1983). Foram utilizadas caixas plásticas (gerbox) contendo, ao fundo, 40 mL de água destilada, nas quais foram colocadas 200 e 100 sementes por tratamento, colhidas no primeiro (2001/2002) e segundo (2002/2003) ensaios de campo, respectivamente, sobre tela de aço isolando as sementes da água. As caixas foram mantidas em estufa incubadora tipo BOD à temperatura de $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 48 h. Em seguida, instalou-se o teste de germinação com quatro e duas subamostras de 50 sementes por tratamento, no primeiro e segundo ensaios de campo, respectivamente, seguindo-se a metodologia descrita para o teste de germinação, sendo a avaliação do número de plântulas normais feita aos cinco dias após a instalação do teste, expressando-se os resultados em %.

3.2.4. Emergência de plântulas em leito de areia (ELA)

Esse teste foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se bandejas plásticas (27 x 32 x 6 cm) contendo areia previamente lavada e tratada com brometo de metila. No primeiro ensaio foram semeadas cinco subamostras de 40 sementes por tratamento em cinco sulcos por bandeja; no segundo ensaio foram semeadas 100 sementes, quatro subamostras de 25 sementes por sulco, num total de quatro sulcos por bandeja. Durante a condução do teste, a temperatura foi registrada duas vezes ao dia (manhã e tarde), discriminando-se as temperaturas máximas e mínimas. Realizaram-se irrigações sempre que necessário. A avaliação e contagem das plântulas normais foram realizadas quando a maioria das plântulas apresentou o primeiro par de folhas unifolioladas, completamente expandidas.

3.2.5. Condutividade elétrica (CE)

Nesse teste, além da metodologia tradicional, estudaram-se outras metodologias, que serão explicadas a seguir. Todas foram realizadas pelo método de massa, com sementes não-selecionadas, conforme sugerido por Loeffler et al. (1988).

Metodologia tradicional: consistiu de duas (no primeiro ensaio) e de três (no segundo ensaio) repetições de campo, com quatro subamostras de 50 sementes em cada repetição, pesadas com precisão de duas casas decimais e colocadas em copos plásticos (200 mL) contendo 75 mL de água destilada. Em seguida foram levadas para germinador na temperatura de 25 °C, em que permaneceram por 24 h. Após esse período, os recipientes foram retirados (16 copos de cada vez) e, com um bastão, as soluções contendo as sementes foram levemente agitadas para uniformização dos lixiviados, e imediatamente procedeu-se à leitura em condutímetro (VIEIRA, 1994). Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de sementes.

Metodologia proposta 1: cada repetição foi constituída de 20 subamostras de 10 sementes, colocadas em copos plásticos com 25 mL de água destilada e mantidos por 10, 30, 60 e 120 minutos em incubadora tipo

BOD, na temperatura de 32 °C. Decorrido cada período de embebição, procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de sementes.

Metodologia proposta 2: seguiu-se o mesmo procedimento da metodologia proposta 1, porém utilizando a temperatura de 40 °C.

Com as finalidades de melhorar os resultados do teste de condutividade elétrica e minimizar a contaminação da média por dados discrepantes, procedeu-se à eliminação das observações atípicas (outliers) do conjunto de dados obtidos no teste de condutividade elétrica realizado com 20 subamostras, e utilizaram-se os dados intermediários para estimar o valor médio e, assim, realizar a análise estatística.

Metodologia proposta 3: procedeu-se à eliminação do maior e menor valores de condutividade elétrica obtidos nas metodologias 1 e 2, reduzindo para 18 o número de subamostras.

Metodologia proposta 4: procedimento similar à metodologia anterior, porém nesta eliminaram-se dois valores maiores e dois menores, diminuindo para 16 o número de subamostras.

3.2.6. Análise estatística

Os dados foram analisados conforme o modelo experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, tendo como parcelas as variedades e como subparcelas as épocas de colheita. Nos testes de condutividade elétrica (tradicional e com 20, 18 e 16 subamostras), a análise de variância foi efetuada separadamente, para cada temperatura e cada período de embebição. Os dados provenientes dos testes de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em leito de areia foram transformados antes das análises em arco-seno. $(\sqrt{x/100})$. Para a expressão dos perfis dos cultivares quanto à qualidade fisiológica das sementes, calcularam-se as médias e os desvios-padrão. Posteriormente, calcularam-se também os coeficientes de correlação simples (r) entre os dados

de condutividade elétrica e os outros testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes, separadamente para cada cultivar. A significância dos valores de r foi determinada pelo teste t a 5 e 1% de probabilidade. Nos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica – metodologia tradicional, em que foi verificado efeito da interação cultivar x época de colheita –, realizou-se análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados referentes aos testes empregados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de soja colhidas nos ensaios dos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003. Como nos dois anos foram utilizados cultivares diferentes, optou-se por apresentar os dados separadamente.

4.1. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

As análises de variância dos dados dos testes de germinação (TG), primeira contagem da germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas em leito de areia (ELA), realizadas no primeiro ano agrícola (2001/2002), indicaram que não houve diferenças significativas entre os cultivares. Em épocas de colheita, constataram-se efeitos significativos em todos os testes empregados. Entretanto, não se verificaram efeitos significativos da interação cultivar x épocas de colheita em nenhum dos testes realizados (Quadro 1). No segundo ano (2002/2003), foram observados valores de F significativos dos efeitos de cultivar somente no teste de emergência de plântulas em leito de areia. Com relação ao efeito de épocas, assim como no ano anterior, constataram-se diferenças significativas em todos os testes estudados. Contudo, diferentemente do primeiro ano, a interação cultivar x épocas de colheita foi significativa no teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, indicando existir dependência entre os efeitos dos fatores (Quadro 2).

Quadro 1 – Análise de variância dos dados dos testes de germinação (PG), primeira contagem da germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), emergência de plântulas em leito de areia (ELA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de quatro cultivares de soja estudados no ano agrícola 2001/2002, em quatro épocas de colheita

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios									
		TG	F	PC	F	EA	F	ELA	F	CE	F
Bloco	1	38,24		93,54		237,02		179,17		185,23	
Cultivar (C)	3	53,10	0,47	44,61	0,47	150,24	2,68	61,65	1,77	903,99	24,11*
Erro (a)	3	113,15		94,29		56,13		34,91		37,49	
Época (E)	3	1776,51	60,86**	1819,26	63,68**	2369,67	28,32**	850,29	33,64**	2582,98	28,70**
CXE	9	28,58	0,98	32,17	1,13	66,74	0,80	56,04	2,22	88,05	0,98
Erro (b)	12	29,19		28,57		83,67		25,28		89,99	
CVa(%)		19,80		17,36		16,34		8,84		5,09	
CVb(%)		9,46		9,55		19,97		10,38		7,89	
Média geral		57,14		55,94		45,80		56,90		120,23	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 2 – Análise de variância dos dados dos testes de germinação (TG), primeira contagem da germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), emergência de plântulas em leito de areia (ELA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de seis cultivares de soja estudados no ano agrícola 2002/2003, em quatro épocas de colheita

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						GL	Quadrados Médios		GL	Quadrados Médios	
		TG	F	PC	F	EA	F		ELA	F		CE	F
Bloco	2	212,18		240,12		153,94		2	116,19		2	813,71	
Cultivar (C)	5	60,50	1,48	46,36	0,96	73,57	1,23	5	258,81	3,80*	5	1927,12	5,87*
Erro(a)	9	40,77		48,22		59,65		9	68,03		9	328,31	
Época(E)	3	4087,18	74,71**	4452,65	72,02**	2753,70	107,92**	3	3116,12	94,02**	3	15305,30	107,20**
CXE	15	34,80	0,64	49,58	0,80	75,11	2,94**	15	35,00	1,06	15	289,57	2,03*
Crist- linear	1	-	-	-	-	559,55	21,92**	-	-	-	1	4707,33	32,97**
Crist- quad.	1	-	-	-	-	174,57	6,84*	-	-	-	1	-	-
Doko- linear	1	-	-	-	-	2217,45	86,89**	-	-	-	1	14414,69	100,96**
CAC-1 linear	1	-	-	-	-	1235,06	48,40**	-	-	-	1	4241,67	29,71**
Emgopa-312 - linear	1	-	-	-	-	570,78	22,37**	-	-	-	1	5232,66	36,65**
UFV-TN-102- linear	1	-	-	-	-	1849,04	72,45**	-	-	-	1	9937,45	69,60**
UFV-TN-104- linear	1	-	-	-	-	2801,80	109,79	-	-	-	1	11592,04	81,19**
Erro(b)	33	54,70		61,82		25,52		28	33,14		30	142,78	
CVa (%)		12,05		13,54		21,34			15,20			14,61	
CVb(%)		13,96		15,33		13,96			10,76			9,63	
Média Geral		52,99		51,29		36,18			54,25			123,99	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Os resultados dos referidos testes, realizados no primeiro ano de estudo, são apresentados na Figura 2. Observa-se, nessa figura, que, embora não tenham sido verificadas diferenças estatísticas entre cultivares (Quadro 1), há concordância entre os testes na indicação das sementes de Cristalina e Doko-RC, como de qualidade superior em relação às de CAC-1 e Emgopa-312. Contudo, verificou-se que, nos testes de germinação (Figura 2A) e primeira contagem da germinação (Figura 2B), as diferenças foram menos acentuadas do que nos testes de envelhecimento acelerado (Figura 2C) e emergência em leite de areia (Figura 2D), cujos resultados demonstraram maior sensibilidade na distinção de qualidade das sementes. Porém, deve-se considerar que a menor e maior sensibilidade dos testes em discriminar lotes quanto à viabilidade e vigor das sementes é decorrência de os testes empregados (germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas) avaliarem atributos ou estádios diferentes de deterioração das sementes, ou seja, a capacidade de reação das sementes quando expostas a condições favoráveis ou a diferentes situações de estresse; conseqüentemente, um mesmo lote pode exibir reações variáveis diante de ambiente de alta ou baixa temperatura (MARCOS FILHO et al., 1990). Similaridade entre os testes de germinação e primeira contagem foi verificada por Marcos Filho et al. (1984), ao verificarem serem esses testes eficientes para detectar diferenças entre lotes de sementes de soja. No entanto, Vieira et al. (1998) observaram que o teste de germinação não detectou diferença significativa entre cultivares de soja em função das épocas de colheita. Vale ressaltar que, embora o teste de germinação possa fornecer informações sobre o desempenho das sementes e a primeira contagem da germinação possa ser considerada um indicativo de vigor, sabe-se que a germinação e a redução da velocidade de germinação não estão entre os primeiros eventos do processo de deterioração de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973), justificando, assim, a menor eficiência desses testes em detectar diferenças de viabilidade e vigor e conseqüente agrupamento de médias no presente trabalho.

Com relação às épocas de colheita, verificaram-se maior porcentagem de germinação e vigor nas sementes colhidas em R8, ocorrendo redução na qualidade fisiológica à medida que as sementes foram permanecendo no campo, atingindo valor mínimo aos 45 dias após R8 (Figura 2). Esse

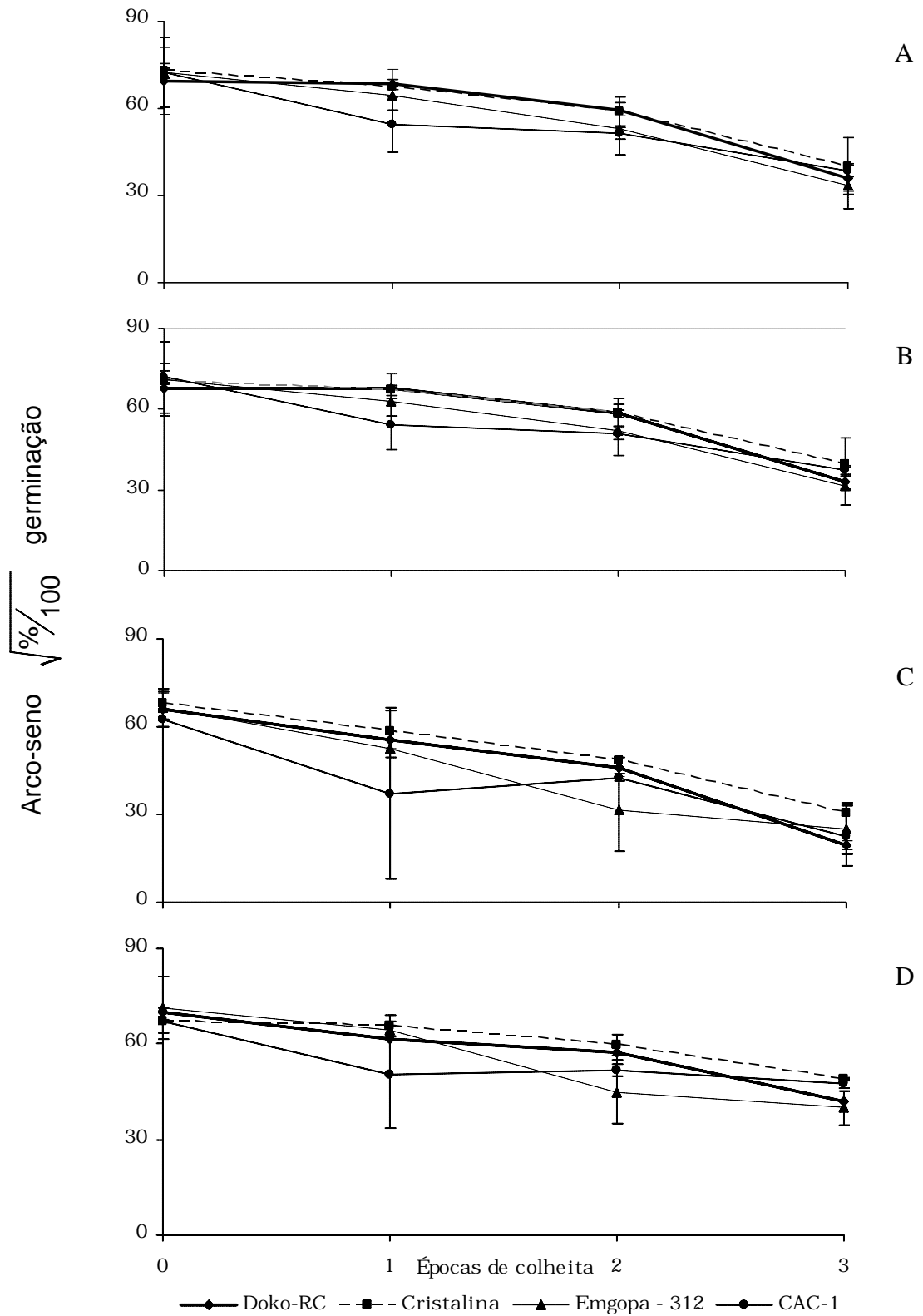


Figura 2 – Germinação (A), primeira contagem (B), envelhecimento acelerado(C) e emergência de plântulas em leito de areia (D) das sementes de quatro cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8. Viçosa, MG, 2001/2002.

comportamento foi observado em todos os cultivares, em todos os testes realizados, evidenciando a influência do ambiente na deterioração das sementes, proporcionada pelo retardamento da colheita, que também foi constatado por vários autores (SEDIYAMA et al., 1972ab e 1982; OLIVEIRA, 1996; VIEIRA et al., 1998; DIAS, 1999). O declínio da qualidade das sementes ocorreu em épocas diferentes, sendo mais intenso em uns do que em outros cultivares, concordando com os resultados obtidos por Braccini (1994b).

Nas sementes dos cultivares Cristalina e Doko-RC ocorreu queda na germinação e vigor somente a partir da terceira época de colheita (R8+30) (Figura 2), indicando que 30 dias de retardamento não provocaram redução significativas na qualidade das sementes. No cultivar Emgopa-312, a queda na qualidade de suas sementes inicia-se a partir de 15 dias após R8 (Figura 2), havendo estabilização do vigor até a última época de colheita (Figura 2CD). Já a qualidade das sementes de CAC-1 oscilou em função das épocas de colheita.

Verificou-se também que, de acordo com o teste empregado, houve pequenas mudanças no comportamento das sementes dos diferentes cultivares (Figura 2). Observou-se, pelos testes de germinação e primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia, que o cultivar Cristalina apresentou sementes com qualidade superior em todas as épocas de colheita, enquanto as sementes de Doko-RC exibiram comportamento similar ao da Cristalina até R8+30. A partir daí, constatou-se queda na qualidade de suas sementes, obtendo valores semelhantes aos de Emgopa-312 na última época de colheita (R8+45). Braccini et al. (1994a), Dias (1999) e Martins (2001) encontraram superioridade das sementes de Doko-RC entre diferentes genótipos de soja com o atraso de colheita. Segundo Alvarez et al. (1997), essa particularidade é devida ao alto conteúdo de lignina presente no tegumento das sementes desse cultivar.

Pode-se perceber que, até R8 + 30, tanto para Cristalina quanto para Doko-RC, as condições climáticas ocorridas durante o período em que as plantas permaneceram no campo, da maturidade fisiológica à colheita, não foram adversas a tal ponto de provocar redução da qualidade fisiológica (Figura 2). Costa (1986) relatou que condições climáticas desfavoráveis durante o período de retardamento de colheita prejudicam a germinação das sementes

de soja de diversos genótipos, provocando grande porcentagem de sementes mortas. Em seu estudo, observou que o cultivar Doko, dentre outros, sobressaiu, apresentando melhor qualidade fisiológica em diferentes localidades. No entanto, no presente trabalho as sementes de Doko-RC apresentaram queda de qualidade em R8 + 45 dias, atingindo o menor vigor pelo teste de envelhecimento acelerado (Figura 2C), igualando-se ao cultivar Emgopa-312, no teste de emergência em leito de areia (Figura 2D), com qualidade inferior aos demais. Esses resultados discordam dos de Braccini et al. (1994a), que, trabalhando com diferentes variedades e linhagens de soja, em Viçosa, MG, destacaram qualidade fisiológica satisfatória da variedade Doko até os 45 dias de retardamento da colheita. Entretanto, segundo Vieira et al. (2002), dependendo da espécie, da região de produção e da época de colheita, pode ser encontrada amplitude muito grande entre resultados. Assim, a análise comparativa dos dados indicou, de maneira geral, queda na qualidade das sementes, à medida que elas permaneceram sob condições adversas de campo, acentuando-se aos 45 dias após R8 (Figura 2). Além disso, destacaram-se as sementes do cultivar Cristalina com maior germinação e vigor em todas as épocas de colheita, o que indica maior grau de tolerância desse cultivar à deterioração das sementes. Outro fato importante é que a distinção dos lotes aconteceu a partir da segunda época de colheita, ou seja, não houve diferenças na qualidade fisiológica das sementes no estágio R8 (Figura 2). Esses resultados concordam com Lima (2003), ao constatar que o retardamento da colheita em 15 dias foi eficaz em diferenciar a qualidade fisiológica das sementes de soja.

O teor de água das sementes nas diferentes épocas de colheita foi determinado no ano agrícola 2002/2003 (Quadro 3). Observou-se que as sementes dos seis cultivares, nas quatro épocas de colheita (R8 e aos 15, 30, 45 dias após R8), apresentaram teor de água variando em torno de 10%, ou seja, dentro da faixa considerada adequada (10 a 17%) para realização do teste (AOSA, 1983; HAMPTON et al., 1992), não influenciando, assim, os resultados do teste de condutividade elétrica. Vieira e Krzyzanowski (1999) recomendaram a uniformização do teor de água dos lotes antes da avaliação da condutividade, independentemente do valor.

Quadro 3 – Dados médios do teor de água (%) de sementes de seis cultivares de soja colhidos em quatro épocas, no ano agrícola de 2002/2003

Cultivares	Épocas de Colheita			
	R8	R8+15	R8+30	R8+45
Cristalina	10,29	10,66	10,85	9,54
Doko-RC	10,28	10,57	10,00	9,75
CAC-1	10,12	10,22	10,31	9,91
Emgopa-312	10,35	9,98	10,02	9,82
UFV-TN-102	10,33	11,11	11,68	10,07
UFV-TN-104	9,63	12,94	10,09	9,11

Para as sementes produzidas em 2002/2003, verificou-se, pelos testes de germinação e primeira contagem da germinação (Figura 3AB), comportamento similar em função das épocas de colheita, não sendo possível detectar diferenças entre cultivares, resultados que concordam com os obtidos no ano anterior, quando os testes de germinação e primeira contagem foram menos sensíveis que os demais.

O teste de envelhecimento acelerado (Figura 3C) foi mais sensível, tendo discriminado os lotes de sementes em três níveis distintos de vigor, logo após a segunda época de colheita (R8+15), acentuando-se aos 30 dias após R8, com destaque para as sementes dos cultivares Cristalina e Doko-RC, com maior e menor germinação e vigor, respectivamente. Em R8 + 45, não houve diferença no vigor das sementes, exceto no cultivar Doko-RC, cujas sementes sofreram intensamente os efeitos do retardamento de colheita, discordando dos resultados do primeiro ano e de vários trabalhos que apontaram esse cultivar como tolerante às condições adversas de ambiente, ocasionadas pelo retardamento de colheita (BRACCIN et al., 1994a; ALVAREZ et al., 1997; DIAS; 1999; MARTINS, 2001). Notou-se, também, que os resultados de envelhecimento acelerado foram inferiores àqueles obtidos nos demais testes, o que pode ser atribuído à característica do próprio teste, em que as sementes são submetidas ao estresse de alta temperatura e umidade.

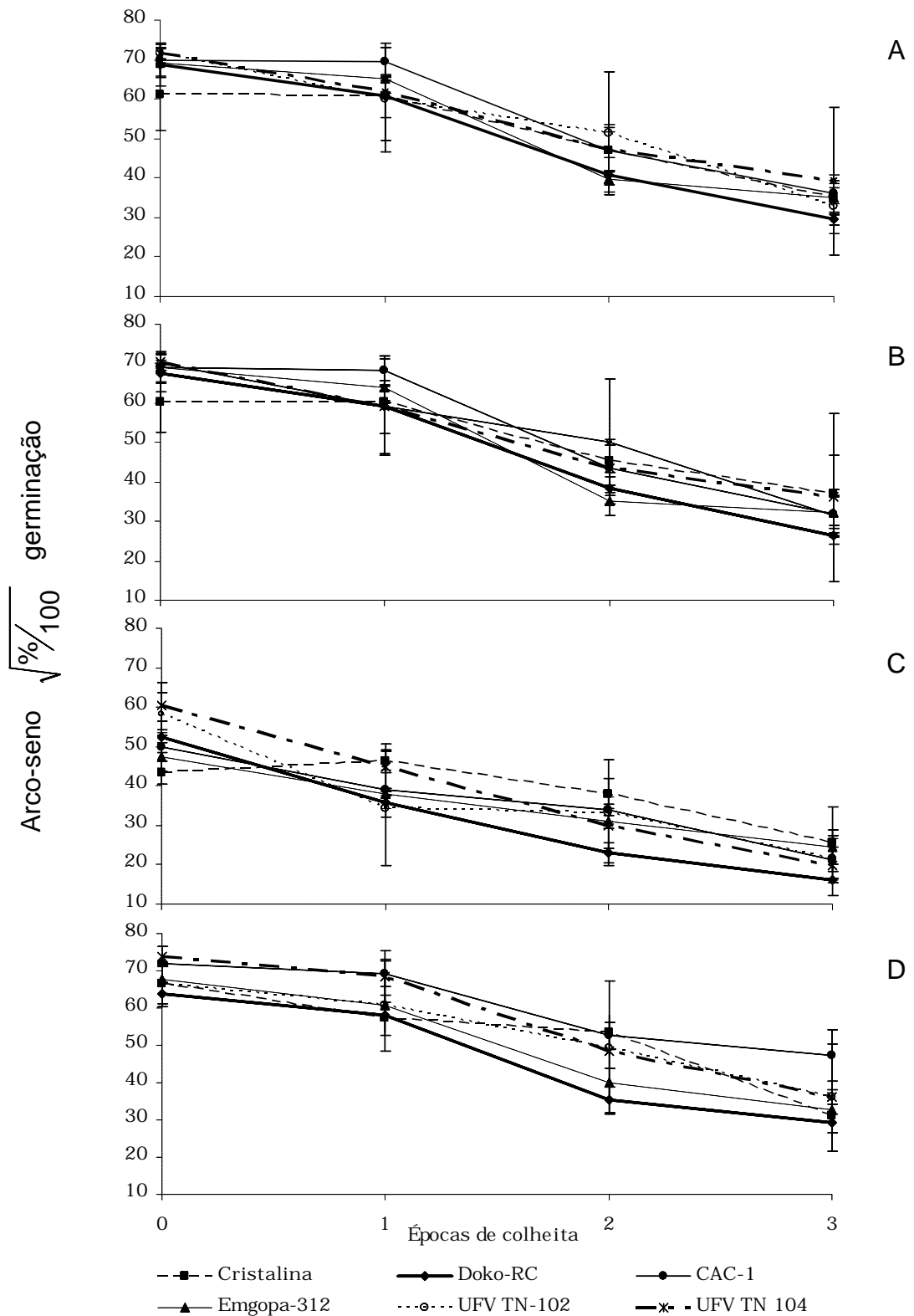


Figura 3 – Germinação (A), primeira contagem (B), envelhecimento acelerado(C) e emergência de plântulas em leito de areia (D) das sementes de quatro cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8. Viçosa, MG, 2002/2003.

Quanto à emergência de plântulas em leito de areia, ao contrário do obtido no ano de 2001/2002, foram verificadas diferenças significativas entre cultivares (Quadro 2), observando-se (Figura 3D), já na primeira e segunda épocas de colheita, melhor desempenho das sementes do triplo nulo UFV TN-104 e CAC-1, enquanto os outros cultivares foram semelhantes entre si. Na terceira época de colheita, o destaque foi para Doko-RC e Emgopa-312, com redução do vigor e, a partir daí, mantendo-se constante até a última época de colheita, igualando-se aos valores de Cristalina e UFV TN-102 e 104, com valores intermediários, enquanto o cultivar CAC-1 se manteve com maior porcentagem de germinação e, conseqüentemente, maior vigor até a última época de colheita (R8 + 45). Esses resultados discordam dos obtidos no teste de EA, no que diz respeito ao cultivar de melhor qualidade, o qual destacou as sementes de Cristalina como de qualidade superior.

A princípio, duas hipóteses poderiam ser formuladas para o comportamento diferenciado na primeira época de colheita, já que as sementes foram colhidas próximo à maturidade fisiológica. A primeira, que estes cultivares são de ciclos diferentes e atingiram o estágio R8 em épocas também distintas e que podem ter ocorrido variações climáticas, interferindo, assim, na qualidade da semente por ocasião da debulha; todavia, essa teoria não encontra respaldo nos dados dos outros testes. A segunda, mais provável, supõe-se que tenha sido efeito do genótipo, conforme foi demonstrado por Vieira et al. (1987) e Panobianco e Vieira (1996). No entanto, Vieira et al. (1998) verificaram que os testes de germinação e envelhecimento acelerado não foram eficientes na identificação de variação na qualidade fisiológica de sementes de soja, entre genótipos, quando colhidos no ponto de maturidade fisiológica.

Segundo Marcos Filho et al. (1990), a discrepância entre os dados dos testes de germinação e vigor não constitui ocorrência incomum entre trabalhos de pesquisas, pois esses testes avaliam diferentes aspectos do comportamento das sementes. Além disso, Hampton et al. (1994) relataram que essa amplitude de variação de valores é aumentada, dependendo da espécie, da região de produção, da época de colheita, da eficiência da secagem e do ambiente. Braccini et al. (1994b) ressaltaram também que a utilização do método de retardamento de colheita dificulta a comparação dos resultados entre genótipos de ciclos distintos ou entre anos diferentes. Segundo esses autores, isso

acontece devido à impossibilidade de padronização das condições climáticas que ocorrem durante os períodos de pré-colheita e retardamento de colheita.

Comparando os cultivares em relação ao retardamento de colheita, assim como o ano agrícola 2001/2002, a germinação e o vigor das sementes foram afetados pelos efeitos prejudiciais do retardamento da colheita, conferindo maior porcentagem de germinação e maior vigor às sementes colhidas em R8, com queda progressiva com o decorrer do retardamento, alcançando menores valores em R8+45 dias após a primeira colheita. É importante notar que o declínio da germinação e do vigor das sementes dos cultivares ocorreu em épocas diferentes e variou em função dos testes aplicados.

Pelo teste de germinação (Figura 3A) e primeira contagem (Figura 3B), o perfil dos cultivares foi semelhante. Observou-se que, nas sementes de Cristalina, ocorreu queda na germinação a partir de R8 + 30, concordando com os resultados obtidos em 2001/2002. Nos cultivares Emgopa-312 e CAC-1, a redução progressiva na germinação foi verificada a partir de 15 dias após R8, sendo mais acentuada no cultivar Emgopa-312, que a partir daí se estabiliza até a última época de colheita. Nos demais cultivares, o declínio ocorreu a partir de R8, sendo mais acentuado para o cultivar Doko-RC, atingindo o menor valor em R8+45, concordando com os resultados do ano anterior.

No teste de envelhecimento acelerado (Figura 3C), diferentemente dos outros testes em que se analisou o perfil dos cultivares baseados na média e desvio-padrão, nesse teste também foi efetuada análise de regressão (Figura 4), cujos resultados confirmaram os resultados observados na análise de perfil. Analisando a Figura 4, verificou-se efeito linear na maioria dos cultivares, ou seja, redução no vigor das sementes à medida que as plantas permaneceram em campo, exceto no cultivar Cristalina, que apresentou efeito quadrático, obtendo maior porcentagem de germinação na segunda e terceira épocas de colheita. Esse cultivar foi o mais tolerante ao retardamento de colheita, concordando com as informações obtidas no ano anterior. Já pelo teste de emergência em leito de areia, em todos os cultivares (exceto Cristalina) ocorreu declínio acentuado a partir de R8+15, destacando-se novamente os cultivares Doko-RC e Emgopa -312, como os mais sensíveis às condições adversas de ambiente proporcionadas pelo retardamento de colheita.

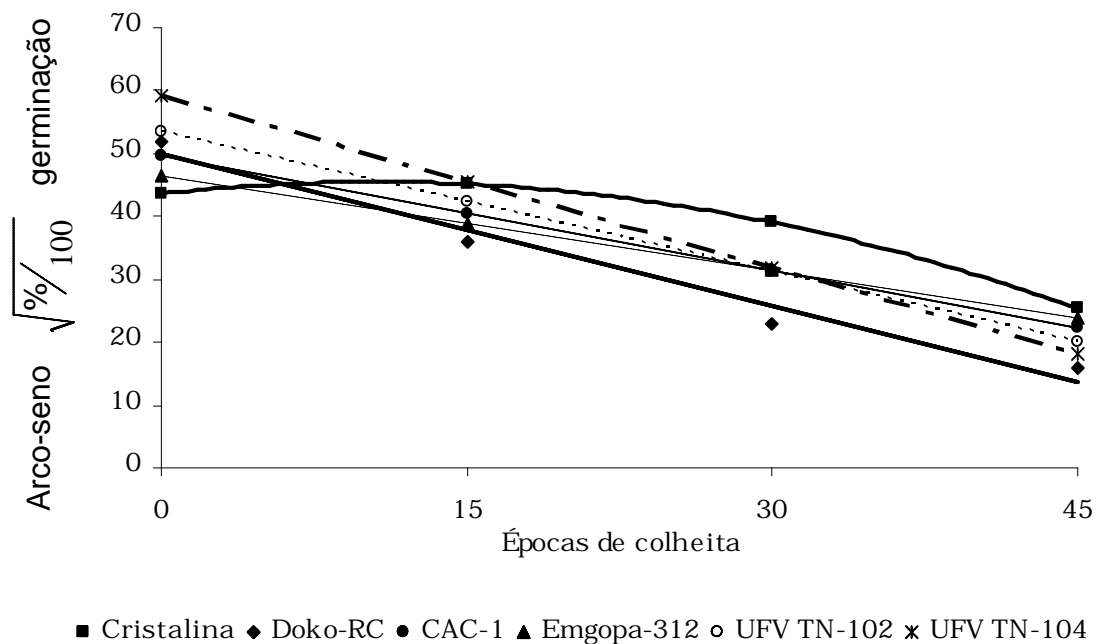


Figura 4 – Vigor das sementes de seis cultivares de soja, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, em função de diferentes épocas de colheita: estágio R8 (zero) e R8+15 (15), R8+30 (30) e R8+45 (45) dias após R8. Viçosa, MG, 2002/2003.

Os materiais TN tiveram comportamento similar aos outros cultivares, em função do retardamento de colheita, exceto o cultivar Cristalina. Observa-se, pela equação da regressão (Figura 4), que as sementes dos cultivares TN e Doko-RC apresentaram maior perda de vigor, com o retardamento de colheita. No teste de emergência em leito de areia (Figura 3D), as sementes do cultivar UFV TN-104 apresentaram germinação superior, juntamente com CAC-1 nas duas primeiras épocas de colheita, com queda progressiva de vigor nas épocas subseqüentes, tendo o cultivar CAC-1 mantido o mesmo padrão de qualidade até a última época de colheita, destacando-se como o melhor em relação aos demais. Nos trabalhos de Dias (1999) e Santos (2004), as linhagens triplo-nulo apresentaram sementes com maior sensibilidade aos efeitos do retardamento de colheita, em comparação com as variedades das quais se originaram.

Com base nesses resultados, notou-se divergência entre os dois anos agrícolas, em que foram conduzidos os experimentos, em virtude da menor consistência dos resultados obtidos no segundo ano. Observou-se que os

cultivares Cristalina e Doko-RC, no primeiro ano, foram indicados como os cultivares de qualidade superior nas três primeiras épocas de colheita. A partir daí, verificou-se queda na qualidade de Doko-RC em R8+45. Em 2002/2003, houve divergência entre os testes na indicação do cultivar superior. Pelo teste de envelhecimento acelerado, o maior vigor foi observado nas sementes do cultivar Cristalina, enquanto pela emergência em leito de areia o maior destaque foi para o cultivar CAC-1, mas convergente na indicação do cultivar de pior qualidade, ambos os testes indicaram o cultivar Doko-RC com qualidade inferior a partir da segunda época de colheita.

Considerando o conjunto dos resultados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia sobre a qualidade fisiológica das sementes, verificaram-se que eles foram eficientes no sentido de acompanhar a evolução do processo de deterioração das sementes dos cultivares, cujos perfis foram similares em todos os testes empregados. Contudo, a sensibilidade, em termos de separação de níveis de viabilidade e vigor, variou com o teste empregado e com o ano de condução do presente trabalho. Verificou-se que, nos dois anos, os testes de germinação e primeira contagem da germinação foram menos eficientes na separação de lotes de sementes, quando comparados com os testes de envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em leito de areia.

4.2. Condutividade elétrica

A análise de variância dos dados de condutividade elétrica realizados com 20,18 e 16 subamostras (Quadros 4, 6 e 8) no primeiro ano agrícola 2001/2002 apresentou diferenças significativas na maioria dos períodos de embebição, com exceção dos períodos de 120 minutos a 32 °C e 60 e 120 minutos a 40 °C. No segundo ano (2002/2003), observaram-se diferenças em todos os períodos estudados (Quadros 5, 7 e 9). Foram verificadas diferenças significativas no efeito de épocas em todos os períodos de embebição, nas duas temperaturas estudadas nos dois anos agrícolas.

Quadro 4 – Análise de variância dos dados de condutividade elétrica a 32 e 40 °C por 10, 30, 60 e 120 minutos, obtidos com 20 subamostras de sementes de quatro cultivares de soja estudados no ano agrícola 2001/2002, em quatro épocas de colheita

Temperatura (°C)	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
			10	F	30	F	60	F	120	F
32 °C	Bloco	1	4,52		19,39		116,89		199,90	
	Cultivar (C)	3	375,31	28,73*	1517,04	34,50**	2343,10	15,01*	2868,16	7,90
	Erro (a)	3	13,06		43,97		156,07		363,05	
	Época (E)	3	278,31	12,07**	907,89	11,57**	1799,58	14,01**	5735,89	19,39**
	CXE	9	18,93	0,82	63,27	0,81	115,81	0,90	155,08	0,52
	Erro (b)	12	23,05		78,50		128,49		295,79	
	CVa (%)		8,76		8,77		9,76		9,60	
	CVb (%)		15,17		11,72		8,86		8,67	
	Média geral		31,65		75,61		127,99		198,45	
40 °C	Bloco	1	0,03		34,98		351,52		1701,63	
	Cultivar (C)	3	739,72	28,82*	2468,56	24,81**	3259,54	7,66	6106,96	4,17
	Erro (a)	3	25,67		99,51		425,62		1464,07	
	Época (E)	3	379,68	11,16**	1099,140	8,03**	2165,40	7,96**	9017,61	9,38**
	CXE	9	19,89	0,58	60,00	0,44	159,17	0,59	600,26	0,62
	Erro (b)	12	34,01		136,86		271,92		961,76	
	CVa (%)		13,03		10,18		11,89		14,20	
	CVb (%)		14,99		11,94		9,51		11,51	
	Média geral		38,89		97,96		173,47		269,44	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 5 – Análise de variância dos dados de condutividade elétrica a 32 e 40 °C por 10, 30 60 e 120 minutos, obtidos com 20 subamostras de sementes de seis cultivares de soja estudados no ano agrícola 2002/2003, em quatro épocas de colheita

40

Temperatura (°C)	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
			10	F	30	F	60	F	120	F
32 °C	Bloco	2	271,02		288,10		437,54		1054,26	
	Cultivar(C)	5	416,26	11,28**	1055,73	10,25**	1704,94	8,90**	2924,17	8,52**
	Erro (a)	9	36,89		103,01		191,64		343,15	
	Época (E)	3	1435,02	48,06**	2529,98	32,91**	4726,67	36,18**	9659,78	56,99**
	CXE	15	26,06	0,87	58,23	0,76	101,28	0,78	259,32	1,53
	Erro (b)	30	29,86		76,88		130,63		169,51	
	CVa (%)		17,07		15,75		14,30		12,54	
	CVb (%)		15,36		13,61		11,80		8,82	
	Média geral		35,57		64,44		96,82		147,66	
40 °C	Bloco	2	392,36		529,29		686,35		2317,91	
	Cultivar (C)	5	504,17	7,78**	1241,82	6,30**	2061,54	4,96*	3457,84	4,48*
	Erro (a)	9	64,84		197,06		415,78		771,70	
	Época (E)	3	1713,62	50,83**	4050,05	43,65**	6506,74	34,44**	14452,50	37,25**
	CXE	15	26,09	0,77	66,18	0,71	142,69	0,76	344,49	0,89
	Erro (b)	30	33,71		92,79		188,91		387,94	
	CVa (%)		19,65		18,23		16,65		14,39	
	CVb (%)		14,17		12,51		11,22		10,21	
	Média geral		40,98		77,01		122,45		192,94	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 6 – Análise de variância dos dados de condutividade elétrica a 32 e 40 °C por 10, 30 60 e 120 minutos, obtidos com 18 subamostras de sementes de quatro cultivares de soja estudados no ano agrícola 2001/2002, em quatro épocas de colheita

Temperatura (°C)	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
			10	F	30	F	60	F	120	F
32 °C	Bloco	1	5,26		4,05		65,63		147,88	
	Cultivar (C)	3	376,77	28,39*	1442,34	49,95**	2285,08	17,20*	2876,15	9,10
	Erro (a)	3	13,27		28,88		132,89		316,18	
	Época (E)	3	284,58	12,45**	853,13	10,01**	1856,81	15,34**	5961,33	20,54**
	CXE	9	17,82	0,78	63,98	0,75	98,18	0,81	139,96	0,48
	Erro (b)	12	22,86		85,24		121,02		290,17	
	CVa (%)		11,66		7,19		9,09		9,03	
	CVb (%)		15,31		12,35		8,68		8,65	
	Média geral		31,24		74,75		126,78		196,85	
40 °C	Bloco	1	0,25		34,59		373,94		1775,04	
	Cultiva (C)	3	770,33	34,62**	2558,47	28,85*	3257,28	8,04	57727,26	3,75
	Erro (a)	3	22,25		88,67		405,08		1525,90	
	Época (E)	3	356,56	9,78**	1049,73	7,34**	2054,99	7,20**	8865,11	8,33**
	CXE	9	18,56	0,51	57,30	0,40	151,55	0,53	571,93	0,45
	Erro (b)	12	36,44		142,99		285,56		1064,49	
	CVa (%)		12,30		9,69		11,71		14,64	
	CVb (%)		15,74		12,31		9,83		12,23	
	Média geral		38,36		97,14		171,84		266,78	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 7 – Análise de variância dos dados de condutividade elétrica a 32 e 40 °C por 10, 30 60 e 120 minutos, obtidos com 18 subamostras de sementes de seis cultivares de soja estudados no ano agrícola 2002/2003, em quatro épocas de colheita

Temperatura (°C)	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
			10	F	30	F	60	F	120	F
32 °C	Bloco	2	266,01		281,58		429,44		769,99	
	Cultivar(C)	5	417,08	10,97**	1029,18	10,00**	1663,99	8,53**	2138,58	8,62**
	Erro (a)	9	38,01		102,90		195,16		247,99	
	Época (E)	3	1421,59	49,29**	2494,40	32,81**	4633,16	36,11**	7408,25	48,76**
	CXE	15	26,52	0,92	57,99	0,76	98,46	0,77	221,44	1,46
	Erro (b)	30	28,84		76,014		128,29		151,94	
	CVa (%)		17,55		13,34		10,89		11,95	
	CVb (%)		15,28		13,67		11,79		9,36	
	Média geral		35,14		63,77		96,09		131,74	
40 °C	Bloco	2	388,54		548,49		712,55		2257,10	
	Cultivar (C)	5	492,21	7,42**	1259,13	6,28**	2166,05	5,19*	3530,21	4,82*
	Erro (a)	9	66,30		200,59		417,35		732,57	
	Época (E)	3	1732,82	52,34**	4063,55	44,82**	6286,81	33,55**	14030,21	35,78**
	CXE	15	25,64	0,77	63,61	0,70	144,89	0,77	363,46	0,93
	Erro (b)	30	33,11		90,65		187,38		392,08	
	CVa (%)		20,14		18,59		16,83		14,15	
	CVb (%)		14,23		12,50		11,28		10,35	
	Média geral		40,44		76,19		121,36		191,32	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 8 – Análise de variância dos dados de condutividade elétrica a 32 e 40 °C por 10, 30 60 e 120 minutos, obtidos com 16 subamostras de sementes de quatro cultivares de soja estudadas no ano agrícola 2001/2002, em quatro épocas de colheita

Temperatura (°C)	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
			10	F	30	F	60	F	120	F
32 °C	Bloco	1	2,07		21,39		56,53		142,97	
	Cultivar (C)	3	394,86	28,49*	1510,49	30,53**	2270,21	17,11*	2927,96	7,12
	Erro (a)	3	13,86		49,47		132,58		324,38	
	Época (E)	3	277,45	12,12**	911,99	11,91**	1826,94	15,71**	5849,83	17,63
	CXE	9	17,07	0,75	54,75	0,71	90,93	0,78	153,61	0,50
	Erro (b)	12	22,90		76,60		126,02		306,43	
	CVa (%)		12,01		9,43		9,14		11,48	
	CVb (%)		15,44		11,73		8,56		8,95	
	Média geral		30,99		74,59		116,39		195,60**	
40 °C	Bloco	1	0,87		10,33		442,75		1888,82	
	Cultivar (C)	3	772,54	35,34**	2406,32	25,16*	3237,09	7,64	5417,05	3,15
	Erro (a)	3	21,86		95,65		423,46		1720,92	
	Época (E)	3	348,03	9,20**	1050,31	6,85**	2090,13	7,60**	8837,08	8,28**
	CXE	9	17,00	0,45	61,43	0,40	162,44	0,59	608,11	0,57
	Erro (b)	12	37,84		153,37		275,00		1067,04	
	CVa (%)		12,30		10,16		12,02		15,63	
	CVb (%)		16,18		12,87		9,69		12,31	
	Média geral		38,01		96,22		171,14		265,34	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 9 – Análise de variância dos dados de condutividade elétrica a 32 e 40 °C por 10, 30 60 e 120 minutos, obtidos com 16 subamostras de sementes de seis cultivares de soja estudados no ano agrícola 2002/2003, em quatro épocas de colheita

Temperatura (°C)	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
			10	F	30	F	60	F	120	F
32 °C	Bloco	2	266,69		286,46		442,53		949,54	
	Cultivar (C)	5	422,17	11,21*	1034,81	9,56**	1651,82	8,11**	2573,94	8,25**
	Erro (a)	9	37,65		108,24		203,79		312,11	
	Época (E)	3	1350,56	47,89**	2535,64	33,36**	4521,51	35,48**	8806,64	47,40**
	CXE	15	26,49	0,94	58,51	0,77	100,24	0,79	268,99	1,45
	Erro (b)	30	28,20		76,00		127,43		185,81	
	CVa (%)		17,70		16,46		14,95		12,14	
	CVb (%)		15,32		13,79		11,82		9,37	
	Média geral		34,66		63,20		95,50		145,49	
40 °C	Bloco	2	361,14		460,12		506,67		1689,76	
	Cultivar (C)	5	551,60	8,90**	1452,42	7,58**	2588,08	6,34**	2970,53	5,78*
	Erro (a)	9	61,46		191,58		408,09		513,62	
	Época (E)	3	1624,08	53,51**	3674,65	45,55**	5820,70	36,81**	10573,34	37,91**
	CXE	15	29,69	0,98	66,37	0,82	168,42	1,07	261,56	0,94
	Erro (b)	30	30,35		80,67		158,14		278,89	
	CVa (%)		19,68		18,42		16,83		13,42	
	CVb (%)		13,83		11,95		10,48		9,89	
	Média geral		39,83		75,15		120,00		168,90	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

4.2.1. Condutividade elétrica utilizando 20 subamostras por repetição

Nas Figuras 5 e 6 são apresentadas as médias de condutividade elétrica nas diferentes temperaturas, em razão dos períodos de embebição avaliados no ano de 2001/2002.

O vigor das sementes, avaliado pelo teste de condutividade elétrica, nas três temperaturas empregadas em função do período de embebição (Figuras 5 e 6), variou de acordo com a época de colheita. Os menores valores de condutividade foram obtidos em R8 e os mais elevados, aos 45 dias após o estágio R8, exceto no cultivar CAC-1, que apresentou variações nos valores de condutividade elétrica, alcançando valor máximo na última época de colheita (R8+45) e, conseqüentemente, menor vigor, enquanto os demais cultivares mantiveram comportamento semelhante em todos os períodos e temperaturas de embebição. As sementes dos cultivares Doko-RC e Cristalina apresentaram os mais baixos valores de condutividade elétrica, indicando maior vigor em relação às sementes de Emgopa-312 e CAC-1. Esses resultados estão coerentes com os encontrados nos demais testes de caracterização da qualidade fisiológica (Figura 2), já discutidos anteriormente.

Os maiores valores de condutividade elétrica nas últimas épocas de colheita, principalmente aos 45 dias após o estágio R8, estão relacionados com o retardamento de colheita, o qual promoveu a redução no vigor das sementes, e a magnitude do incremento variou conforme os genótipos estudados, confirmando os resultados obtidos por Braccini et al. (1994b) e Panobianco e Vieira (1996). Esses resultados de condutividade elétrica concordam com as evidências de que o processo de deterioração das sementes está relacionado com a perda do vigor e alteração na integridade das membranas celulares, por meio do aumento da lixiviação de constituintes celulares orgânicos e inorgânicos (PEREIRA; ANDREWES, 1982).

Verificou-se também que, nas três metodologias estudadas, houve aumento progressivo na condutividade a 25, 32 e 40 °C, com o decorrer do período de embebição, fato também constatado em sementes de soja por diversos pesquisadores (LOEFFLER et al., 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS; MARCOS FILHO, 1996). É importante notar que a liberação mais intensa ocorreu quando se elevou a temperatura para 40 °C (Figura 6), o que se

mostra coerente com as observações de Loeffler et al. (1988), Vanzolini e Nakagawa (1999b) e Gaspar e Nakagawa (2002b). Apesar do aumento nos valores da condutividade elétrica, não houve alteração na ordem de classificação dos lotes, fato esse também constatado por Hampton e Tekrony (1995). O aumento de lixiviação em função do incremento da temperatura é atribuído à maior dissociação de íons e redução da viscosidade da solução de embebição, contribuindo, assim, para o aumento da condutividade elétrica (LOEFFLER et al., 1981, citados por Loeffler et al., 1988).

Quanto à possibilidade de redução do período de embebição das sementes, verificou-se, de modo geral, semelhança entre os cultivares, nas duas metodologias estudadas (condutividade a 32 e a 40 °C) e, destas, com a metodologia tradicional (25 °C por 24 horas). Entretanto, houve algumas diferenças em termos de separação de cultivares, ocorrendo variações em função do período de embebição e das épocas de colheita.

Verificou-se que, com o uso de 10 minutos a 32 °C (Figura 5B), houve maior discriminação entre as sementes dos diferentes cultivares, separando-os em quatro níveis distintos de vigor. Esse comportamento foi observado em todas as épocas de colheitas. Esse período indicou maior e menor vigor de Cristalina e CAC-1, respectivamente, enquanto os cultivares Doko-RC e Emgopa-312, que também diferiram entre si, apresentaram valores intermediários de condutividade elétrica.

A partir dos 30 minutos (Figura 5C), observou-se que a diferença entre cultivares vai diminuindo, definindo os níveis de vigor das sementes em dois grupos distintos aos 60 (Figura 5D) e 120 minutos (Figura 5E), indicando as sementes de Cristalina e Doko-RC como as mais vigorosas em relação às de CAC-1 e Emgopa-312. Verificou-se ainda que, no período de 120 minutos (Figura 5E), as sementes dos cultivares apresentaram perfis semelhantes aos observados com 24 horas (5A). Comportamento semelhante foi verificado quando se elevou a temperatura para 40 °C (Figura 6), porém se verificou que a similaridade com os resultados do teste de condutividade elétrica tradicional (25 °C/24 horas) foi encontrada aos 60 minutos de embebição, indicando um ganho de uma hora, em comparação com a temperatura de 32 °C. Vanzolini e Nakagawa (1999a), em sementes de amendoim, utilizando a temperatura de 40 °C, conseguiram reduzir de 24 para 3 horas o tempo de embebição.

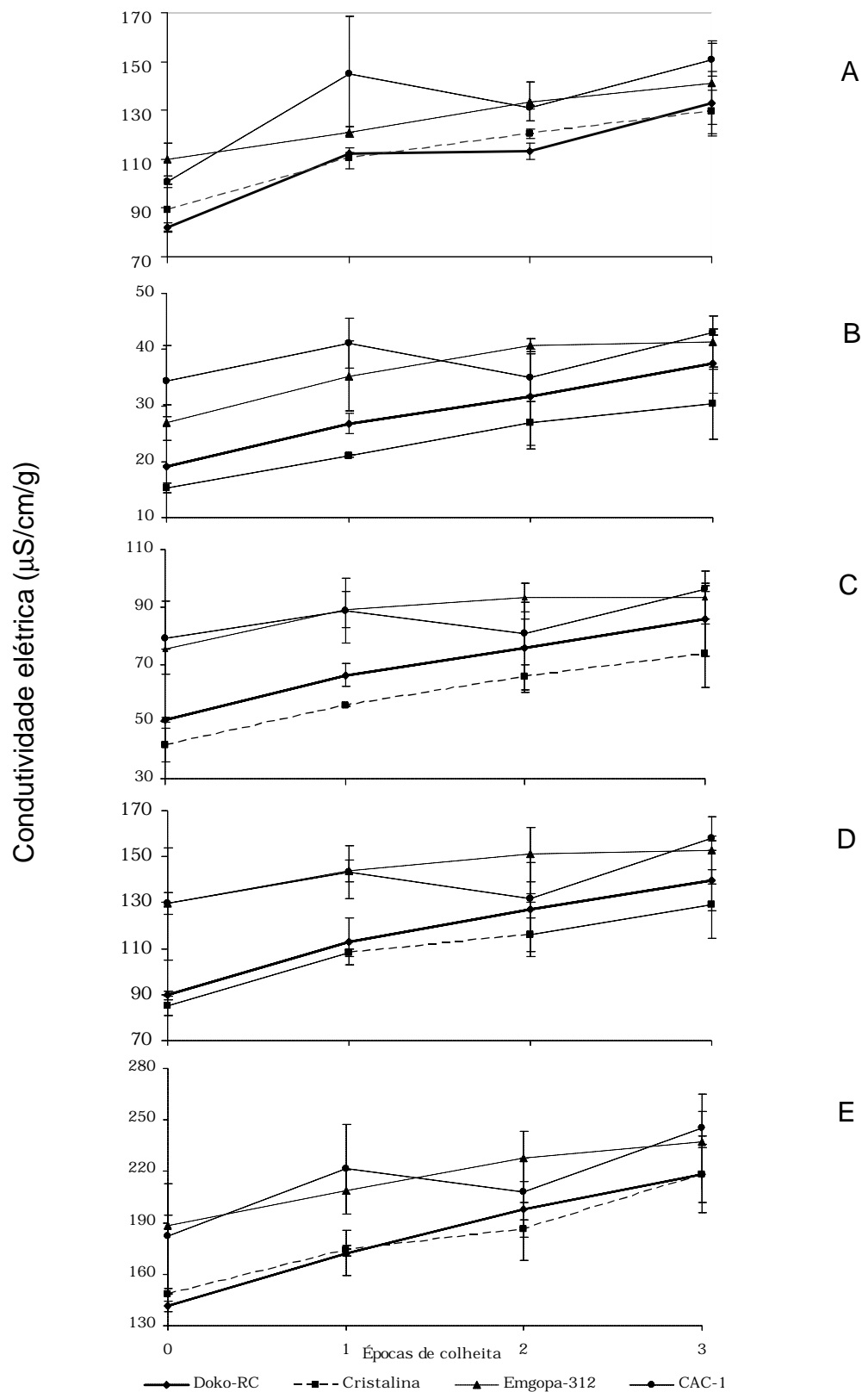


Figura 5 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição com 20 subamostras de sementes de cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 32 °C. Viçosa, MG, 2001/2002.

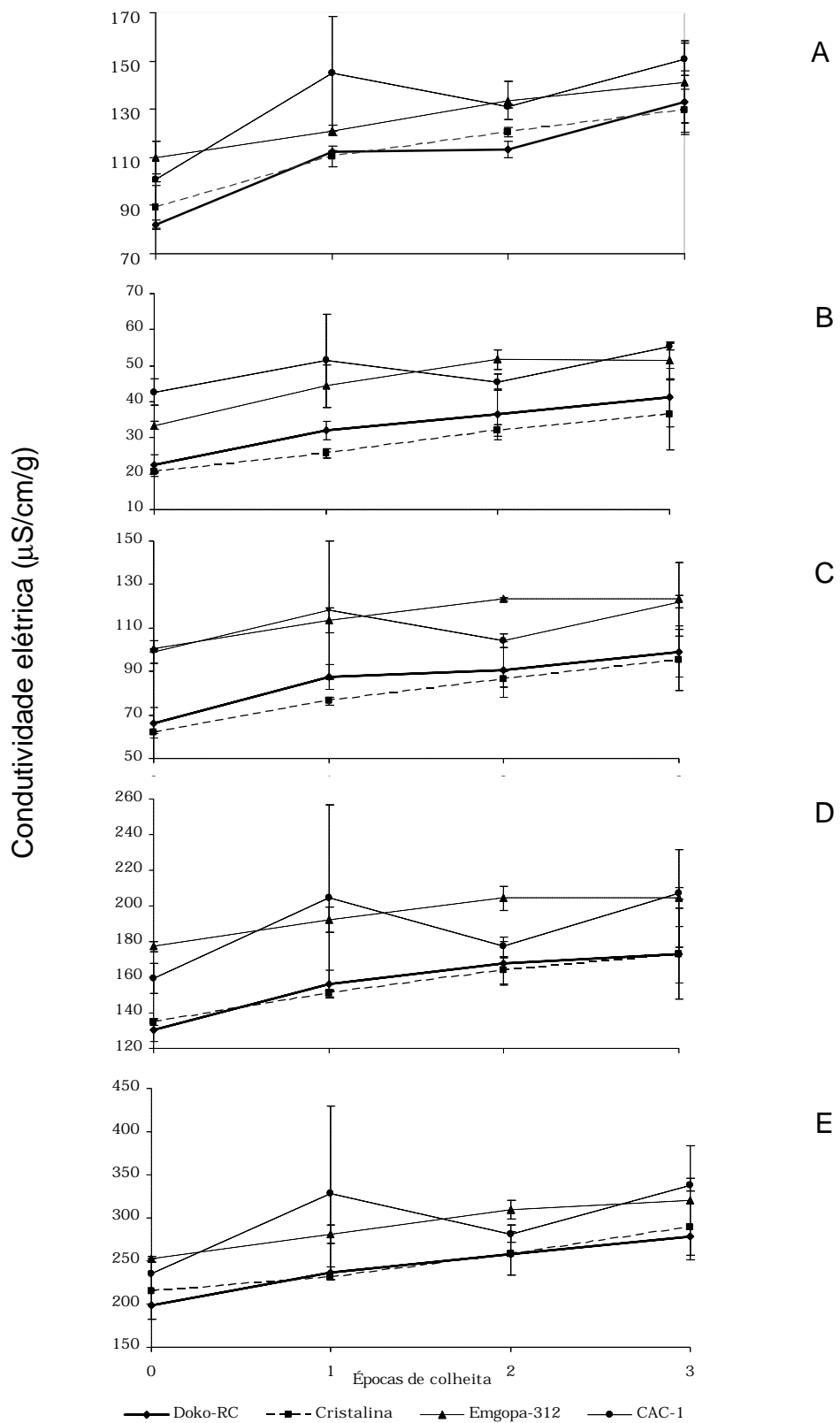


Figura 6 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição com 20 subamostras de sementes de cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (A) a 40 °C. Viçosa, MG, 2001/2002.

Esses resultados divergem dos constatados por Marcos Filho et al. (1990), em que foram necessários períodos mais longos para separação eficiente de lotes de sementes de soja (16 e 20 horas). Esses mesmos autores constataram que o período de 24 horas proporcionou concentração das médias dos lotes de melhor qualidade, possibilitando apenas a identificação dos lotes de pior desempenho. Loeffler et al. (1988) e Dias e Marcos Filho (1996), empregando a mesma metodologia em sementes de soja, também obtiveram separação mais eficiente dos lotes em períodos de embebição mais longos. Contudo, vale ressaltar que os referidos autores utilizaram temperaturas de 20 e 25 °C, o que permitiu deduzir que a elevação da temperatura antecipou a separação dos cultivares quanto ao vigor, e os períodos prolongados propiciaram a estabilização de lixiviação das sementes, levando à concentração das médias e, conseqüentemente, aproximando os cultivares quanto ao vigor das sementes.

A análise global indicou que, em todos os testes, os perfis dos quatro cultivares estudados quanto à qualidade das sementes declinaram progressivamente com o retardamento da colheita. Em geral, as metodologias de condutividade empregadas no primeiro ano de estudo foram eficientes na avaliação da qualidade das sementes de soja, indicando que há possibilidade de redução do período de embebição no teste de condutividade elétrica. Analisando a sensibilidade dos períodos de embebição em detectar diferenças entre cultivares, notou-se que as combinações 120 minutos/32 °C e a 60 e 120 minutos/40 °C apresentaram perfis semelhantes àqueles observados no método tradicional (25 °C/24 h). Contudo, independentemente da combinação temperatura/período de embebição utilizada, as informações fornecidas pelas duas metodologias indicaram que todos os períodos forneceram indicações consistentes sobre a qualidade das sementes.

Os resultados do teste de condutividade elétrica das sementes produzidas no ano agrícola 2002/2003 são apresentados nas Figuras 7 e 8, referentes às temperaturas de 32 e 40 °C, respectivamente. Observou-se aumento progressivo dos valores no decorrer do período de embebição, o que se mostrou coerente com o experimento anterior e trabalhos de pesquisa de Sá (1999) e Gaspar e Nakagawa (2002b). Verificou-se que, com 10 minutos de embebição (Figuras 7B e 8B), as sementes de todos os cultivares

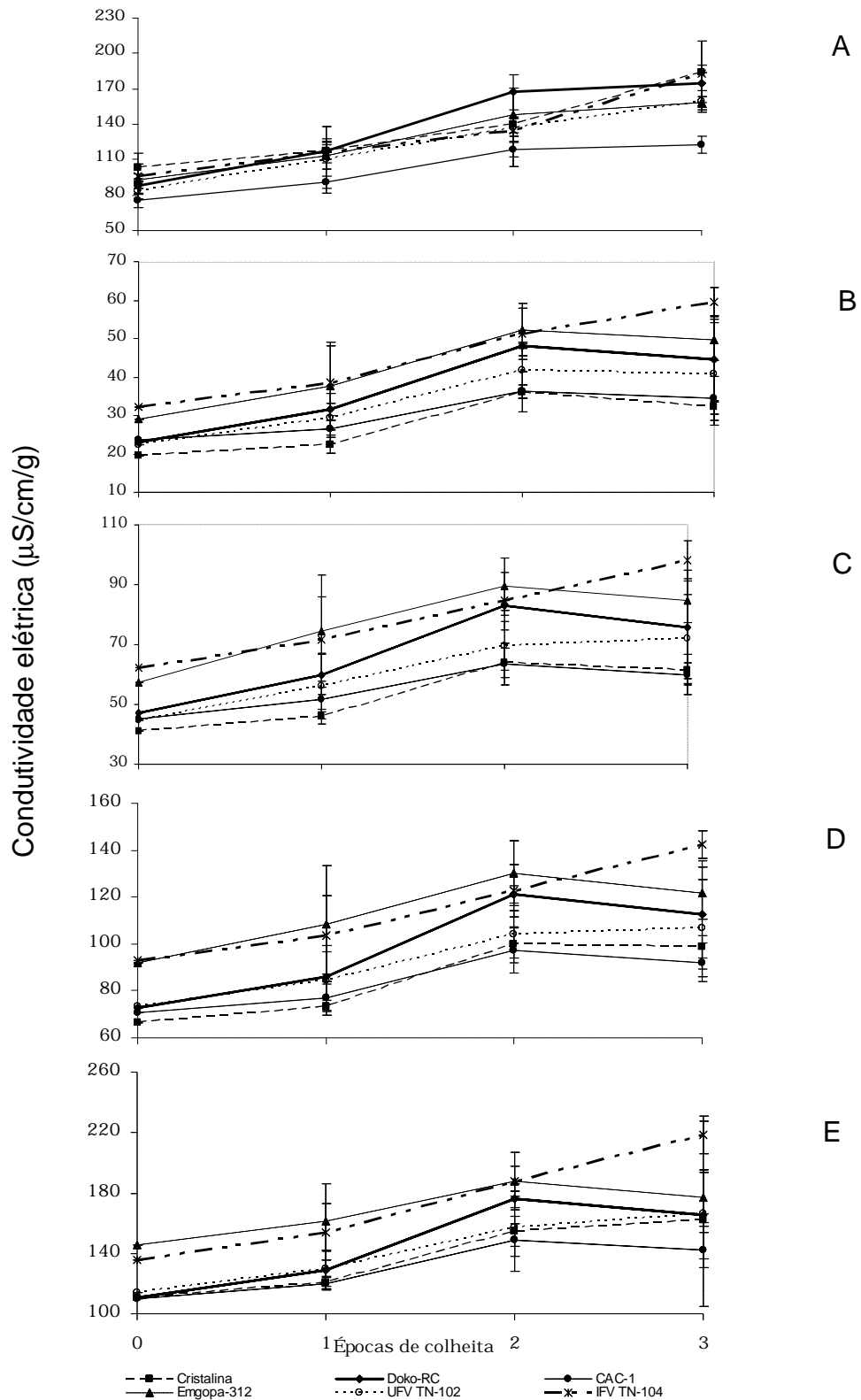


Figura 7 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição com 20 subamostras de sementes de seis cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 32 °C. Viçosa, MG, 2002/2003.

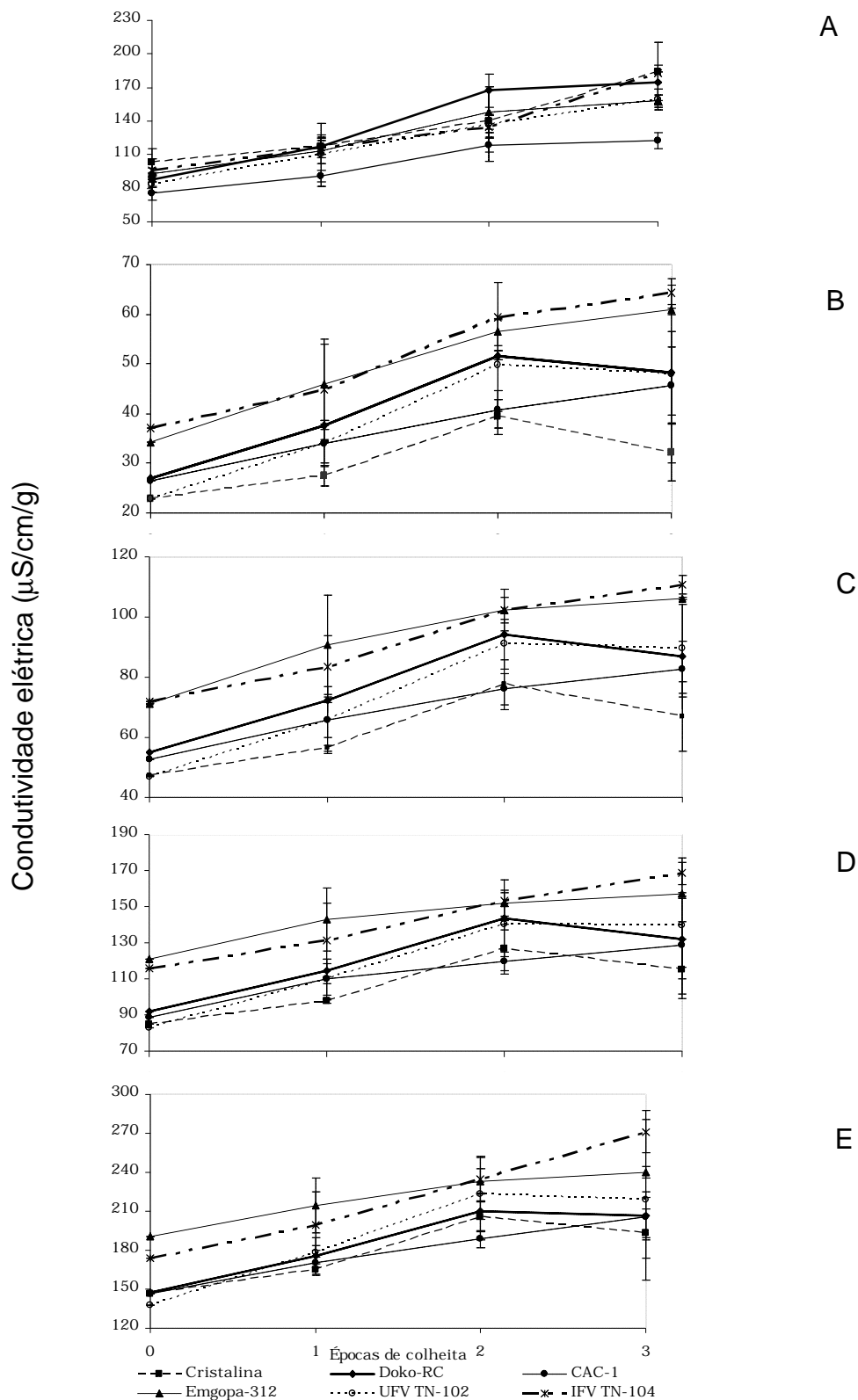


Figura 8 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição com 20 subamostras de sementes de seis cultivares de soja colhidas em quatro épocas de colheita: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 40 °C. Viçosa, MG, 2002/2003.

apresentaram taxa de lixiviação de eletrólitos na solução de embebição, que permitiu a estratificação das sementes dos cultivares quanto ao potencial fisiológico. Em sementes de melão (TORRES, 2002) e de amendoim (VANZOLINI e NAKAGAWA, 1999b) ocorreram significativas lixiviações nas primeiras oito e três horas de embebição, respectivamente. Vale ressaltar que esses estudos foram conduzidos sob temperatura mais baixa (25 °C) do que a usada no presente trabalho (32 e 40 °C). Portanto, a diferenciação obtida já com 10 minutos de embebição pode ser atribuída ao uso de temperaturas mais altas. De acordo com Givelberg et al. (1984), em baixas temperaturas, o processo de reorganização de membranas é mais lento e o período de perda de lixiviados pelas sementes, mais longo.

Quanto aos efeitos de épocas de colheita, todos os testes empregados indicaram queda significativa na qualidade fisiológica das sementes nas épocas subsequentes ao estágio R8, caracterizando a intensificação do processo de deterioração. Verificou-se também, ao contrário do experimento conduzido em 2001/2002, que a discriminação entre lotes de sementes foi mais evidente na última época de colheita, o que pode ser atribuído, talvez, à melhor qualidade das sementes produzidas nesse ano, mostrando, inclusive, valores de condutividade mais baixos de condutividade elétrica.

A separação de cultivares, assim como no ano anterior, variou em função da época de colheita e com o tempo de embebição das sementes, com a ressalva de que neste experimento houve mudança na ordem de classificação dos cultivares quando se aumentou a temperatura para 40 °C (Figura 8), fato não observado no primeiro ano (Figura 6). Esses resultados discordam dos de Hampton et al. (1992), que relataram que a elevação da temperatura de embebição aumenta a quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes para o meio externo, mas não altera, necessariamente, a ordem de classificação dos lotes.

Pode-se verificar que o teste de condutividade realizado por 24 horas (Figura 7A) mostrou consistência ao identificar qualidade fisiológica superior nas sementes do cultivar CAC-1 a partir da primeira época de colheita (R8), à semelhança do que foi verificado na emergência de plântulas em leito de areia (Figura 3D), porém após 30 dias de retardamento de colheita. A separação em três níveis de vigor (Figura 7A) foi mais evidente a partir da terceira época de

colheita, destacando-se as sementes de 'Doko-RC' com os mais altos valores de condutividade. Aos 45 dias após o estágio R8, verificaram-se valores mais elevados para UFV TN-104 e Cristalina, seguidos de Doko- RC, Emgopa-312 e UFV TN-102. Essa tendência também foi observada na análise de regressão linear (Figura 9). Verificou-se que, à medida que aumentou o tempo de retardamento de colheita, a condutividade da solução de embebição das sementes de todos os cultivares também se elevou, comprovando que o grau de deterioração das sementes tem efeito direto sobre os resultados de condutividade elétrica. A equação de regressão obtida no teste de envelhecimento acelerado (Figura 4) apontou os cultivares Doko-RC e UFV TN-104 como aqueles que mais sofreram os efeitos do retardamento da colheita.

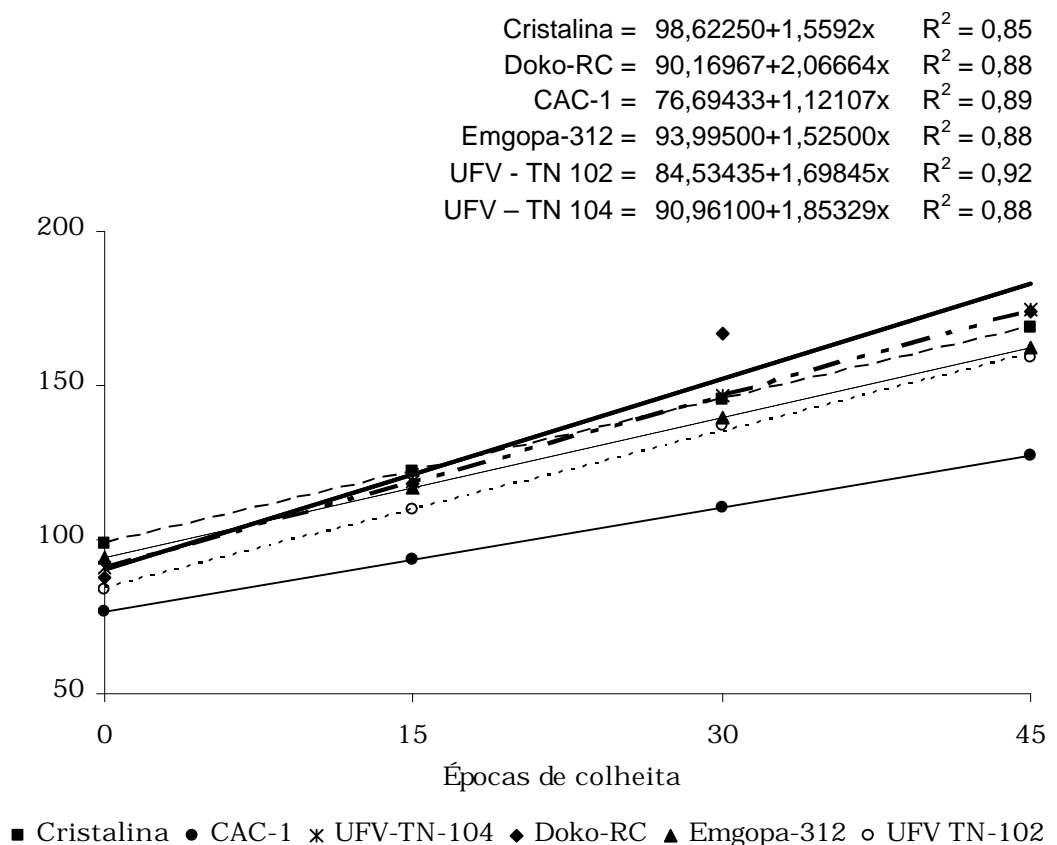


Figura 9 – Vigor das sementes de seis cultivares de soja, avaliado pelo teste de condutividade elétrica a 25 °C por 24 horas, em função de diferentes épocas de colheita. Viçosa, MG, 2002/2003.

Pelo teste de condutividade elétrica a 32 °C (Figura 7B-E) e 40 °C (Figuras 8B-E), constatou-se que em todos os períodos de embebição empregados foi possível separar os lotes quanto ao vigor. Essa separação também ocorreu em todas as épocas de colheita, sendo mais acentuada, porém, na última (R8+45). Perceberam-se também perfis semelhantes entre os cultivares, cujos valores de condutividade elétrica se elevaram em função do retardamento da colheita, atingindo valor máximo aos 45 dias após o estágio R8. Contudo, os cultivares Emgopa-312 e Doko-RC apresentaram comportamentos diferenciados, com pequeno decréscimo na condutividade elétrica a partir da terceira época de colheita.

Quanto à ordenação dos cultivares em níveis de vigor ocorreu discrepância entre as três metodologias empregadas, bem assim com os outros testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes. De acordo com a Figura 7B-E, observou-se que nos primeiros 10 minutos (7B) houve maior distinção entre os níveis de vigor, em relação aos períodos subsequentes. Com o decorrer do período de embebição ocorreu agrupamento das médias, aproximando as sementes dos cultivares quanto ao vigor. Verificou-se, portanto, que nas duas primeiras épocas de colheita a indicação das sementes de UFV TN-104 e Emgopa-312, com vigor inferior, foi comum em todos os períodos de embebição, já nas épocas subsequentes houve variação nos perfis dos cultivares Doko-RC e Emgopa-312, que oscilaram entre aqueles de alto e baixo valores de condutividade elétrica, ficando entre aqueles de valores intermediários na última época de colheita. Marcos Filho et al. (1986) destacaram a dificuldade ou a baixa eficiência de testes de vigor em detectar diferenças entre amostras com níveis médios de vigor que variam, dependendo do método empregado. No entanto, na última época de colheita a definição foi mais consistente quanto à indicação do cultivar UFV TN-104, com vigor inferior, e quanto à classificação do cultivar de maior vigor, tendo havido alternância também entre os cultivares CAC-1 e Cristalina. Assim, os períodos de 10 e 30 minutos indicaram o cultivar CAC-1 e Cristalina com menores valores de condutividade elétrica, enquanto com 60 minutos esses não se diferenciaram de Doko-RC e UFV TN-102; já o tempo de 120 minutos separou os dois cultivares até então semelhantes entre si, indicando CAC-1 com qualidade

superior, concordando, assim, com o teste de condutividade, tradicional (Figura 7A) e emergência em leito de areia (Figura 3D).

Quando esses mesmos períodos de embebição foram associados à temperatura de 40 °C (Figura 8), verificou-se maior definição no agrupamento dos cultivares quanto ao vigor, principalmente a partir da segunda época de colheita. Notou-se, portanto, que nos períodos de 10, 30 e 60 minutos (Figura 8B-D) foi possível estratificar os cultivares em três grupos distintos de vigor: baixo (UFV TN-104 e Emgopa – 312), intermediário (UFV TN-102 e Doko–C) e alto (Cristalina). O comportamento do cultivar CAC-1 foi variável, e na última época de colheita, quando a discriminação foi mais evidente, o cultivar CAC-1 passou a integrar o grupo de vigor médio, e somente ‘Cristalina’ permaneceu com o menor valor de condutividade elétrica e, conseqüentemente, maior vigor. Esses resultados concordam com os obtidos no teste de envelhecimento acelerado (Figura 3C), que indicou também esse cultivar com melhor desempenho. No entanto, aos 120 minutos (Figura 8E) nas duas primeiras épocas a identificação dos cultivares com maior valor de condutividade foi semelhante aos outros períodos de embebição; já em R8 + 30 não houve diferença entre cultivares; e em R8 + 45 o cultivar UFV TN-104 se mostrou de vigor inferior em relação aos demais, que não diferiram entre si. Demonstrou-se que, à semelhança do experimento 1, houve concentração das médias à medida que aumentou o período de embebição.

Verificou-se, portanto, que os resultados do teste de condutividade elétrica, ao contrário do ocorrido no ano agrícola 2001/2002, não foram totalmente compatíveis entre si e nem com os demais testes de avaliação da qualidade dos lotes de sementes. Além disso, o comportamento do cultivar variou em função da época de colheita, do período de embebição e da temperatura empregada, dificultando, assim, um parecer conclusivo sobre a qualidade das sementes. Mas, de modo geral, no estudo conduzido nas temperaturas 32 e 40 °C (Figuras 7 e 8), houve certa similaridade na indicação do cultivar com maiores valores de condutividade (UFV TN-104 e Emgopa-312), enquanto o teste de condutividade elétrica conduzido com 24 horas indicou o cultivar Doko-RC, concordando com os demais testes de avaliação da qualidade fisiológica (Figura 3). Quanto à indicação das sementes do cultivar de qualidade superior, também não houve relação direta entre os testes,

ressaltando-se que os testes de emergência de plântulas em leito de areia (Figura 3D) e condutividade elétrica por 24 horas e 120 minutos a 32 °C (Figuras 7AD) indicaram o cultivar CAC-1 com sementes de qualidade superior. Nos períodos de 10 e 30 minutos a 32 °C (Figura 7BC), esse cultivar veio acompanhado do cultivar Cristalina, não diferindo entre si; já na temperatura de 40 °C, na maioria dos períodos de embebição (Figuras 8A-C), o cultivar Cristalina foi apontado como o de sementes mais vigorosas, concordando com o teste de envelhecimento acelerado e com os resultados obtidos no primeiro ano, exceto no período de 120 minutos (Figura 8E), no qual não foi possível detectar o cultivar de maior desempenho, concordando com o período de 60 minutos a 32 °C (Figura 7D). Esses resultados permitiram inferir que outros fatores, além do ambiente, interferiram nos resultados entre os testes sem, todavia, comprometer a sua validade, pois, de modo geral, houve concordância em apontar os cultivares de melhor desempenho (Cristalina e, ou, CAC-1).

Em geral, os resultados indicaram que é possível reduzir o tempo de embebição das sementes de soja em períodos inferiores a 24 horas nesse teste e, assim, possibilitar o descarte de lotes de qualidade inferior. Essa rapidez na obtenção de resultados tem grande valia na dinamização dos programas de controle de qualidade interno das empresas sementeiras. A possibilidade de redução no tempo de embebição das sementes para avaliação da condutividade elétrica já havia sido verificada com soja por Loeffler et al. (1988), Marcos-Filho et al. (1990) e Dias e Marcos Filho (1996); em outras espécies como amendoim, por Vanzolini e Nakakawa (1999ab), e inclusive por 60 a 180 minutos, por Keys (1982), citado por Dias e Marcos Filho (1995); girassol, por Brandão Jr. et al. (1997) e Albuquerque et al. (2001); milho, por Gaspar e Nakagawa (2002 b); tomate, por Rodo et al. (1998) e Sá (1999); e também feijão-vagem e quiabo, por Dias et al. (1998).

4.2.2. Condutividade elétrica utilizando 18 e 16 subamostras por repetição

Os perfis dos cultivares oriundos de 18 e 16 subamostras (sem “outliers”) estão apresentados nas Figuras 10, 11, 12 e 13 (2001/2002) e 14, 15, 16 e 17 (2002/2003).

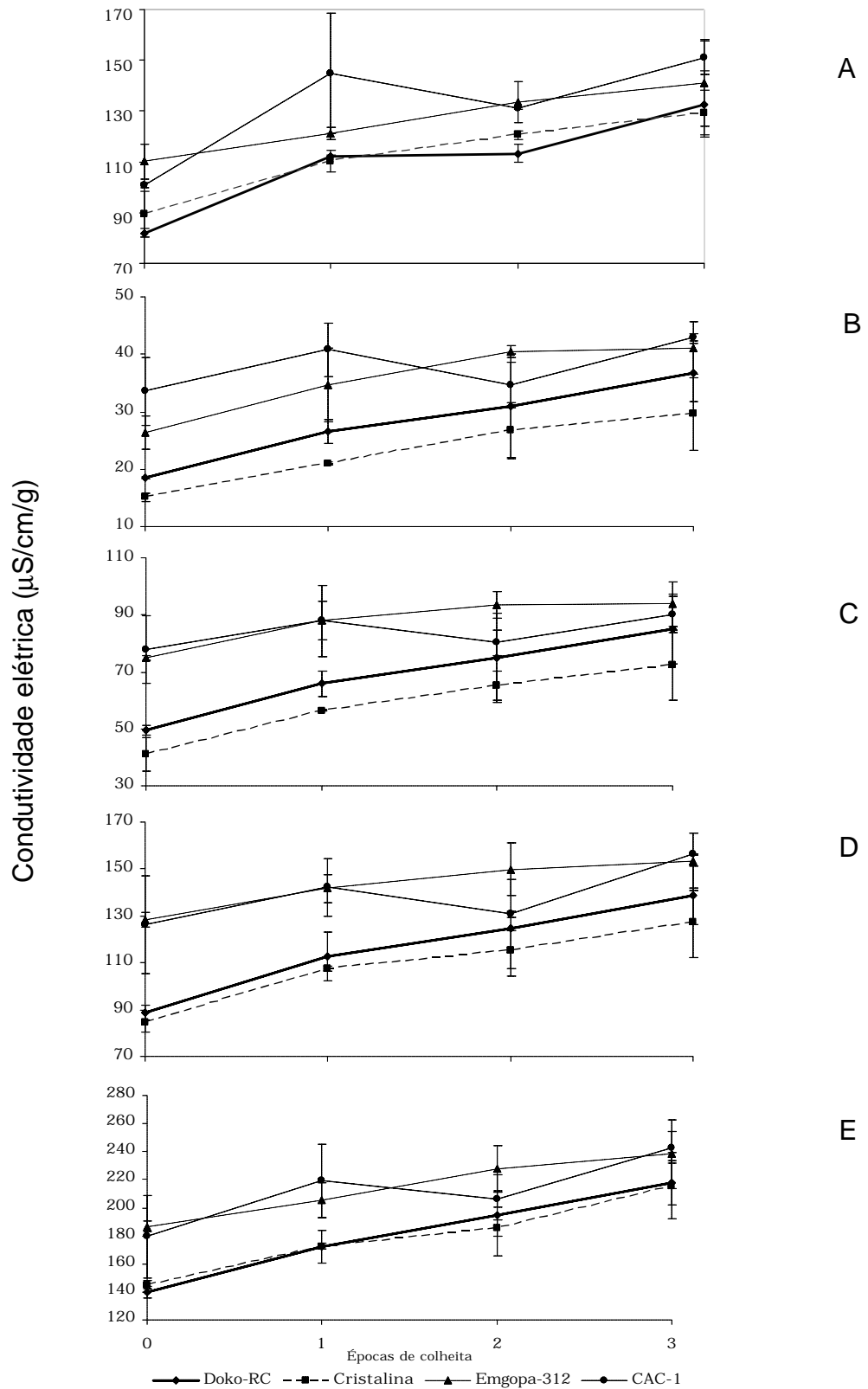


Figura 10 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (18 subamostras) das sementes de quatro cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 32 °C. Viçosa, MG, 2001/2002.

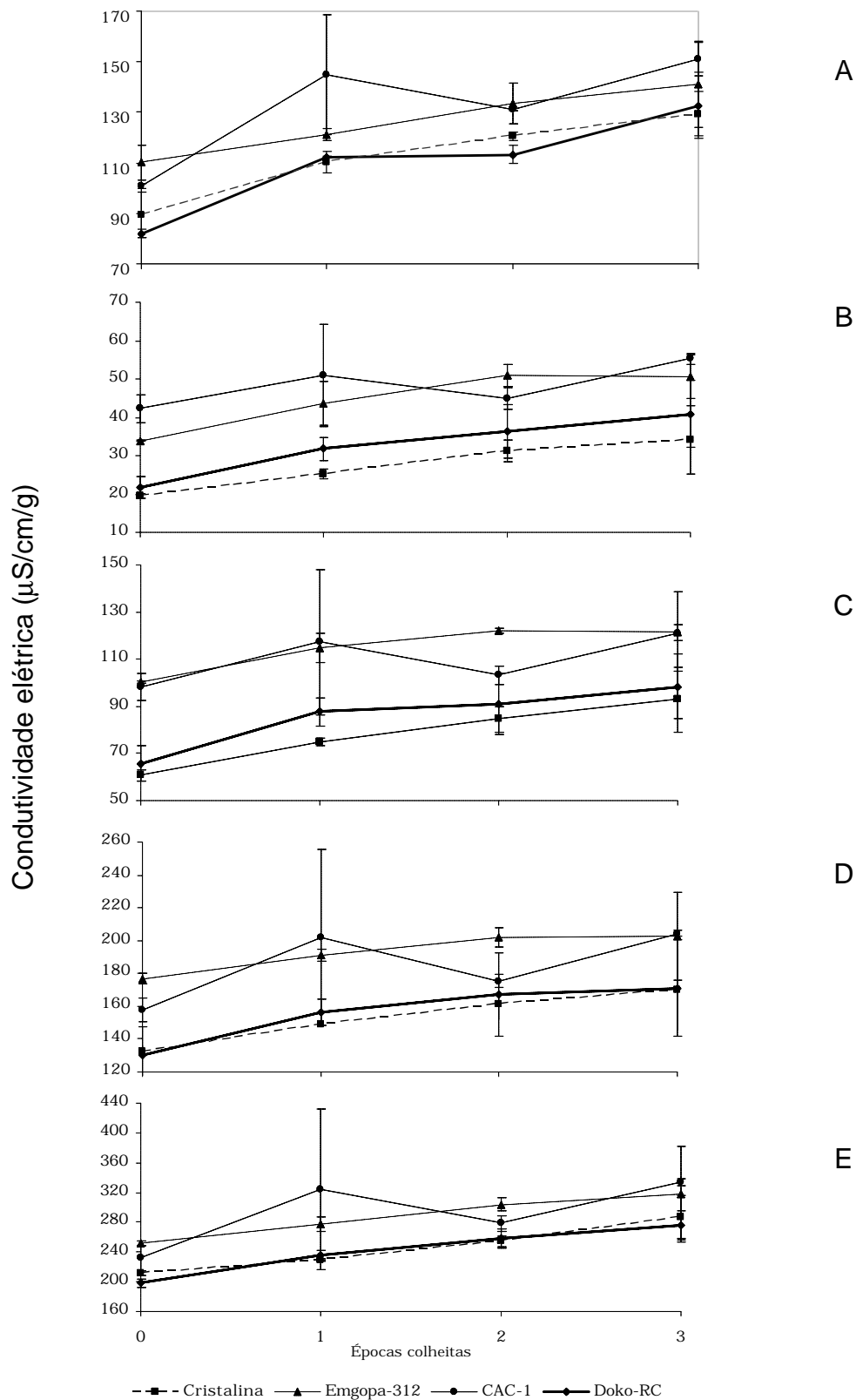


Figura 11 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (18 subamostras) das sementes de quatro cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 40 °C. Viçosa, MG, 2001/2002.

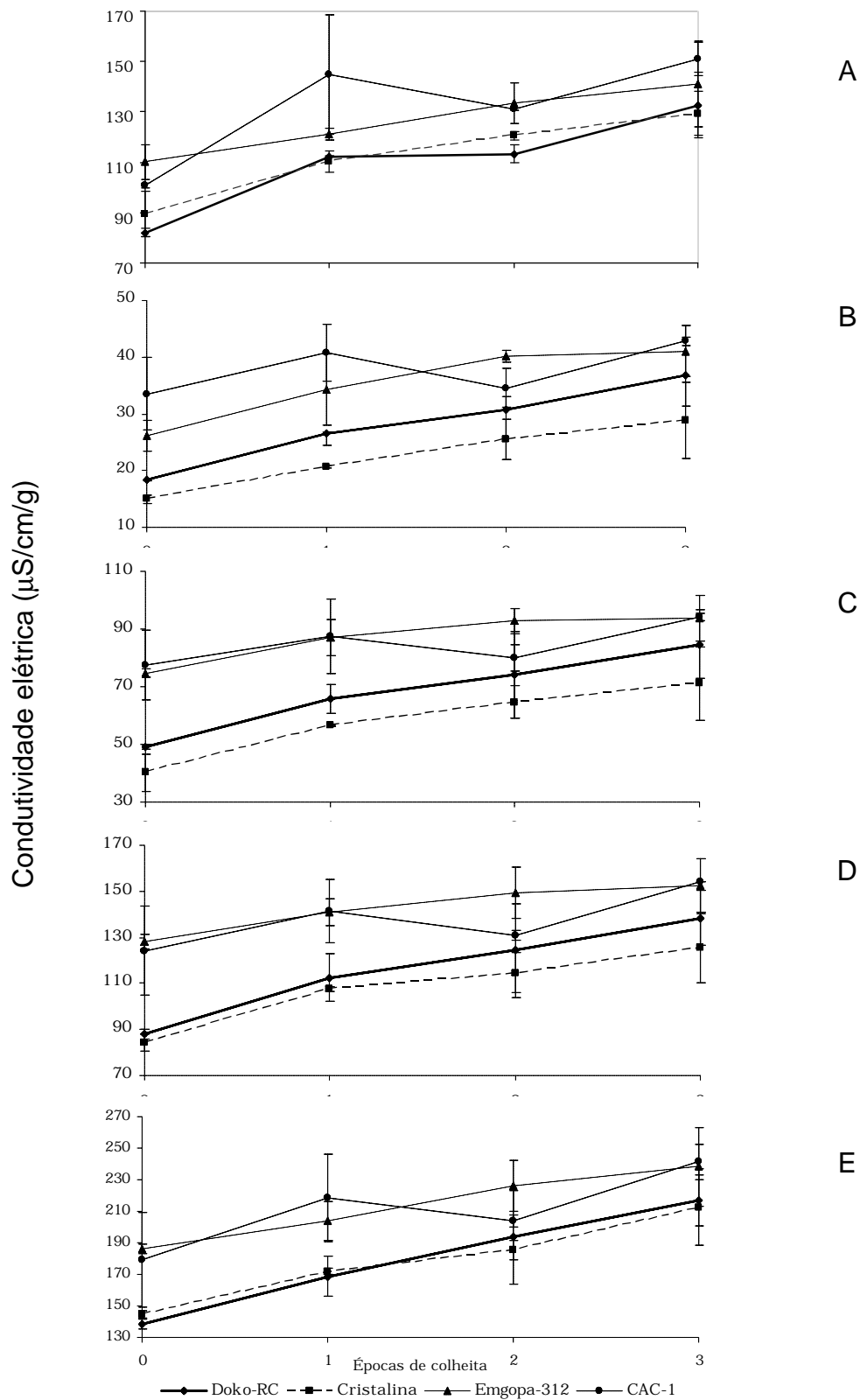


Figura 12 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (16 subamostras) das sementes de quatro cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 32 °C. Viçosa, MG, 2001/2002.

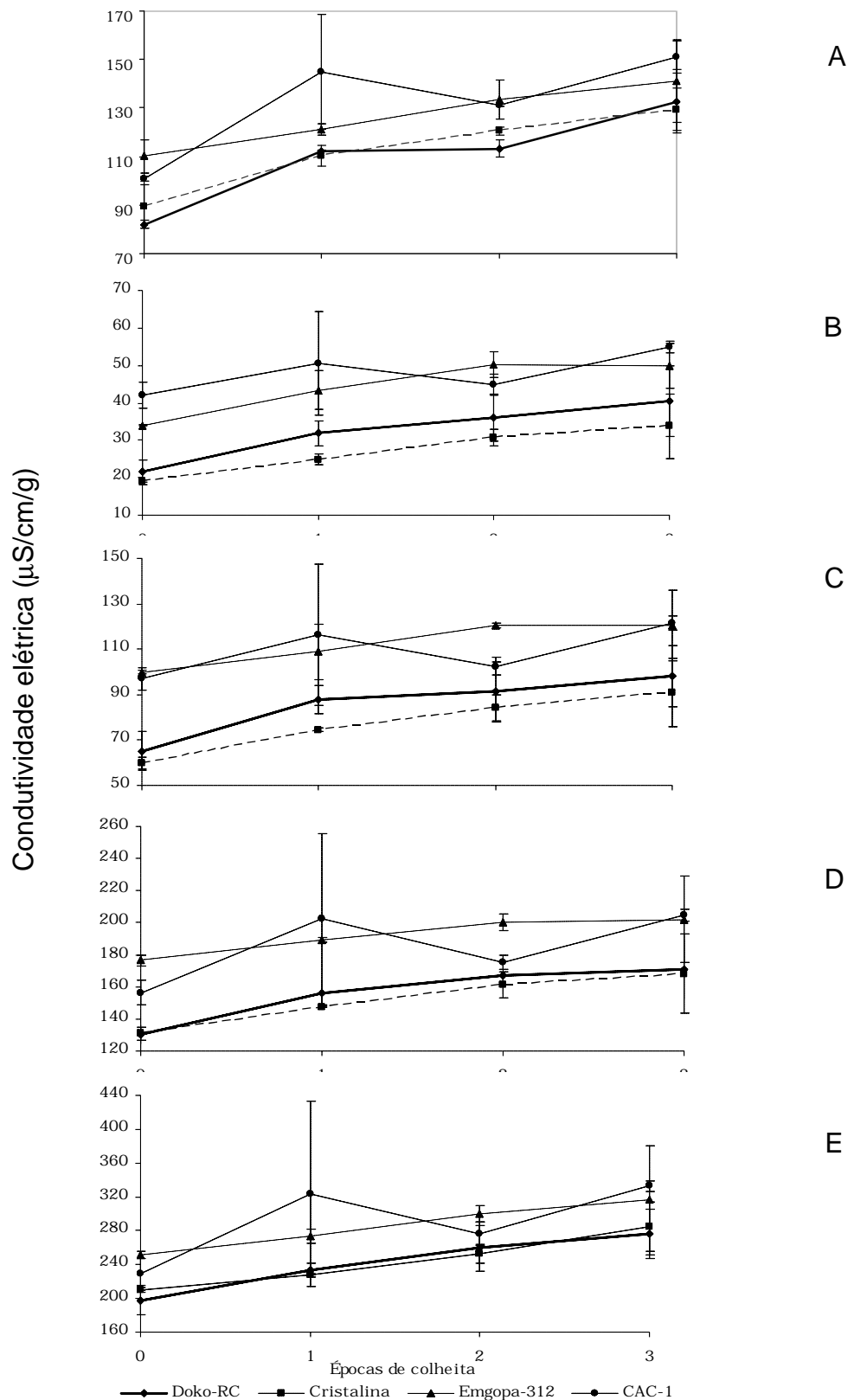


Figura 13 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (16 subamostras) das sementes de quatro cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 40 °C. Viçosa, MG, 2001/2002.

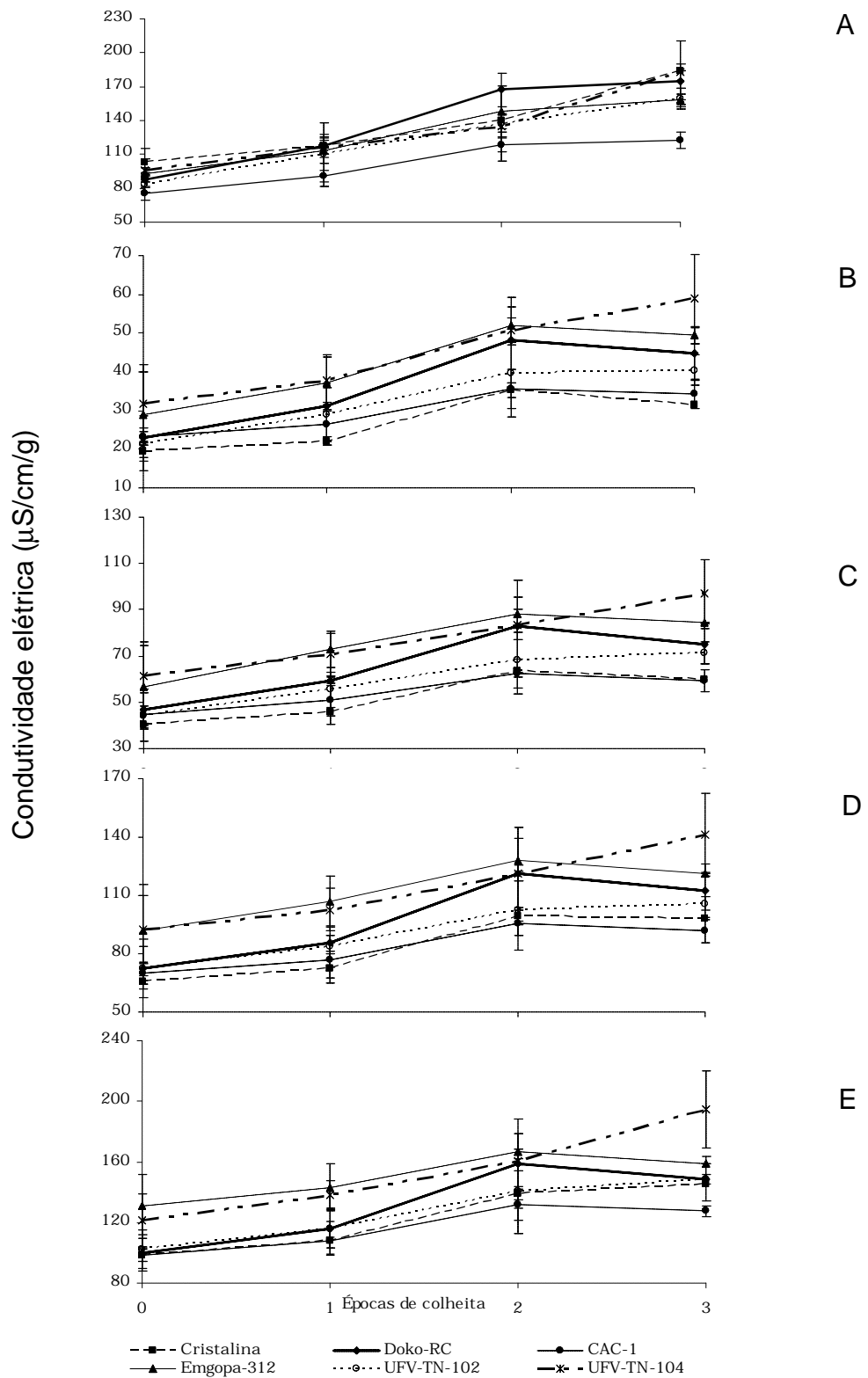


Figura 14 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (18 subamostras) das sementes de seis cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 32 °C. Viçosa, MG, 2002/2003.

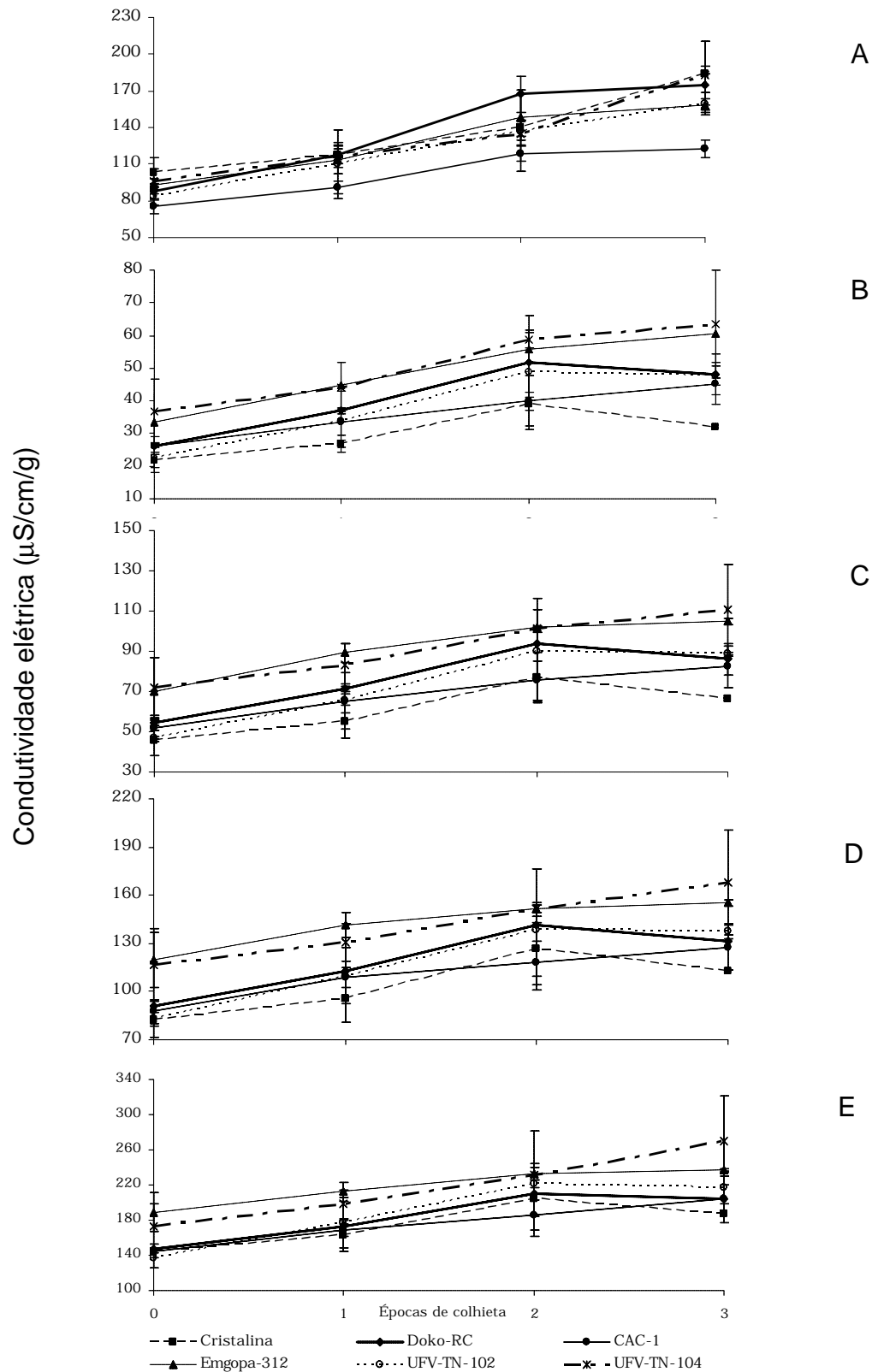


Figura 15 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (18 subamostras) das sementes de seis cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8 (zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 40 °C. Viçosa, MG, 2002/2003.

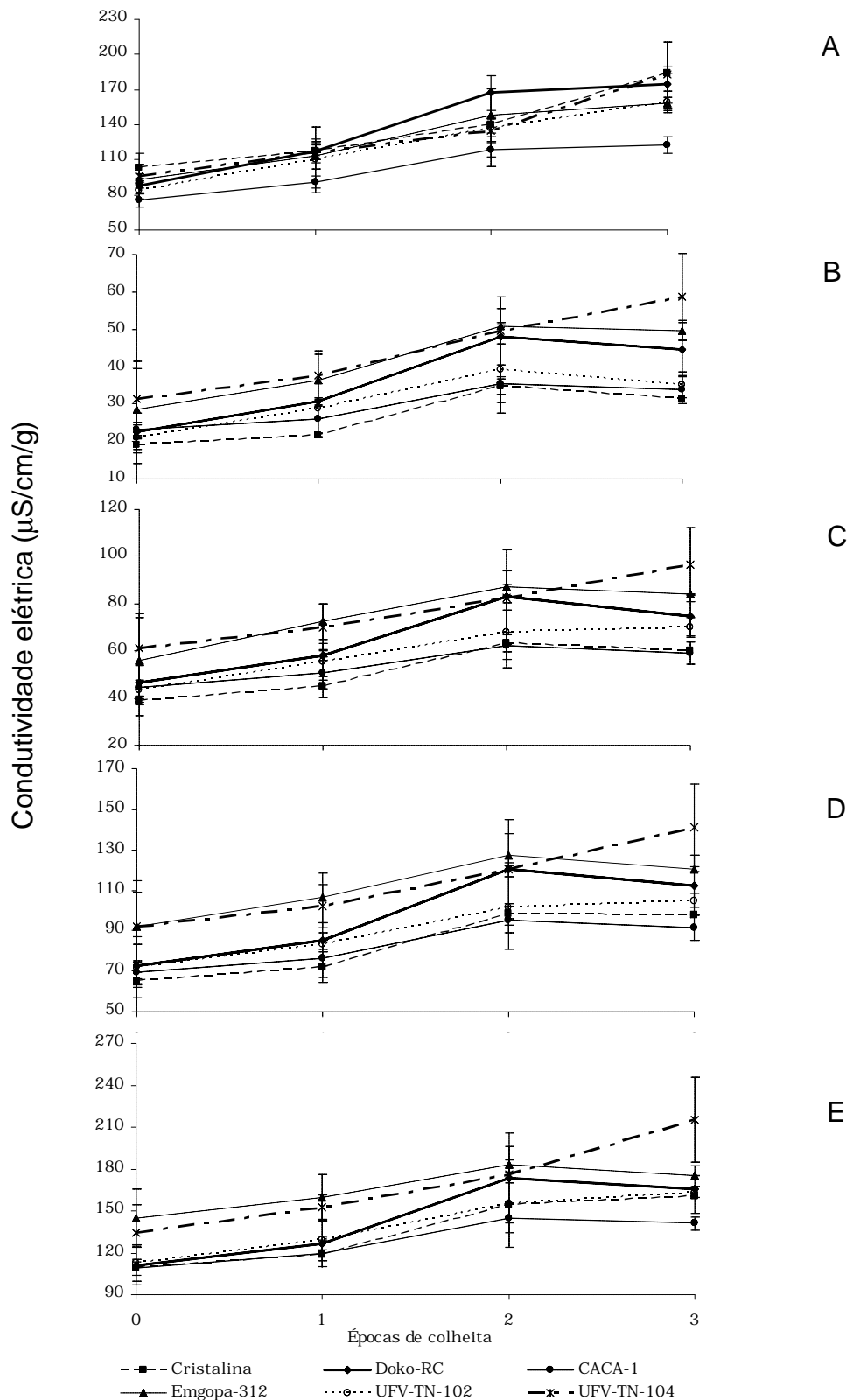


Figura 16 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (16 subamostras) das sementes de seis cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8(zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 32 °C. Viçosa, MG, 2002/2003.

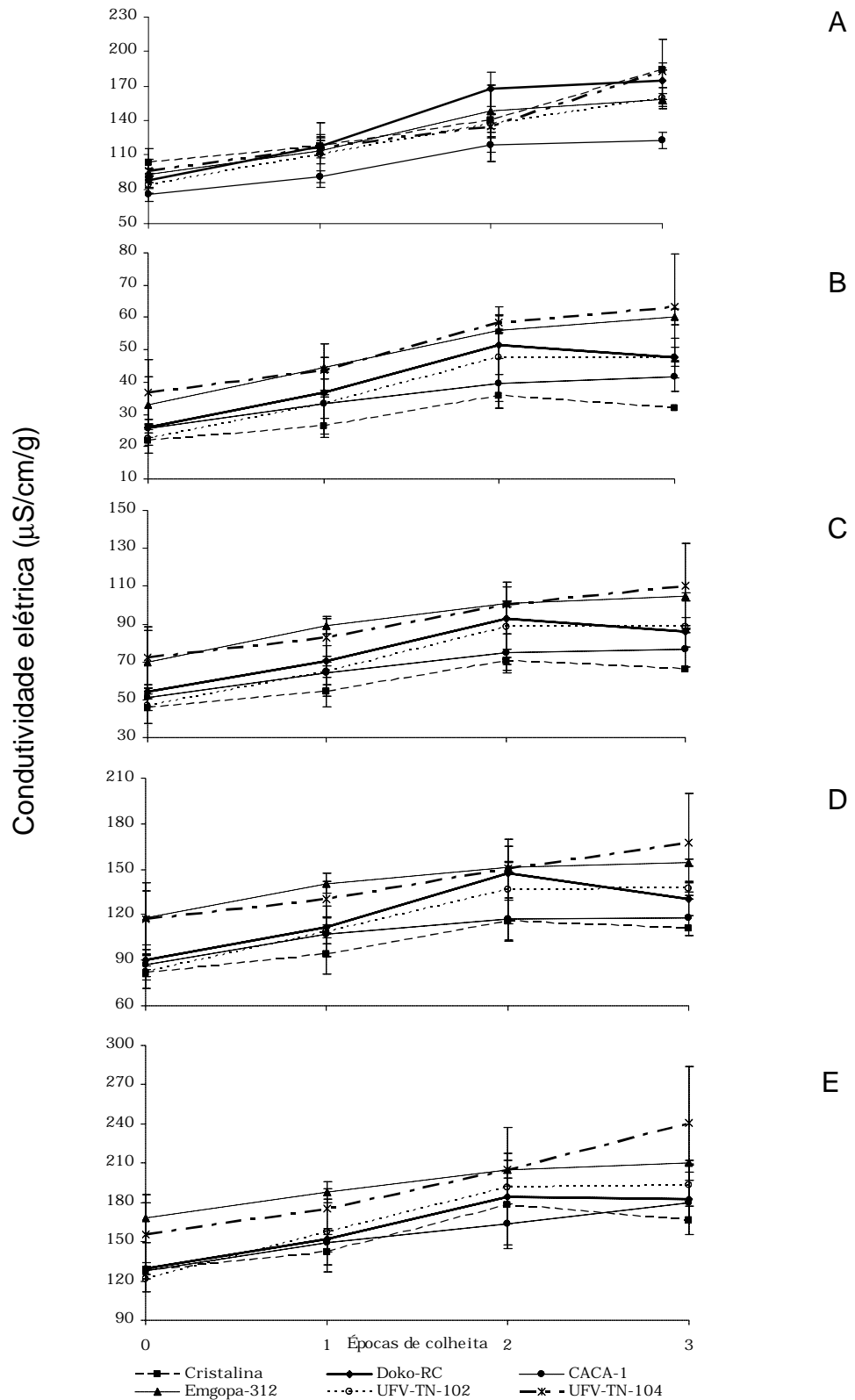


Figura 17 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução de embebição (16 subamostras) das sementes de seis cultivares de soja colhidas em quatro épocas: estágio R8(zero) e R8+15 (1), R8+30 (2) e R8+45 (3) dias após R8, após 24 horas a 25 °C (A) e 10 (B), 30 (C), 60 (D) e 120 minutos (E) a 40 °C. Viçosa, MG, 2002/2003.

Examinando as Figuras 10 e 11 referentes ao teste de condutividade com 18 subamostras nas temperaturas de 32 e 40 °C por 10, 30, 60 e 120 minutos, verificou-se que os perfis dos quatro cultivares, em todos os períodos de embebição e em cada época de colheita, foram semelhantes aos apresentados por esse mesmo teste com 20 subamostras (presença de dados discrepantes) (Figuras 5 e 6). O mesmo ocorreu com o teste com 16 subamostras (Figuras 12 e 13), em que se constatou similaridade dos resultados obtidos, tanto com 20 quanto com 18 subamostras. Da mesma forma foi observado que, nas sementes dos cultivares produzidas no segundo ano, cujos perfis obedeceram ao mesmo padrão verificado no teste com 20 subamostras (Figuras 7 e 8), não houve mudança marcante quando se eliminaram os dados discrepantes (Figuras 14, 15, 16 e 17). Comparando esses testes com o teste de condutividade elétrica tradicional, verificou-se similaridade aos obtidos com 20 repetições. Isso pode indicar que a presença de valores discrepantes (“outliers”) não causou influência relevante no conjunto dos dados, ou seja, não alterou os perfis dos cultivares em função do retardamento de colheita nos dois anos de estudo. Dias e Marcos Filho (1996), estudando o teste condutividade elétrica com sementes provindas da porção fisicamente pura e sementes previamente selecionadas, verificaram tendências semelhantes entre os dois métodos quanto à indicação de lotes de melhor e pior qualidade. Fratin (1987), citado por Dias e Marcos Filho (1995), trabalhando com sementes de milho, observou que todos os tratamentos com ou sem escolha de sementes apresentaram concordância quanto à ordenação dos lotes em níveis de vigor e, ainda, constatou que a única vantagem da eliminação de sementes danificadas do teste deveu-se à redução dos coeficientes de variação, indicando menor variabilidade entre repetições.

No presente trabalho, por ocasião da realização do teste, observou-se que a presença de sementes danificadas naquela amostra aumentava consideravelmente o valor de condutividade, conforme as informações de Tao (1978), Aosa (1983), Marcos Filho et al. (1987) e Krzyzanowski et al. (1991), porém o número (real) elevado de repetições provavelmente minimizou o efeito dessas sementes nos resultados do teste, como sugerido por Loeffelr et al. (1988): um tamanho maior da amostra diluiu os efeitos de eventuais sementes danificadas. Esses autores verificaram que, quanto menor o número de

repetições e de sementes por repetição, maior a variabilidade entre os resultados. Essa variabilidade também foi constatada no trabalho de Hampton et al. (1992), em que menores coeficientes de variação foram obtidos quando se utilizaram quatro repetições de 50, em vez de quatro de 25 e duas de 50 sementes, na determinação da condutividade elétrica de sementes de soja, feijão-comum e feijão-mungo.

4.4. Correlação entre os valores de condutividade elétrica e os de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em leito de areia

Neste trabalho, também foram determinados os coeficientes de correlação simples de Pearson entre os dados coletados nos diferentes testes, procurando verificar a consistência das informações obtidas, em relação às provenientes da análise de perfil. Os coeficientes de correlação simples referentes aos dados obtidos com 20 subamostras são apresentados nos Quadros 10 (2001/2002) e 3 (2002/2003).

No Quadro 10 (primeiro ano), observou-se a existência de correlação significativa entre os dados de condutividade elétrica (24 horas a 25 °C – metodologia tradicional) e germinação ($P < 0,05$), primeira contagem ($P < 0,05$), envelhecimento acelerado ($P < 0,01$) e emergência em leito de areia ($P < 0,01$), em todos os cultivares estudados. Verificou-se também correlação significativa ($P < 0,01$ ou $P < 0,05$) entre os valores de condutividade (metodologia tradicional) e condutividade elétrica (metodologia proposta) conduzidos com 10, 30, 60 e 120 minutos nas temperaturas 32 e 40 °C, em todos os cultivares estudados, com exceção do cultivar CAC-1, que não apresentou correlação significativa no período de 60 minutos a 32 °C.

Esses resultados concordam com as observações de Loeffler et al. (1988), Vieira et al. (1998) com soja e Fagioli (1997) com milho, que constataram correlações significativas entre os valores de condutividade elétrica com os de germinação e envelhecimento acelerado. Santos (2004) também se referiu à existência de correlação significativa entre condutividade elétrica e germinação. Do mesmo modo, Vieira et al. (2001) verificaram que a baixa qualidade das sementes, obtidas no teste de envelhecimento acelerado,

Quadro 10 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os valores de condutividade elétrica (CE) com 20 subamostras e os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em leito de areia (ELA). Viçosa, MG, 2001/2002

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação					
			CE 25	TG	PC	EA	ELA	
			$\mu\text{S/cm/g}$	%				
Doko-RC	25 °C	CE – 24 h	-	-0,7186*	-0,7242*	-0,8848**	-0,8783**	
		CE-10 min	0,9085**	-0,7307*	-0,7345*	-0,8673**	-0,8759**	
	32 °C	CE-30 min	0,9137**	-0,7039	-0,7074*	-0,8484**	-0,8472**	
		CE-60 min	0,9145**	-0,7251*	-0,7252*	-0,8594**	-0,8679**	
		CE-120 min	0,9064**	-0,7261*	-0,7657*	-0,8862**	-0,8920**	
	40 °C	CE-10 min	0,9282**	-0,6961	-0,6943	-0,8362**	-0,8728*	
		CE-30 min	0,9291**	-0,6671	-0,6571	-0,8059*	-0,7939*	
		CE-60 min	0,9294**	-0,6466	-0,6406	-0,8013*	-0,7883*	
		CE-120 min	0,9350**	-0,7496*	-0,7440*	-0,8730**	-0,8424*	
	Cristalina	25 °C	CE – 24 h	-	-0,8425**	-0,8381**	-0,8923**	-0,8284*
			CE-10 min	0,9330**	-0,8442**	-0,8244*	-0,8196*	-0,7369*
		32 °C	CE-30 min	0,9767**	-0,8714**	-0,8633**	-0,8564**	-0,8002**
CE-60 min			0,9689**	-0,8623**	-0,8439**	-0,8469**	-0,7666**	
CE-120 min			0,9320**	-0,9509**	-0,9355**	-0,8928**	-0,8474**	
40 °C		CE-10 min	0,9126**	-0,9036**	-0,8880**	-0,7997*	-0,7591*	
		CE-30 min	0,9583**	-0,9003**	-0,8816**	-0,8489**	-0,7851*	
		CE-60 min	0,9134**	-0,8542**	-0,8375**	-0,7587*	-0,7008	
		CE-120 min	0,9191**	-0,9588**	-0,9514**	-0,8728**	-0,8628**	
Emgopa-312		25 °C	CE – 24 h	-	-0,8304*	-0,8156*	-0,8353**	-0,8296*
			CE-10 min	0,8232*	-0,6699	-0,6458	-0,8233*	-0,7666*
		32 °C	CE-30 min	0,8115*	-0,6951	-0,6786	-0,8436**	-0,7850*
	CE-60 min		0,8049*	-0,7890*	-0,7765*	-0,8958**	-0,8569**	
	CE-120 min		0,8833**	-0,8511**	-0,8352**	-0,9245**	-0,8961**	
	40 °C	CE-10 min	0,8858**	-0,6789	-0,6578	-0,8161*	-0,7773*	
		CE-30 min	0,9292**	-0,7117*	-0,6889	-0,8277*	-0,7847*	
		CE-60 min	0,8704**	-0,7115*	-0,6909	-0,8189*	-0,7766*	
		CE-120 min	0,9104**	-0,7684*	-0,7481*	-0,8378**	-0,7977*	
	CAC-1	25 °C	CE – 24 h	-	-0,8998**	-0,8933**	-0,9025**	-0,9475*
			CE-10 min	0,7469*	-0,6420	-0,6431	-0,7040	-0,6744
		32 °C	CE-30 min	0,7537*	-0,7063	-0,7127*	-0,7666*	-0,7174*
CE-60 min			0,6940	-0,7045	-0,7156*	-0,6989	-0,6161	
CE-120 min			0,8566**	-0,8887**	-0,8940**	-0,8847**	-0,8034*	
40 °C		CE-10 min	0,8556**	-0,7692*	-0,7693*	-0,9239**	-0,8749**	
		CE-30 min	0,8314*	-0,6990	-0,6971	-0,9088**	-0,8798**	
		CE-60 min	0,9089**	-0,7577*	-0,7560*	-0,9144**	-0,9185**	
		CE-120 min	0,9334**	-0,7989*	-0,7970*	-0,9276**	-0,9410**	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

correlacionou-se negativamente com mudança na integridade das membranas medida por meio de teste de condutividade elétrica. Esse fato indica que aumentos nos valores de condutividade elétrica corresponderam à queda nos níveis de germinação e vigor das sementes, fato esse que concorda com observações na literatura, em que aumentos nos dados de condutividade elétrica correspondem à maior lixiviação de solutos e, portanto, à diminuição na qualidade fisiológica das sementes (POWEEL,1986; MARCOS FILHO et al., 1990; SÁ, 1999).

As correlações da condutividade elétrica (metodologia proposta) realizada com 32 °C e o teste de envelhecimento acelerado e o de emergência em leito de areia foram altamente significativas em todos os períodos de embebição das sementes dos cultivares Doko-RC, Cristalina e Emgopa-312. O cultivar CAC-1, novamente, diferenciou-se dos demais, apresentando correlação significativa apenas para os tempos de 30 e 120 minutos. Quanto à correlação entre os dados do teste realizado com 40 °C, notou-se que somente o período de 60 minutos (cultivar Cristalina) não se correlacionou com os dados de emergência em leito de areia, ou seja, todas as outras combinações se correlacionaram entre si em todos os cultivares, indicando uma tendência de variação semelhante entre a condutividade e cada teste correlacionado (MARCOS FILHO et al., 1987).

Os resultados de germinação e primeira contagem da germinação foram os que menos se correlacionaram com o teste de condutividade (metodologia proposta), exceto para o cultivar Cristalina que, em ambas as temperaturas, apresentou correlação altamente significativa entre os valores de condutividade elétrica, germinação e primeira contagem. Para o cultivar Doko-RC, na temperatura de 32 °C, também houve correlação significativa entre os testes aqui discutidos, com exceção do período de 30 minutos, que não se correlacionou com os testes supracitados. No entanto, na temperatura de 40°C, notou-se correlação significativa somente a partir de 120 minutos, em ambos os testes. Já nos cultivares Emgopa-312 e CAC-1 as correlações foram mais esparsas. Verificou-se que no cultivar Emgopa-312, na temperatura de 32 °C, houve correlação significava a partir de 60 minutos, enquanto a 40 °C, a partir de 30 minutos, os valores de condutividade se correlacionaram com os de germinação, e somente o período de 120 minutos se correlacionou com os

valores da primeira contagem. Quanto ao cultivar CAC-1, os resultados de condutividade a 32 °C se correlacionaram significativamente com a germinação somente aos 120 minutos e com a primeira contagem, a partir de 30 minutos. A 40 °C, somente no período de 30 minutos não ocorreu correlação significativa entre os dados de condutividade, germinação e primeira contagem da germinação. Correlação menos acentuada entre esses três testes (condutividade, germinação e primeira contagem) era, de certa forma, esperada, pois, além de avaliarem diferentes aspectos da qualidade fisiológica das sementes, os testes de germinação e primeira contagem foram pouco sensíveis às diferenças entre os lotes, na avaliação de perfil dos cultivares, promovendo agrupamento das médias. Rosa et al. (2000) observaram, em sementes de milho, correlação significativa entre o teste de condutividade elétrica com o de germinação e envelhecimento acelerado a partir das oito horas de embebição e Marques et al. (2002b), em sementes de jacarandá (condutividade entre primeira contagem, germinação e emergência em viveiro), a partir de 12 horas de embebição, nas temperaturas de 20 e 25 °C e, na temperatura de 30 °C, observaram correlação significativa já com seis horas de embebição. Embora a referência tenha sido com sementes florestais, verificou-se certa similaridade entre esses resultados com os de presente trabalho, no sentido de que a utilização de temperaturas mais elevadas proporcionou correlações significativas entre os testes em períodos menores de embebição. Dias et al. (1996) destacaram correlação entre emergência de campo e condutividade elétrica, observada a partir das 16 horas de embebição das sementes de soja.

De modo geral, as correlações entre os testes de condutividade a 25 °C/24 horas, envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia e a condutividade a 32 e 40 °C por 10, 30, 60 e 120 minutos, em diferentes tempos de embebição, foram as mais consistentes, indicando ser testes adequados para avaliar a qualidade das sementes. Em termos de cultivar, é importante notar que os valores obtidos do cultivar Cristalina apresentaram correlações altamente significativas entre todas as combinações estudadas, exceto entre o período de 60 minutos e emergência em leito de areia, evidenciando-se a alta correspondência entre os valores de condutividade elétrica na solução de embebição das sementes com a qualidade fisiológica dos lotes avaliados pelos

outros testes empregados no presente trabalho. Assim, em todos esses testes, observou-se uma resposta diferencial em função do genótipo. Em alguns cultivares, obteve-se uma correlação altamente significativa e em outros não, devendo ressaltar que o efeito devido ao genótipo foi, em parte, responsável por esse comportamento, não devendo esquecer-se, entretanto, de que o ambiente teve também influência nesses resultados.

Analisando os dados obtidos no segundo ano (Quadro 11), as correlações entre os valores de condutividade (metodologia tradicional) e os testes de germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia foram altamente significativas ($P < 0,01$) em todos os cultivares, bem como entre o teste de condutividade a 32 e 40 °C, exceto para o cultivar Cristalina, que aos 40 °C se correlacionou, apenas, após os 120 minutos de embebição. Do mesmo modo, constataram-se correlações altamente significativas entre os valores de condutividade elétrica a 32 e 40 °C e os outros testes de avaliação da qualidade fisiológica (germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia), em todos os períodos de embebição, em quatro dos seis cultivares estudados.

Verificou-se, portanto, que as correlações entre os resultados de condutividade elétrica a 32 °C e envelhecimento acelerado e a emergência de plântulas, no cultivar Cristalina, foram significativas a partir de 30 minutos, enquanto a 40 °C não se observou correlação significativa. No teste de emergência de leito de areia, notou-se correlação entre o teste de condutividade a 32 e a 40 °C somente nos períodos de 30 e 60 minutos. Isso contraria as observações efetuadas anteriormente, pois, no primeiro ano e com esse cultivar, obteve-se correlação em quase todos os testes estudados. Essa observação indica que essa menor correspondência entre os dados seja, provavelmente, devida ao fato de o teste a 40 °C ter sido diferente dos demais, no sentido de identificar o cultivar Cristalina como de melhor qualidade, como pode ser verificado na análise de perfil já discutida anteriormente (Figura 6). No cultivar Emgopa-312, constatou que o teste de envelhecimento acelerado não se correlacionou com os períodos de 60 e 120 minutos, a 32 °C; e com os de 10 e 30 minutos, a 32 °C, e com todos os períodos a 40 °C.

Quadro 11 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os valores de condutividade elétrica (CE) com 20 subamostras e os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em leito de areia (ELA). Viçosa, MG, 2002/2003

Variedades	Temp. (°C)	Período de embebição	Coeficientes de correlação					
			CE 25	TG	PC	EA	ELA	
			μS/cm/g-	-----%-----				
Cristalina	25 °C	CE – 24 h	-	-0,8901**	-0,8893**	-0,8224**	-0,9671**	
		CE-10 min	0,7461*	-0,7938**	-0,8317**	-0,6123	-0,6357	
	32 °C	CE-30 min	-0,7885**	-0,7626*	-0,8028**	-0,6436*	-0,6764*	
		CE-60 min	0,80,41**	-0,7558*	-0,8001**	-0,6892*	-0,6954*	
		CE-120 min	0,8596**	-0,7943**	-0,8313**	-0,7252**	-0,7793	
	40 °C	CE-10 min	0,5997	-0,6083	-0,6473*	-0,4623	-0,4556	
		CE-30 min	0,6155	-0,5746	-0,6190	-0,4974	-0,4782	
		CE-60 min	0,6269	-0,5497	-0,5966	-0,5147	-0,4967	
		CE-120 min	0,6775*	-0,6318	-0,6691	-0,5157	-0,5620	
	Doko-RC	25 °C	CE – 24 h	-	-0,9101**	-0,9182**	-0,9556**	-0,9040**
			CE-10 min	0,9324**	-0,7752**	-0,7846**	-0,8290**	-0,8071**
		32 °C	CE-30 min	0,9002**	-0,6941*	-0,7069*	-0,7946**	-0,7257**
CE-60 min			0,9211**	-0,7284*	-0,7428**	-0,8150**	-0,7618**	
CE-120 min			0,9297**	-0,7556**	-0,7681**	-0,8277**	-0,7854**	
40°C		CE-10 min	0,9353**	-0,8062**	-0,8094**	-0,8588**	-0,8331**	
		CE-30 min	0,9070**	-0,7368**	-0,7446**	-0,8341**	-0,7644**	
		CE-60 min	0,8977**	-0,7226**	-0,7305**	-0,8284**	-0,7442**	
		CE-120 min	0,9417**	-0,8419**	-0,8435**	-0,8976**	-0,8465**	
CAC-1		25°C	CE – 24 h	-	-0,9142**	-0,9188**	-0,9179**	-0,9288**
			CE-10 min	0,9030**	-0,7961**	-0,7998**	-0,7959**	-0,8229**
		32°C	CE-30 min	0,8946**	-0,7416**	-0,7495**	-0,7824**	-0,8161**
	CE-60 min		0,9139**	-0,7958**	-0,8037**	-0,7852**	-0,8531**	
	CE-120 min		0,9458**	-0,8504**	-0,8513**	-0,8101**	-0,8727**	
	40°C	CE-10 min	0,9239**	-0,8332**	-0,8391**	-0,9409**	-0,7966**	
		CE-30 min	0,9377**	-0,8264**	-0,8367**	-0,9480**	-0,8182**	
		CE-60 min	0,9141**	-0,7908**	-0,8012**	-0,9373**	-0,7701**	
		CE-120 min	0,9270**	-0,8495**	-0,8563**	-0,9487**	-0,8015**	
	Emgopa-312	25°C	CE – 24 h	-	-0,9171**	-0,9082**	-0,9061**	-0,9410**
			CE-10 min	0,9104**	-0,8592**	-0,8592**	-0,7914*	-0,8813**
		32°C	CE-30 min	0,8599**	-0,7638*	-0,7685*	-0,7224*	-0,7918*
CE-60 min			0,8355**	-0,7393**	-0,7416*	-0,6700	-0,7689*	
CE-120 min			0,8443**	-0,7286**	-0,7285*	-0,6612	-0,7703*	
40°C		CE-10 min	0,9229**	-0,9282**	-0,9299**	-0,9042**	-0,9296**	
		CE-30 min	0,8771**	-0,8546**	-0,8595**	-0,8329**	-0,8595**	
		CE-60 min	0,8692**	-0,8141*	-0,8174*	-0,8227*	-0,8391**	
		CE-120 min	0,9274**	-0,8715**	-0,8709**	-0,8464**	-0,8897**	

Continua...

Quadro 11 – Cont.

Variedades	Temp. (°C)	Período de embebição	Coeficientes de correlação				
			CE 25 μS/cm/g-	TG	PC	EA	ELA
	25 °C	CE – 24 h	-	-0,9779**	-0,9763**	-0,9314**	-0,9353**
UFV-TN-102	32 °C	CE-10 min	0,9304**	-0,8773**	-0,8893**	-0,8574**	-0,8273**
		CE-30 min	0,9161**	-0,8623**	-0,8762**	-0,8678**	-0,8104**
		CE-60 min	0,9187**	-0,8625**	-0,8778**	-0,8479**	-0,8490**
		CE-120 min	0,9613**	-0,9164**	-0,9255**	-0,8717**	-0,9045**
	40 °C	CE-10 min	0,9330**	-0,8952**	-0,9027**	-0,8593**	-0,8565**
		CE-30 min	0,9473**	-0,8992**	-0,9054**	-0,8773**	-0,8720**
		CE-60 min	0,9511**	-0,8987**	-0,9014**	-0,8846*	-0,8777**
CE-120 min		0,9483*	-0,8951**	-0,8935**	-0,8794**	-0,8833**	
	25 °C	CE – 24 h	-	-0,8624**	-0,8539**	-0,9329**	-0,9011**
UFV-TN-104	32 °C	CE-10 min	0,8764**	-0,7279**	-0,7175**	-0,8882**	-0,8689**
		CE-30 min	0,8664**	-0,6927*	-0,6794**	-0,8671**	-0,8426**
		CE-60 min	0,8741**	-0,6902*	-0,6741*	-0,8706**	-0,8390**
		CE-120 min	0,9080**	-0,7526**	-0,7346**	-0,9011**	-0,9182**
	40 °C	CE-10 min	0,8252**	-0,7088**	-0,6973*	-0,8462**	-0,8197**
		CE-30 min	0,8252**	-0,6827*	-0,6680*	-0,8492**	-0,8290**
		CE-60 min	0,8295**	-0,6846*	-0,6661*	-0,8353**	-0,8187**
		CE-120 min	0,8649**	-0,6956*	-0,6737*	-0,8525**	-0,8662**

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

É importante notar que, no segundo ano, as correlações entre os testes de avaliação da qualidade fisiológica e os de condutividade elétrica foram mais acentuadas do que as observadas no ano anterior, principalmente entre os testes de germinação e primeira contagem, cujo grau de associação com o teste de condutividade elétrica foi similar ao obtido nos demais testes. Isso permite supor que a deterioração das sementes em campo antes da colheita, conforme o ciclo dos cultivares, por exemplo, poderia ter tido peso maior na qualidade final dos lotes produzidos naquele ano (2001/2002). Yaklich et al. (1979) e Martin et al. (1988) ressaltaram que os coeficientes de correlação variam entre anos e entre épocas de semeadura dentro do mesmo ano, o que pode explicar a diferença encontrada no cultivar Cristalina de um ano para o outro e a variação verificada nos coeficientes das outras características avaliadas (TG, PC, EA, ELA) nas duas etapas em que o trabalho foi desenvolvido.

Quanto à correlação entre os dados de condutividade e a emergência de plântulas em leito de areia, a literatura faz pouca referência, e a maioria das publicações destaca correlações significativas entre condutividade e emergência em campo (PRETE et al., 1994; VIEIRA et al., 1998 e 1999; FAGIOLI, 1997). Entretanto, no presente trabalho a emergência em leito de areia resultou em correlações altamente significativas tanto nos dados da metodologia de condutividade elétrica tradicional quanto nos de metodologia proposta em ambos os anos.

Quando as correlações foram determinadas em função da cultivar, observou-se o mesmo tipo de associação (correlações negativas para CE x TG, CE x PC, CE x EA, e CE x ELA e positivas para CE-25 x CE (32 e 40 °C)), porém com grau de associação diferente, resultando em correlações não-significativas ou significativas em diferentes níveis de significância ($P < 0,01$ ou $P < 0,05$). Isso evidencia a existência de resposta diferenciada conforme o genótipo (YAKLICH et al., 1979; VIEIRA; PANOBIANCO, 1996). Observou-se também que, em um mesmo cultivar, os valores de “r” podem variar em função do ano, ocorrendo anos com correlações significativas ou não.

4.5. Correlações entre o teste de condutividade elétrica após a eliminação dos dados discrepantes e os outros testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes de soja

As correlações lineares simples obtidas com 18 e 16 subamostras (sem outliers) referentes a 2001/2002 são apresentadas nos Quadros 4 e 5, respectivamente, e as de 2002/2003, nos Quadros 12 e 7, respectivamente.

A análise das correlações entre os dados de condutividade elétrica após a eliminação dos dados discrepantes (18 e 16 subamostras), referentes ao primeiro ano (Quadro 4 e 5), e os testes de caracterização da qualidade fisiológica das sementes (germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado, leito de areia e condutividade elétrica 25 °C/24 horas) apresentaram correlação mais acentuada, em comparação com os resultados do teste realizado com a presença de “outliers”, ou seja, com 20 subamostras (Quadro 10), já discutido anteriormente. Essas alterações deveram-se à eliminação dos dados discrepantes obtidos nas leituras de condutividade, proporcionando

aumento no grau de significância entre os testes à medida que se reduziu o número de subamostras. Esse fato justifica o emprego de um estimador robusto, dando maior precisão e confiabilidade aos resultados. Verificou-se que as mudanças ocorreram em função do cultivar e naqueles testes que menos se correlacionaram, demonstrando, assim, que a presença de dados discrepantes produz aumento de variância na amostra e provando que, nesse tipo de distribuição (assimétrica), a média pode ser contaminada pela presença de “outliers”. No cultivar Doko-RC, as mudanças ocorridas nas correlações entre os testes de germinação, primeira contagem e condutividade elétrica, obtidas com 18 e 16 subamostras, foram mínimas quando comparadas com aquelas obtidas com 20 subamostras (Quadro 10). No entanto, nos cultivares Emgopa-312 e CAC-1, que apresentaram correlações esparsas com 20 subamostras (Quadro 10), verificaram-se alterações moderadas [18 subamostras (Quadro 12)] e acentuadas [16 subamostras (Quadro 13)]. Observou-se que, com 16 subamostras, as correlações não-significativas foram consideravelmente reduzidas, ou seja, praticamente foram obtidas correlações significativas para a maioria dos períodos de embebição das sementes, principalmente, para o cultivar CAC-1.

Os resultados obtidos no ensaio do segundo ano (2002/2003) foram similares aos observados no ano anterior. Nas correlações obtidas no cultivar Cristalina com 20 e 18 subamostras (Quadros 11 e 14), verificou-se que não houve diferenças marcantes; já com 16 (Quadro 15), quando comparados com os dados obtidos com 20 e 18, assim como no ensaio anterior, notaram-se mudanças acentuadas nas correlações entre os testes. Observou-se que praticamente não houve correlação significativa entre os testes de caracterização de qualidade das sementes com condutividade a 40 °C, nas avaliações anteriores (20 e 18 subamostras). Após a eliminação de quatro dados, percebeu-se que, nos testes de condutividade 24 horas, germinação e primeira contagem, mudou-se completamente o grau de associação com a condutividade a 40 °C, resultando em correlações significativas entre eles, exceto no período de 120 minutos e CE-25. Entre os testes de envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia não houve alteração. No entanto, nesse mesmo cultivar e Emgopa-312 a mudança entre as correlações de CE a 32 °C e os testes de envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia

Quadro 12 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os valores de condutividade elétrica (CE) com 18 subamostras e os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em leito de areia (ELA). Viçosa, MG, 2001/2002

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação					
			CE 25	TG	PC	EA	ELA	
			μS/cm/g	-----%				
Doko-RC	25 °C	CE - 24 h	-	-0,7786*	-0,7242*	-0,8848**	-0,8783**	
		CE-10 min	0,9086**	-0,7240*	-0,7256*	-0,8510**	-0,8702**	
	32 °C	CE-30 min	0,9207**	-0,7151*	-0,7169*	-0,8559**	-0,8543**	
		CE-60 min	0,9177**	-0,7369*	-0,7355*	-0,8654**	-0,8722**	
		CE-120 min	0,9198**	-0,7802*	-0,7797*	-0,8996**	-0,9030**	
	40 °C	CE-10 min	0,9234**	-0,6758	-0,6752	-0,8213*	-0,7981*	
		CE-30 min	0,9202**	-0,6339	-0,6239	-0,7781*	-0,7602*	
		CE-60 min	0,9183**	-0,6068	-0,6021	-0,7707*	-0,7561*	
		CE-120 min	0,9281**	-0,7363*	-0,7306*	-0,8603**	-0,8260*	
	Cristalina	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8424**	-0,8381	-0,8923**	-0,8282*
			CE-10 min	0,9299**	-0,8291*	-0,8081*	-0,8081*	-0,7195*
		32 °C	CE-30 min	0,9781**	-0,8466**	-0,8364**	-0,8365**	-0,7696*
CE-60 min			0,9689**	-0,8459**	-0,8263**	-0,8358**	-0,7487*	
CE-120 min			-0,9478**	-0,9398**	-0,9261**	-0,8911**	-0,8428**	
40 °C		CE-10 min	0,9256**	-0,8574**	-0,8403**	-0,7816*	-0,7207*	
		CE-30 min	0,9640**	-0,8772**	-0,8602**	-0,8427**	-0,7716*	
		CE-60 min	0,9185**	-0,8351**	-0,8194*	-0,7537*	-0,6896	
		CE-120 min	0,9210**	-0,9554**	-0,9477**	-0,8876**	-0,8611	
Emgopa-312		25 °C	CE - 24 h	-	-0,8304*	-0,8156*	-0,8353**	-0,8296*
			CE-10 min	0,8284*	-0,6792*	-0,6554	-0,8296*	-0,7772*
		32 °C	CE-30 min	0,8358**	-0,7295*	-0,7133*	-0,8710**	-0,8240*
	CE-60 min		0,8205*	-0,8242*	-0,8109*	-0,9247**	-0,8870**	
	CE-120 min		0,8781**	-0,8672**	-0,8501**	-0,9435**	-0,9170**	
	40 °C	CE-10 min	0,9096**	-0,6894	-0,6684	-0,8175*	-0,7846*	
		CE-30 min	0,9108**	-0,6732	-0,6518	-0,7921*	-0,7428*	
		CE-60 min	0,8806**	-0,7254*	-0,7057	-0,8202*	-0,7778*	
		CE-120 min	0,9131**	-0,7716*	-0,7506*	-0,8256*	-0,7874*	
	CAC-1	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8999**	-0,8933**	-0,9025**	-0,9475**
			CE-10 min	0,7840*	-0,6820	-0,6828	-0,7380*	-0,7099*
		32 °C	CE-30 min	0,6987	-0,6359	-0,6374	-0,79,12*	-0,7217*
CE-60 min			0,7608*	-0,7638*	-0,7729*	-0,7632*	-0,6810	
CE-120 min			0,8602**	-0,8947**	-0,8993*	-0,8925**	-0,8088*	
40 °C		CE-10 min	0,8463**	-0,7636*	-0,7633*	-0,9222**	-0,8685**	
		CE-30 min	0,8268*	-0,6994	-0,6974	-0,9086**	-0,8746**	
		CE-60 min	0,9023**	-0,7495*	-0,7476*	-0,9170**	-0,9211**	
		CE-120 min	0,9222**	-0,7906*	-0,7888*	-0,9313**	-0,9410**	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 13 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os valores de condutividade elétrica (CE) com 16 subamostras e os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em leito de areia (ELA). Viçosa, MG, 2001/2002

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação					
			CE 25	TG	PC	EA	ELA	
			μS/cm/g	-----%				
Doko-RC	25 °C	CE - 24 h	-	-0,7186*	-0,7242*	-0,8848**	-0,8783**	
		CE-10 min	0,9117**	-0,7224*	-0,7224*	-0,8596**	-0,8679**	
	32 °C	CE-30 min	0,9256**	-0,7151*	-0,7183*	-0,8587**	-0,8606**	
		CE-60 min	0,9199**	-0,7363*	0,7354*	-0,8674**	-0,8785**	
		CE-120 min	0,9065**	-0,7825*	-0,7596*	-0,8649**	-0,8327*	
	40 °C	CE-10 min	0,9257**	-0,6620	-0,6619	-0,8104*	-0,7802*	
		CE-30 min	0,9161**	-0,6285	-0,6164	-0,7107*	-0,7528*	
		CE-60 min	0,9206**	-0,6110	-0,6072	-0,7739*	-0,7570*	
		CE-120 min	0,9195**	-0,7334*	-0,7271*	-0,8559**	-0,8234*	
	Cristalina	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8425**	-0,8381**	-0,8923**	-0,8283*
			CE-10 min	0,9393**	-0,8577**	-0,8384**	-0,8130*	-0,7362*
		32 °C	CE-30 min	0,9754**	-0,8210*	-0,8105*	-0,8153*	-0,7426*
CE-60 min			0,9642**	-0,8331*	-0,8115*	-0,8220*	-0,7295*	
CE-120 min			0,9496**	-0,9323**	-0,91,68**	-0,8785**	-0,8266*	
40 °C		CE-10 min	0,9302**	-0,8697**	-0,8527**	-0,7912*	-0,7338*	
		CE-30 min	0,9551**	-0,8557**	-0,8375**	-0,8091*	-0,7361*	
		CE-60 min	0,9209**	-0,8256*	-0,8101*	-0,7432*	-0,6822	
		CE-120 min	0,9262**	-0,9471**	-0,9380**	-0,8854**	-0,8509**	
Emgopa-312		25 °C	CE - 24 h	-	-0,8304*	-0,8156*	-0,8353**	-0,8296*
			CE-10 min	0,8356**	-0,6942	-0,6709	-0,8382**	-0,7872*
		32 °C	CE-30 min	0,8509**	-0,7575*	-0,7425*	-0,8857**	-0,8425**
	CE-60 min		0,8250*	-0,8301*	-0,8162*	-0,9312**	-0,8952**	
	CE-120 min		0,8804**	-0,8724**	-0,8550**	-0,9400**	-0,9145**	
	40 °C	CE-10 min	0,9152**	-0,6780	-0,6567	-0,8037*	-0,7701*	
		CE-30 min	0,9005**	-0,6695	-0,6461	-0,7783*	-0,7539*	
		CE-60 min	0,8907**	-0,7472*	-0,7273*	-0,8266*	-0,7869*	
		CE-120 min	-0,9086**	-0,7831*	-0,7626*	-0,8240*	-0,7894*	
	CAC-1	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8999**	-0,8933**	-0,9025**	-0,9475**
			CE-10 min	0,7829*	-0,6780	-0,6798	-0,7395*	-0,7139*
		32 °C	CE-30 min	0,7818*	-0,7191*	-0,7246*	-0,7965*	-0,7646*
CE-60 min			0,8002*	-0,7935*	-0,8009*	-0,8033*	-0,7352*	
CE-120 min			0,8567**	-0,8814**	-0,8860**	-0,8932**	-0,8083*	
40 °C		CE-10 min	0,8440**	-0,7629*	-0,7623*	-0,9270**	-0,8755**	
		CE-30 min	0,8418**	-0,7206*	-0,7185*	-0,9195**	-0,8842**	
		CE-60 min	0,9106**	-0,7567*	-0,7545*	-0,9144**	-0,9240**	
		CE-120 min	0,9214**	-0,7885*	-0,7869*	-0,9277**	-0,9403**	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 14 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os valores de condutividade elétrica (CE) com 18 subamostras e os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em leito de areia (ELA). Viçosa, MG, 2002/2003

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação					
			CE 25	TG	PC	EA	ELA	
			μS/cm/g	-----%				
Cristalina	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8901**	-0,8893**	-0,8224**	-0,9671**	
		CE-10 min	0,7496*	-0,7972**	-0,8346**	-0,6153	-0,6346	
	32 °C	CE-30 min	0,7764**	-0,7594*	-0,8001**	-0,6305	-0,6560	
		CE-60 min	0,8087**	-0,7625*	-0,8057**	-0,6813*	-0,7029*	
		CE-120 min	0,8603**	-0,7986**	-0,8343**	-0,7175*	-0,7814*	
	40 °C	CE-10 min	0,6011	-0,5858	-0,6292	-0,4725	-0,4620	
		CE-30 min	0,6047	-0,5528	-0,6020	-0,5037	-0,4693	
		CE-60 min	0,5987	-0,5218	-0,5744	-0,5019	-0,4663	
		CE-120 min	0,6344*	-0,5949	-0,6382	-0,4948	-0,5148	
	Doko-RC	25 °C	CE - 24 h	-	-0,9101**	-0,9182**	-0,9556**	-0,9040**
			CE-10 min	0,9339**	-0,7824**	-0,7909**	-0,8315**	-0,8168**
		32 °C	CE-30 min	0,8953**	-0,6873*	-0,7011*	-0,7869**	-0,7208*
CE-60 min			0,9155**	-0,7195**	-0,7341**	-0,8044**	-0,7527**	
CE-120 min			0,9141**	-0,7320**	-0,7454**	-0,8042**	-0,7615**	
40 °C		CE-10 min	0,9360**	-0,8064**	-0,8107**	-0,8550**	-0,8249**	
		CE-30 min	0,9150**	-0,7481**	-0,7559**	-0,8399**	-0,7728**	
		CE-60 min	0,9115**	-0,7366**	-0,7461**	-0,8384**	-0,7481**	
		CE-120 min	0,9463**	-0,8382**	-0,8424**	-0,8854**	-0,8327**	
CAC-1		25 °C	CE - 24 h	-	-0,9142**	-0,9188**	-0,9179**	-0,9288**
			CE-10 min	0,9132**	-0,8103**	-0,8144**	-0,8149**	-0,8441**
		32 °C	CE-30 min	0,9011**	-0,7528**	-0,7601**	-0,7952**	-0,8225**
	CE-60 min		0,9237*	-0,8047**	-0,8123**	-0,7999**	-0,8647**	
	CE-120 min		0,9534**	-0,8583**	-0,8595**	-0,8288**	-0,8763**	
	40 °C	CE-10 min	0,9201**	-0,8456**	-0,8503**	-0,9457**	-0,7969**	
		CE-30 min	0,9371**	-0,8358**	-0,8453**	-0,9499**	-0,8168**	
		CE-60 min	0,8982**	-0,7805**	-0,7906**	-0,9339**	-0,7450**	
		CE-120 min	0,9113**	-0,8361**	-0,8434**	-0,9474**	-0,7803**	
	Emgopa-312	25 °C	CE - 24 h	-	-0,9171**	-0,9082**	-0,9061**	-0,9410**
			CE-10 min	0,9131**	-0,8724**	-0,8721*	-0,8075*	-0,8952**
		32 °C	CE-30 min	0,8772**	-0,7964*	-0,7988*	-0,7522*	-0,8217*
CE-60 min			0,8509**	-0,7663*	-0,7670**	-0,6962	-0,7955*	
CE-120 min			0,8636**	-0,7707*	-0,7697*	-0,7016	-0,8093*	
40 °C		CE-10 min	0,9216**	-0,9289**	-0,9295**	-0,9014**	-0,9312**	
		CE-30 min	0,8766**	-0,8574**	-0,8623**	-0,8320*	-0,8630**	
		CE-60 min	0,8733**	-0,8178*	-0,8206*	-0,8306*	-0,8487**	
		CE-120 min	0,9276**	-0,8690**	-0,8671**	-0,8476**	-0,8960**	

Continua...

Quadro 14 – Cont.

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação				
			CE 25 μS/cm/g	TG	PC	EA	ELA
UFV-TN-102	25 °C	CE - 24 h	-	-0,9779**	-0,9763**	-0,9314**	-0,9353**
	32 °C	CE-10 min	0,9301**	-0,8766**	-0,8890**	-0,8668**	-0,8258**
		CE-30 min	0,9205**	-0,8655**	-0,8795**	-0,8732**	-0,8261**
		CE-60 min	0,9214**	-0,8627**	-0,8775**	-0,8554**	-0,8572**
		CE-120 min	0,9644**	-0,9171**	-0,9252**	-0,8749**	-0,9127**
	40 °C	CE-10 min	0,9412**	-0,9034**	-0,9104**	-0,8695**	-0,8634**
		CE-30 min	0,9477**	-0,8988**	-0,9049**	-0,8781**	-0,8698**
		CE-60 min	0,9495**	-0,8988**	-0,9016**	-0,8860**	-0,8749**
		CE-120 min	0,9473**	-0,8940**	-0,8922**	-0,8784**	-0,8810**
	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8624**	-0,8539**	-0,9329**	-0,9011**
	32 °C	CE-10 min	0,8767**	-0,7307**	-0,7196**	-0,8876**	-0,8687**
		CE-30 min	0,8638**	-0,6907*	-0,6757*	-0,8636**	-0,8436**
CE-60 min		0,8710**	-0,6836*	-0,6663*	-0,8659**	-0,8677**	
CE-120 min		0,9296**	-0,7484**	-0,7286**	-0,8977**	-0,9075**	
UFV-TN-104	40 °C	CE-10 min	-0,8191**	-0,6930**	-0,6815*	-0,8405**	-0,8208**
		CE-30 min	-0,8255**	-0,6745*	-0,6595*	-0,8447**	-0,8255**
		CE-60 min	-0,8235**	-0,6671*	-0,6467*	-0,8194**	-0,8078**
		CE-120 min	-0,8722**	-0,6976*	-0,6731*	-0,8531**	-0,8675**

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

Quadro 15 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os valores de condutividade elétrica (CE) com 16 subamostras e os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em leito de areia (ELA). Viçosa, MG, 2002/2003

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação					
			CE 25	TG	PC	EA	ELA	
			µS/cm/g	-----%				
Cristalina	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8901**	-0,8893**	-0,8224**	-0,9671**	
		CE-10 min	0,7509*	-0,8010**	-0,8379**	-0,6210	-0,6375	
	32 °C	CE-30 min	0,7788**	-0,7436*	-0,7857**	-0,6285	-0,6682*	
		CE-60 min	0,8161**	-0,7623*	-0,8048**	-0,6917*	-0,7058*	
		CE-120 min	0,8571**	-0,7959**	-0,8318**	-0,7192*	-0,7725*	
	40 °C	CE-10 min	0,7215*	-0,7118*	-0,7457*	-0,4946	-0,6267	
		CE-30 min	0,7381*	-0,6832*	-0,7227*	-0,5217	-0,6419	
		CE-60 min	0,7202*	-0,6452*	-0,6848*	-0,4797	-0,6450	
		CE-120 min	0,6617*	-0,6271	-0,6688*	-0,4996	-0,5603	
	Doko-RC	25 °C	CE - 24 h	-	-0,9101**	-0,9182**	-0,9556**	-0,9040**
			CE-10 min	0,9372**	-0,7878**	-0,7965**	-0,8350**	-0,8002**
		32 °C	CE-30 min	0,8924**	-0,6828*	-0,6969*	-0,7795**	-0,7202*
CE-60 min			0,9142**	-0,7162**	-0,7309**	-0,8004**	-0,7495**	
CE-120 min			0,9198**	-0,7434**	-0,7571**	-0,8102**	-0,7707**	
40 °C		CE-10 min	0,9359**	-0,8052**	-0,8102**	-0,8522**	-0,8217**	
		CE-30 min	0,9218**	-0,7534**	-0,7616**	-0,8431**	-0,7739**	
		CE-60 min	0,9147**	-0,7274**	-0,7344**	-0,8471**	-0,7565**	
		CE-120 min	0,9508**	-0,8508**	-0,8549**	-0,8906**	-0,8362**	
CAC-1		25 °C	CE - 24 h	-	-0,9142**	-0,9188**	-0,9179**	-0,9288**
			CE-10 min	0,9143**	-0,8097**	-0,8136**	-0,8146**	-0,8353**
		32 °C	CE-30 min	0,9103**	-0,7648**	-0,7721**	-0,8049**	-0,8267**
	CE-60 min		0,9251**	-0,8082**	-0,8161**	-0,8051**	-0,8649**	
	CE-120 min		0,9599**	-0,8600**	-0,8612**	-0,8426**	-0,8779**	
	40 °C	CE-10 min	0,9081**	-0,7795**	-0,7873**	-0,8909**	-0,8161**	
		CE-30 min	0,9095**	-0,7504**	-0,7637**	-0,8663**	-0,8341**	
		CE-60 min	0,8665**	-0,6846*	-0,7005*	-0,8299**	-0,7747**	
		CE-120 min	0,9022**	-0,8314**	-0,8387**	-0,9444**	-0,7699**	
	Emgopa-312	25 °C	CE - 24 h	-	-0,9171**	-0,9082**	-0,9061**	-0,9410**
			CE-10 min	0,9187**	-0,8822**	-0,8799**	-0,8215*	-0,9081**
		32 °C	CE-30 min	0,8727**	-0,7971*	-0,8004*	-0,7537*	-0,8209*
CE-60 min			0,8491**	-0,7681*	-0,7684*	-0,7033	-0,8001*	
CE-120 min			0,8698**	-0,7725*	-0,7726*	-0,7160*	-0,8148*	
40 °C		CE-10 min	0,9235**	-0,9333**	-0,9340**	-0,9062**	-0,9377**	
		CE-30 min	0,8778**	-0,8587*	-0,8628**	-0,8380**	-0,8659**	
		CE-60 min	0,8750**	-0,8194*	-0,8220*	-0,8292*	-0,8481**	
		CE-120 min	0,9305**	-0,8309**	-0,8775**	-0,8599**	-0,9062**	

Continua...

Quadro 15 – Cont.

Variedades	Temp. (°C)	Período de Embebição	Coeficientes de Correlação					
			CE 25 μS/cm/g	TG	PC	EA	ELA	
UFV-TN-102	25 °C	CE - 24 h	-	-0,9779**	-0,9763**	-0,9314**	-0,9353**	
		CE-10 min	-0,8963**	-0,8048**	-0,8075**	-0,8469**	-0,8244**	
	32 °C	CE-30 min	0,9226**	-0,8663**	-0,8791**	-0,8832**	-0,8272**	
		CE-60 min	0,9219**	-0,8638**	-0,8782**	-0,8598**	-0,8559**	
		CE-120 min	0,9680**	-0,9215**	-0,9284**	-0,8827**	-0,9137**	
	40 °C	CE-10 min	0,9518**	-0,9155**	-0,9225**	-0,8835**	-0,8730**	
		CE-30 min	0,9544**	-0,9067**	-0,9129**	-0,8892**	-0,8757**	
		CE-60 min	0,9569**	-0,9063**	-0,9090**	-0,8956**	-0,8823**	
		CE-120 min	0,9640**	-0,9137**	-0,9108**	-0,9021**	-0,8962**	
	UFV-TN-104	25 °C	CE - 24 h	-	-0,8624**	-0,8539**	-0,9329**	-0,9011**
			CE-10 min	0,8885**	-0,7328**	-0,7208**	-0,8907**	-0,8728**
		32 °C	CE-30 min	0,8675**	-0,6920*	-0,6764*	-0,8595**	-0,8404**
CE-60 min			0,8793**	-0,6916*	-0,6740*	-0,8654**	-0,8660**	
CE-120 min			0,9270**	-0,7501**	-0,7295**	-0,8862**	-0,8966**	
40 °C		CE-10 min	0,8190**	-0,6907*	-0,6796*	-0,8375**	-0,8178**	
		CE-30 min	0,8223**	-0,6638*	-0,6486*	-0,8381**	-0,8197**	
		CE-60 min	0,8143**	-0,6529*	-0,6318*	-0,8100**	-0,7986**	
		CE-120 min	0,8725**	-0,6904*	-0,6675*	-0,8516**	-0,8680**	

** e * Significativos a 1 e 5%, pelo teste de F, respectivamente.

ocorreu de forma variável nas três formas de avaliação, enquanto nos demais cultivares as correlações se mantiveram estáveis. Em virtude desses resultados, pode-se inferir que essas mudanças ocorridas após a eliminação dos dados discrepantes poderiam estar associadas à influência das sementes injuriadas (TAO, 1978; OLIVEIRA, 1984) e, ou, sementes duras (VERMA; RAM, 1986) sobre os resultados da condutividade elétrica. Vieira et al. (1999b) também encontraram correlações altamente significativas entre dano mecânico na semente de soja e sua condutividade elétrica.

Assim, verificou-se que a maior correspondência entre os testes foi obtida com a eliminação de quatro dados discrepantes, ou seja, com 16 subamostras. Isso foi verificado nos dois anos de estudo, apontando que a eliminação de dados discrepantes aumenta o grau de associação entre os testes empregados e as metodologias de condutividade elétrica utilizadas foram eficientes para identificar diferenças no potencial fisiológico das

sementes, independentemente da temperatura e período de embebição. Entretanto, convém ressaltar que a correlação significativa indica uma tendência de variação semelhante entre dois parâmetros, não significando, porém, uma correspondente precisão de estimativa da qualidade fisiológica do lote.

5. CONCLUSÕES

A elevação da temperatura de embebição no teste de condutividade elétrica diminui o tempo de embebição para identificação de sementes de soja com diferentes níveis de vigor.

O teste de condutividade elétrica (32 ou 40 °C por 10, 30, 60 ou 120 minutos) é eficiente na avaliação rápida da qualidade das sementes de soja com diferentes níveis de vigor.

O período de 10 minutos para a embebição das sementes de soja a 32 ou 40 °C já possibilita a separação, em curto período de tempo, de lotes de sementes pelo teste de condutividade elétrica.

Os testes de condutividade elétrica realizados a 32 e 40 °C, independentemente do período de embebição, correlacionaram-se com o teste de condutividade elétrica tradicionalmente utilizado (25 °C e 24 horas de embebição) e com os testes de envelhecimento acelerado e emergência em leito de areia.

O emprego da média das observações intermediárias, mais robusta, constitui-se em opção promissora na otimização dos resultados do teste de condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. C. F. et al. Teste de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 1-8, 2001.

ANDRADE, E. T. et al. Avaliação de dano mecânico em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 406-412, 1999.

ALVAREZ, P. J. C. et al. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Sci. and Technol.**, Zurich, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS-AOSA. **Seed vigor testing handbook**. [S.l.]: AOSA, 1983. 93 p. (Contribution, 32).

AYALA-AGUILERA, L.; MENEZES, N. L. Seed quality characterization of soybean cultivars. **Revista Brasileira de Agrociência**, Brasil, v. 6, n. 3, p. 222-225, 2000.

BARBEDO, C. J.; CICERO, S. M. Utilização do teste de condutividade elétrica para previsão do potencial germinativo de sementes de ingá. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 1-10, 1998.

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

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**. Physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1985. 367 p.

BRACCINI, A. L. et al. Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica da sementes dura em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 2, p. 201-207, 1994a.

BRACCINI, A. L. et al. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária da semente de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 2, p. 195-200, 1994b.

BRANDÃO JR., D.S. et al. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 184, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.

BROUWER, H.M.; MULDER, J. C. Reduced steeping time for the conductivity vigor test for *Phaseolus vulgaris* L. seed. **J. Seed Technol.**, Lansing, v. 7, n. 1, p. 84-96, 1982.

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

CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of seed and associated causal factors. **Crop Science.**, Madson, v. 21, n. 6, p. 926-33, 1981.

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

COPELAND, L. O.; McDONALD, M.B. **Principle of seed science and technology**. 3. ed. New York: Chapman e Hall, 1995. 409 p.

COSTA, A. F. S. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), produzidas em cinco localidades do Estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 110 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COSTA NETO, P. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1977. 264 p.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. and Technol.**, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, v. 6, n. 6, p. 1-7, 2002.

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

DIAS, A.C.P. **Atividade de lipoxigenases durante a germinação e qualidade fisiológica de sementes de soja**. Viçosa, MG: UFV, 67 f. 1999. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 1-11, 1996.

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

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS-FILHO, J.; CARMELLO, Q. A. C. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed Sci. and Technol.**, Zurich, v. 25, n. 1, p. 7-18, 1996.

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

FAGIOLI, M. **Relação entre condutividade elétrica e ou de sementes e a emergência de plântulas de milho em campo**. Jaboticabal, SP: UNESP, 1997. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FEHR, W. R.; CAVINNESS, C. E. **Stages of soybean development**. low St. Un. Ames Iowa: Cooperative Extension Service, 1977. 12 p.

FESSEL, S. A. et al. Condutividade elétrica em sementes de soja em função da temperatura e do período de armazenamento. **Informativo ABRATES**, v. 11, n. 2, 2001.

FICK, G.L.; HIBBARD, R.P. A method for determinig seed viability by electrical conductivity measurements. **Mic. Acad. Sci. Arts and Letters**, East Lansing, v. 5, p. 95-103, 1925.

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

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 82-89, 2002b.

GILVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. **J. Exp. Bot.**, Oxford, v. 35, n. 161, p. 1754-63, 1984.

HAMPTON, J. G. Seed Vigour testing. **Proceedings of an ISTA/USSR Workshop**, Novosibirsk: USSR, 1990. (in press).

HAMPTON, J. G. Vigour test withing laboratories of the International Seed Testing Association; a survey. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, n. 1, p. 199-203, 1992a.

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

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

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. 117 p.

HAMPTON, J. G. O que é qualidade de sementes? **Seed News**, set./out., 2001.

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

HIBBARD, R.P.; MILLER, E.V. Biochemical studies on seed viability. I. Measurements of conductance and reduction. **Plant Physiology**, v. 3, p. 335-52, 1928.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **Handbook of vigour tests methods**. 2 nd edition. Zurich: ISTA, 1987.

KILEN, T.C.; HARTWIG, E.E. Inheritance of impermeable seed in soybean. **Field Crop Res.**, v. 1, p. 65-70, 1978.

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

LEOPOLD, A. A. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. **Plant Physiology**, Rockville, v. 65, n. 4, p. 1096-8, 1980

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.

LIMA, V. A. A. **Qualidade fisiológica de sementes de soja com alteração na composição de ácidos graxos e ausência de lipoxigenase**. Viçosa, MG: UFV, 678 f. 2003. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

MARCOS FILHO, J. et al. Relações entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília, DF. **Anais...** Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1982. v. 1, p. 676-88.

MARCOS FILHO, J. et al. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a emergência das plântulas em campo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 19, n. 5, p.605-613, 1984.

MARCOS FILHO, J. et al. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. **Anais Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Universidade de São Paulo, Piracicaba, v. 43, p. 389-443, 1986.

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

MARCOS FLHO, 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. 1805-15, 1990.

MARCOS FILHO, J. Teste de vigor: Importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 11-21.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Efeito do número de sementes e do volume de água condutividade elétrica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 254-262, 2002a.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 271-278, 2002b.

MARTIN, B.A.; SMITH, S.O.; O'NEILL, M. Relationship between laboratory germination tests and field emergence of maize inbreds. **Crop. Science**, Madson, v. 28, n. 5, p. 801-5, 1988.

MARTINS, C. A. O. **Avaliação de caracteres agronômicos de linhagens de soja com ou sem lipoxigenases nas sementes.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 109 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

McDONALD JR., M. B. et al. AOSA vigor test subcommittee report 1978 vigor test “referee” program. **Newsletter. AOSA**, Springfield, v. 52, n. 4, p. 31-42, 1978.

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

McDONALD, JR., M. B. Improving our understandin of vegetable and flower seed quality. **Seed Technology**, v. 20, n. 2, p. 121-124, 1998.

MURPHY, J. B.; NOLAND, T. L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, n. 2, p. 428-431, 1982.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; GUISTEM, J. M. Efeito da condutividade fosfatada e potássica no teste de condutividade elétrica de sementes da aveia-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 302-308, 2001.

NASCIMENTO, W. M.; CÍCERO, S. M. Qualidade de sementes de ervilha tratadas com fungicida. II. Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 1319, 1991.

NOVEMBRE, A. D. L. C. Avaliação da qualidade de sementes. **Seed News**, maio/jun. 2001.

OLIVEIRA, M. de A.; MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. The role of split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. **Seed Science and Technology**, v. 12, p. 659-668, 1984.

OLIVEIRA D. A. **Qualidade fisiológica e produção de aldeídos em sementes de linhagens com ausência de lipoxigenases e em sementes de cultivares de soja.** Viçosa, MG: UFV, 1996. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-7, 1996.

PANOBIANCO, M. et al. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

PANOBIANCO, M. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2000. 152 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, L. A. G.; ANDREWS, C. H. Carbohydrate leachates and electrical conductivity measurements in soybean seeds. **Agronomy Abstracts**, v. 135, 1982.

POTTS, H. C. et al. Some influences of hardseededness on soybean seed quality. **Crop Science**, v. 18, p. 221-224, mar./apr. 1978.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 30, n. 114, p. 193-197, 1979.

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

POWELL, A. A. Seed vigour and field establishment. **Advances in Research and Technology of Seeds**, v. 11, p. 29-61, 1988.

PRESLEY, J. T. Relation of protoplast permeability to cotton seed viability and predisposition to seedling disease. **Plant Dis. Rept.**, St. Paul, v. 42, n. 7, p. 852, 1958.

PRETE, C. E. C.; CICERO, S. M.; FOLEGATTI, M. V. Emergência de plântulas de soja no campo e sua relação com a embebição e condutividade elétrica das sementes. **Seminar Ci. Agr.**, v. 15, n. 1, p. 32-37, 1994.

RECH, E. G.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. A. Avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de ervilha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 2, p. 1-9, 1999.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 249 p.

RODO, A. B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 29-38. 1998.

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. **Rev. Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1., p. 54-63, 2000.

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

SÁ, M. E. Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 1-9, 1999.

SALIBIAN-BARRERA, M. Estimating the p -values of robust tests for the linear model. **Journal of statistical planning and inference**, 128, p. 241-257, 2005.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise de germinação**: um enfoque estatístico. Brasília: UNB, 2004. 247 p.

SALINAS, A. R. et al. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 371-379, 2001.

SAMAD, I. M. A.; PEARCE, R. S. Leaching of ions, organic molecules, and enzymes from seeds of peanut (*Arachis hypogea* L.) imbibing without testas or with intact testas. **Journal of Experimental Botany**, v. 29, n. 113, p. 1471-1478, 1978.

SANTOS, M. R. DOS. **Qualidade fisiológica, sanidade e alterações bioquímicas em sementes de soja e suas relações com potencial de armazenamento e emergência no campo**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 104 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C. Testes preliminares sobre os efeitos do retardamento da colheita da soja, cultivar “Viçoja”. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 19, n. 104, p. 306-10, 1972a.

SEDIYAMA, C.S. et al. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes da soja. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 117-41, 1972b.

SEDIYAMA, T. et al. O. Influência da época de semeadura e do retardamento da colheita sobre a qualidade das sementes e outras características agronômicas das variedades de soja UFV-1 e UFV-2, em Capinópolis, Minas Gerais. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSO, 1982. p. 645-60.

SHORT, G. E.; LACY, M. L. Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color and temperature. **Phytopathology**, St. Paul, v. 66, n. 2, p. 182-7, 1976.

SIDDIQUE, M.A.; GOODWIN, P.B. Conductivity measurements on single seeds to predict the germinability of french beans. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 13, n. 3, p. 643-52, 1985.

SIMON, E. W.; RAJA HARUM, R. M. Leakage during seed imbibition. **J. Exp. Bot.**, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-85, 1972.

STYER, R. C.; CANTLIFFE, D. J. Changes in seed structure and composition during development and their effects on leakage in two endosperm mutants of sweet corn. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 108, n. 5, p. 721-728, 1983.

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

TAO, K. J. Vigour referee test for soybean and corn. **AOSA Newsletter**, v. 54, p. 40-58, 1980.

TAVARES, D. Q. et al. Características estruturais do tegumento de sementes permeáveis e impermeáveis de linhagens de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. **Revta brasil. Bot.**, v. 10, p.147-153, 1987.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; WHITE, G. M. Seed production and technology. In: WILCOX, J.R. (Ed.) **Soybeans: improvement, production and uses**. 2. ed. Madison: Amer. Soc. Agron., 1987. p.295-353.

TORRES, S. B. et al. Testes de vigor em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.) com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p. 480-483, 1998.

TORRES, S. B. **Método para avaliação do vigor de sementes de melão**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

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

VERMA, V. D.; RAM, H. H. Heritability estimates for seed quality traits in soybeans. **Soybean genetics newsletter**, v. 13, p. 67-70, 1986.

VIEIRA, R. D. et al. Efeito do retardamento da colheita sobre a qualidade de sementes de soja cv. UFV-2. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 9-22, 1982a.

VIEIRA, R. D. et al. Estudo da qualidade fisiológica de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], cultivar UFV-1, em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1981, Brasília. **Anais...** Londrina, PR: EMBRAPA-CNSo, 1982b. p. 633-44.

VIEIRA, R. D. et al. Produção, características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Científica**, São Paulo, v. 15, n. 1/2, p. 127-36, 1987.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1994, p. 103-32.

VIEIRA, R. D. et al. Relationship of black layer and milk line development to maize seed maturity. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 142-7, 1995.

VIEIRA, R. D. et al. Efeito do genótipo de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.

VIEIRA, R. D. et al. Comportamento de cultivares de soja quanto a qualidade fisiológica de sementes. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-130, 1998.

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

VIEIRA, R. D.; PAIVA, J. A.; PERECIN, D. Electrical conductivity and field performance of soybean seeds. **Seed Technology**, v. 21, n. 1, p. 15-24, 1999a.

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

VIEIRA, R. D. et al. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Sci. and Technol.**, v. 29, p. 599-6008, 2001.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1333-1338, set. 2002.

YAKLICH, R. W.; KULIK, M. M.; ANDERSON, J. D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of ATP, conductivity, and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. **Crop Science**, Madson, v. 19, n. 6, p. 806-810. 1979.