

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE AMENDOIM¹

SILVELENA VANZOLINI², JOÃO NAKAGAWA³

RESUMO – O teste de condutividade elétrica (CE) tem potencial para ser empregado no controle de qualidade pelas empresas produtoras de sementes, no entanto há fatores que podem afetar os resultados obtidos. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo estudar os efeitos do tamanho da semente, do número de sementes da amostra e do período e temperatura de embebição que podem influenciar a interpretação dos resultados do teste de CE, em sementes de amendoim. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3: três lotes de semente, classificados em três tamanhos (peneiras 18, 20 e 22). Avaliou-se a CE em dez tempos de embebição (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 e 30 horas). O trabalho foi composto de quatro ensaios, onde se combinou número de sementes e temperatura de exposição das mesmas à embebição: a) quatro repetições de 25 sementes a 20°C; b) quatro repetições de 50 sementes a 20°C; c) quatro repetições de 25 sementes a 25°C; d) quatro repetições de 50 sementes a 25°C. A leitura da CE foi realizada por condutivímetro e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. O tamanho da semente afetou os resultados da CE; o tempo de embebição pode ser reduzido para até 3 horas; a temperatura de embebição de 25°C mostrou-se mais promissora do que 20°C, assim como a utilização de 50 sementes puras.

Termos para indexação: *Arachis hypogaea*, vigor, qualidade fisiológica.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST IN PEANUT SEEDS

ABSTRACT- The electrical conductivity test (EC) has potential to be used in quality control by seeds companies, but some factors can affect the results of the EC. Thus research was carried out with the purpose of studying the effects of seed size, imbibition period, imbibition temperature and sample size on EC for evaluating peanut seed vigor. Four experiments were carried out and treatments were set in a completely randomized design. Three seeds lots with three different sizes (sieves 18, 20 and 22) were imbibed for different periods of time (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 and 30 hours). Four replicates with a variable number of seeds (25 or 50) and temperature (20 or 25°C) were also tested. The EC was read by conductivimeter and the results were expressed as $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Under tested conditions, it was concluded that: peanut seed size affected the results of EC; the seed imbibition period can be reduced to 3 hours for the evaluation of physiological seed quality; the imbibition temperature of 25°C was more promising than 20°C, especially when used with 50 pure seeds.

Index terms: *Arachis hypogaea*, vigor, physiological quality.

¹ Submetido em 29/04/2004. Aceito para publicação em 13/09/2004. Financiado em parte pela CAPES e em parte pela FAPESP. Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora.

² Eng^a Agr^a, Dra., Profa. da Faculdade de Agronomia Dr. Francisco Maeda.

Rodovia Jerônimo Nunes Macedo, km 1. Ituverava/SP. svsegato@carol.com.br

³ Prof. Titular Aposentado, Voluntário, do Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP; Bolsista do CNPq. secdamv@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

O teste de condutividade elétrica (CE) tem sido usado para avaliar o vigor das sementes de ervilha, na Inglaterra, Austrália e Nova Zelândia (Hampton et al., 1992) e de soja, nos EUA e Canadá (Aosa, 1983). Para ervilha existe, inclusive, recomendação de padrões de CE (Matthews e Powell, 1981), adotada pela ISTA (Hampton e Tekrony, 1995).

A CE é um teste de vigor rápido e objetivo que pode ser conduzido pelos laboratórios de análise de sementes, com o mínimo de gastos com equipamentos e treinamento de funcionários (Hampton e Tekrony, 1995). Entretanto, existem poucos trabalhos com ênfase na CE para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim (Nautiyal et al., 1988; Ferreira, 1995; Fessel et al., 1997; Vanzolini e Nakagawa, 1997, 1999a, 1999b).

O teste de CE é tido como um dos testes de vigor promissores quanto à possibilidade de padronização da metodologia, pelo menos para uma mesma espécie. Mas, existem fatores que podem interferir nos resultados (Aosa, 1983; Loeffler et al., 1988; Krzyzanowski et al., 1991; Vieira, 1994; Hampton e Tekrony, 1995; Vieira e Krzyzanowski, 1999).

Estudando as causas de variação no teste de CE, para sementes de soja, Tao (1978) constatou que o aumento do tamanho da semente aumentou os valores da condutividade; mas nem sempre esta influência tem sido confirmada. Assim, no trabalho de Mugnisjah e Nakamura (1986) foi observado que a CE do lixiviado foi mais alta nas sementes pequenas, especialmente na cultivar 'Tomahomare' de soja. Tao (1978) mencionou que este fato ocorre devido a grande superfície por unidade de peso nas sementes pequenas. Trabalhando com café, Prete (1992) obteve valores elevados de CE para os grãos provenientes da menor peneira (13/64"), sugerindo que tal resultado reflète ou um estágio de deterioração mais avançado ou um maior grau de imaturidade nesta classe de tamanho. Estudos conduzidos por Tao (1978) e Loeffler et al. (1988), com soja, permitiram a recomendação de que os resultados de CE fossem expressos em base de peso ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), visando reduzir o efeito do tamanho da semente nos resultados da CE; mas não se pode afirmar que tal procedimento elimine o problema por completo (Vieira, 1994).

A maioria dos trabalhos recomenda o período de 24 horas de embebição para que se proceda a leitura da CE na água de embebição das sementes de leguminosas graúdas, como ervilha (Hampton e Tekrony, 1995) e soja (Tao, 1978; Aosa 1983; Loeffler et al., 1988; Marcos Filho et al., 1990;

Krzyzanowski et al., 1991). Entretanto, a rapidez na obtenção das informações tem sido preconizada como fator fundamental para a dinamização dos programas de controle de qualidade interno exercidos pelas entidades produtoras de sementes (Dias e Marcos Filho, 1996). Neste sentido, alguns trabalhos têm mostrado a possibilidade de redução no período de embebição para avaliação da CE em soja (Marcos Filho et al., 1990; Dias e Marcos Filho, 1996) e em amendoim (Ferreira, 1995; Vanzolini e Nakagawa, 1997).

Dados obtidos por Loeffler et al. (1988) revelaram que uma variação de 5°C na temperatura da água de embebição, antes da leitura da CE, pode alterar significativamente os resultados do teste, por isso, recomendaram que o número de amostras retiradas da câmara não fosse superior àquele para análise em um período de 15 minutos. Loeffler (1981) explicou que a diminuição na temperatura causa aumento da viscosidade da solução, seguida por decréscimo na mobilidade de íons e, conseqüentemente, reduz a condutividade. Assim também, altas temperaturas aumentam a dissociação de íons e diminuem a viscosidade da solução, o que resulta em alta CE.

Embora existam recomendações de utilização de quatro repetições de 25 sementes (Aosa, 1983) para a condução do teste de CE, deve-se dar preferência para utilizar quatro repetições de 50 sementes, porque, segundo Loeffler et al. (1988), ocorre uma redução no coeficiente de variação, obtendo-se maior uniformidade dos resultados entre repetições.

Assim, o presente estudo objetivou avaliar, em sementes de amendoim, os efeitos do tamanho de semente, do tempo e temperatura de embebição e do número de sementes da amostra nos valores de CE da solução de embebição e, conseqüentemente, sobre a interpretação dos resultados como teste de vigor para esta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), na Fazenda Experimental Lageado, em Botucatu-SP.

O experimento foi conduzido com três lotes de sementes de amendoim, cultivar Tatu 53, classificados em três tamanhos distintos por peneiras de crivo circular 18/64" (7,14mm), 20/64" (7,94mm) e 22/64" (8,73mm), fornecidos pela Cooperativa dos Plantadores de Cana-de-açúcar da Zona de Guariba (COPLANA), Jaboticabal-SP. As sementes foram

tratadas quimicamente, usando-se Thiram (3g do produto comercial Rhodiauram por kg de semente), exceto as usadas para avaliação da CE.

Após a recepção, os lotes de sementes foram devidamente identificados e embalados hermeticamente, sendo mantidos em câmara fria (temperatura de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $\pm 80\%$) até sua utilização. Para a caracterização da qualidade dos lotes, em laboratório foram determinados: **a) teor de água das sementes** - pelo método da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (Brasil, 1992), utilizando-se duas subamostras de 25 sementes; **b) germinação** - realizado com oito subamostras de 25 sementes. Utilizou-se como substrato, rolo de papel Germitest umedecido com água, na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco e mantido a 25°C (Brasil, 1992); **c) primeira contagem de germinação** - realizado conjuntamente com o teste padrão de germinação. Avaliou-se a porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a semeadura; **d) classificação do vigor das plântulas** - foi realizada na primeira contagem (quinto dia) do teste padrão de germinação considerando todas as plântulas normais que se apresentavam bem desenvolvidas e morfológicamente perfeitas, sem rachaduras ou lesões, que foram removidas e computadas como normais fortes (vigorosas). As demais permaneceram no teste até a contagem final no 10º dia. Nesta, todas as plântulas remanescentes foram avaliadas como normais ou anormais. As normais foram classificadas em fortes ou fracas, sendo estas as que apresentavam algum problema em sua estrutura ou possuíam lesões, mas que não caracterizavam anormalidade da plântula (Nakagawa, 1994), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais fortes; **e) envelhecimento acelerado** - foram colocadas 250 sementes de amendoim, em camada única, de modo a preencher totalmente a tela acoplada ao interior de caixa plástica de germinação (10x10x3cm), a qual continha, ao fundo, 40mL de água (Marcos Filho, 1994). As caixas com sementes foram tampadas e mantidas a 42°C por 72 horas (Usberti, 1982). Após o período de envelhecimento, realizou-se o teste padrão de germinação (Brasil, 1992), utilizando-se oito subamostras de 25 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia; **f) emergência de plântulas no campo** - foram utilizadas para cada tratamento, quatro subamostras de 50 sementes semeadas em sulco de 2,5 metros de comprimento, a 5cm de profundidade. A contagem das plântulas emergidas foi feita em única vez, aos 21 dias após a semeadura (Nakagawa, 1994). Os resultados foram expressos em porcentagem; **g) índice de velocidade de emergência de**

plântulas - conduzido em conjunto com o teste de emergência de plântulas em campo, anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas que apresentavam as folhas embrionárias visíveis. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, calculou-se o IVE empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962); **h) peso de matéria verde de plântula** - utilizando-se o teste instalado para avaliação da emergência de plântulas no campo, após 21 dias da semeadura, todas as plântulas foram arrancadas. No laboratório, a parte aérea das plântulas de amendoim foi separada do sistema radicular e dos cotilédones persistentes. As partes aéreas das plântulas de cada subamostra foram pesadas em balança com precisão de 0,01g, dividindo pelo número de plântulas da subamostra, obteve-se o peso médio por plântula. A média das quatro subamostras correspondeu ao peso médio da matéria verde da plântula do tratamento (Nakagawa, 1994); **i) peso de matéria seca da plântula** - após a obtenção do peso de matéria verde da parte aérea das plântulas, o material de cada subamostra foi colocado em saco de papel e levado para estufa com circulação de ar forçado, mantida à temperatura de $60 - 65^{\circ}\text{C}$, aí permanecendo até atingir peso constante. O material seco foi pesado, por subamostra, em balança com precisão de 0,01g. O peso obtido foi dividido pelo número de plântulas que compunha a subamostra, obtendo-se o peso médio da matéria seca por plântula. A média aritmética das quatro subamostras avaliadas constituiu no peso da matéria seca da plântula do tratamento (Nakagawa, 1994).

Na caracterização dos três lotes de sementes de amendoim, classificados em três tamanhos, que foram utilizados no experimento (Tabela 1), os valores de teor de água, de forma geral, foram semelhantes e próximos (variações não excederam 0,5 ponto porcentual), com exceção da peneira 18 dentro do lote 3. Quanto à qualidade fisiológica, os testes caracterizaram os três lotes em: lote superior (L1), lote intermediário (L2) e lote inferior (L3) e sem diferenciação entre tamanhos (Tabela 1). No entanto, os testes de peso de matéria verde e seca mostraram-se menos sensíveis para diferenciar os lotes e apontaram diferenças entre peneiras: P22 superior a P20 que foi superior a P18.

Condutividade elétrica - para cada período de embebição, foram sempre tomadas novas amostras, com objetivo de evitar possíveis aumentos na lixiviação, em decorrência de distúrbios que as sementes poderiam sofrer em cada leitura, em função das agitações e introduções do eletrodo.

O experimento, para a avaliação da CE, foi subdividido

TABELA 1. Teor de água (TA), teste de germinação (TPG), primeira contagem da germinação (1° TPG), classificação do vigor de plântulas (FORTES), envelhecimento acelerado (EA), emergência de plântulas em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), peso de matéria verde (MV) e seca (MS) de plântula de três lotes (L1, L2, L3) de sementes de amendoim, cultivar Tatu 53, classificadas em três tamanhos (P22, P20, P18)¹.

Tratamentos		TA	TPG	1° TPG	FORTES	EA	EC	IVE	MV	MS
	%.....							g planta ⁻¹	
P22	L1	7,3	99	64	82	87	97	7,29	2,68	0,46
	L2	7,3	78	42	62	62	85	6,21	3,35	0,55
	L3	7,7	48	8	23	40	77	5,07	2,45	0,42
P20	L1	7,7	95	60	80	88	99	7,25	2,40	0,41
	L2	7,5	83	45	58	73	94	6,76	2,56	0,42
	L3	7,7	50	8	29	31	80	5,54	2,33	0,38
P18	L1	7,8	97	63	79	81	98	7,35	1,98	0,34
	L2	7,3	85	47	59	62	89	6,42	2,26	0,37
	L3	8,9	54	11	28	38	72	4,93	1,86	0,31
P22		7,4	75 A ²	38 A	56 A	63 A	86 A	6,19 A	2,83 A	0,48 A
P20		7,6	76 A	38 A	56 A	64 A	91 A	6,52 A	2,43 B	0,40 B
P18		8,0	79 A	40 A	55 A	60 A	86 A	6,23 A	2,03 C	0,34 C
L1 (superior)		7,6	97 a	62 a	80 a	85 a	98 a	7,30 a	2,35 b	0,40 a
L2 (médio)		7,4	82 b	45 b	60 b	66 b	89 b	6,46 b	2,72 a	0,45 a
L3 (inferior)		8,1	51 c	9 c	27 c	36 c	76 c	5,18 c	2,21 b	0,37 b
C.V.			9,73	16,16	11,55	13,13	7,47	7,68	9,86	10,20

¹Dados originais, porém para efeito da análise estatística, aqueles expressos em porcentagem foram transformados em $\arcsin \sqrt{x/100}$. ²Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; letras minúsculas comparam lotes; letras maiúsculas com índices iguais comparam tamanhos.

em quatro ensaios, onde se alterou a temperatura de embebição (20 e 25°C) e o número de sementes (25 e 50) por subamostra, sendo:

a - quatro repetições de 25 sementes puras, à temperatura de 20°C (Aosa, 1983).

b - quatro repetições de 50 sementes puras, à temperatura de 20°C.

c - quatro repetições de 25 sementes puras, à temperatura de 25°C.

d - quatro repetições de 50 sementes puras, à temperatura de 25°C (Loeffler et al., 1988; Vieira, 1994).

Para os quatro ensaios foram usados 10 períodos de embebição - 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 e 30 horas.

As sementes necessárias para a realização do teste foram retiradas da câmara fria com dois dias de antecedência. As sementes de cada amostra (25 ou 50) foram pesadas com precisão de duas casas decimais e colocadas para embeber em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ copos plásticos descartáveis (capacidade de 200mL), contendo 75mL de água deionizada ($\text{CE} < \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), à temperatura constante de 20°C ou 25°C. Foram utilizadas sementes puras, representativas dos lotes (Loeffler et al., 1988; Vieira, 1994). Para cada tempo de embebição, retiravam-se 12 recipientes por vez da câmara. Após realizar uma suave agitação no recipiente, foi efetuada a

leitura da CE da solução de embebição, em aparelho DIGIMED, modelo CD-21, eletrodo constante 1,0 e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, sendo as análises para cada teste de avaliação de qualidade, ensaio de condutividade e período de embebição feitas em esquema fatorial 3x3 (3 lotes x 3 tamanhos de semente). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O número de repetições foi informado em cada teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 encontram-se os resultados da CE dos três lotes, classificados em três tamanhos de semente e avaliados em 10 períodos de embebição quando foram utilizadas combinações de temperatura e número de sementes. Nota-se que houve uma tendência de aumento na quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes de amendoim, com o decorrer do tempo de embebição, fato este relatado por vários autores trabalhando com soja (Loeffler et al., 1988; Marcos Filho et al., 1990; Dias e Marcos Filho, 1996). Contudo, estes aumentos são proporcionais, para cada lote, no decorrer do tempo. Tal fato é importante, pois com três horas de embebição

TABELA 2. Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) para sementes de amendoim, cultivar Tatu 53, em 10 períodos de embebição a 20 °C e quatro repetições de 25 sementes, para três lotes (L1, L2, L3), classificados em três tamanhos (P22, P20, P18).

Trata- mentos	Períodos de embebição (horas)										
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
P22	L1	2,44 cA ₁ ^{1,2}	4,24	7,38	7,49	8,23 cB ₁	10,82 bA ₁	15,54 bA ₁	14,69	17,60 bA ₁	17,05 cA ₁
	L2	4,56 bB ₂	9,07	12,66	15,30	18,19 bB ₂	21,20 aB ₂	19,98 bB ₂	26,64	22,08 bB ₂	25,96 bB ₂
	L3	9,17 aB ₃	12,76	21,92	22,77	25,40 aB ₃	25,05 aB ₃	32,13 aB ₃	32,15	37,05 aB ₃	36,77 aB ₃
P20	L1	1,90 cA ₁	4,12	6,71	9,43	8,51 cAB ₁	11,67 bA ₁	10,81 bA ₁	11,18	14,34 cA ₁	14,32 bA ₁
	L2	5,22 bAB ₂	11,29	16,11	20,12	20,89 bB ₂	25,28 aAB ₂	24,69 aAB ₂	31,17	30,55 bA ₂	36,14 aA ₂
	L3	11,28 aA ₃	17,26	25,83	24,74	27,42 aB ₃	25,20 aB ₃	28,70 aB ₃	30,04	36,36 aB ₃	35,38 aB ₃
P18	L1	2,09 cA ₁	4,53	9,12	11,94	11,29 bA ₁	12,21 bA ₁	14,46 cA ₁	14,72	14,22 cA ₁	15,64 cA ₁
	L2	6,32 bA ₂	12,75	19,62	21,93	29,17 aA ₂	31,05 aA ₂	29,87 bA ₂	31,29	35,33 bA ₂	37,33 bA ₂
	L3	9,59 aAB ₃	18,46	21,91	25,80	32,05 aA ₃	35,68 aA ₃	43,74 aA ₃	39,64	52,84 aA ₃	47,30 aA ₃
P22		5,39	8,69 B	13,98 A	15,18 B	17,27	19,02	22,55	24,49 AB	25,58	26,59
P20		6,13	10,89 A	16,22 A	18,10 A	18,94	20,72	21,40	24,13 B	27,08	28,61
P18		6,00	11,92 A	16,88 A	19,89 A	24,17	26,31	29,35	28,55 A	34,13	33,42
L 1		2,14	4,30 c	7,74 c	9,62 c	9,34	11,56	13,60	13,53 c	15,39	15,67
L 2		5,37	11,04 b	16,13 b	19,12 b	22,75	25,84	24,85	29,70 b	29,32	33,14
L 3		10,01	16,16 a	23,22 a	24,43 a	28,29	28,64	34,86	33,94 a	42,08	39,81
C. V.		17,06	19,78	23,55	12,96	8,59	15,02	15,56	15,63	10,71	15,45

¹ Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ² letras maiúsculas com índices iguais comparam tamanhos; letras minúsculas comparam lotes.

TABELA 3. Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) para sementes de amendoim cultivar, Tatu 53, em 10 períodos de embebição a 20 °C e quatro repetições de 50 sementes, para três lotes (L1, L2, L3), classificados em três tamanhos (P22, P20, P18).

Trata- mentos	Períodos de embebição (horas)										
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
P22	L1	3,04 bA ₁ ^{1,2}	5,82	8,08	9,95	10,15 cA ₁	12,35 bA ₁	12,80 bA ₁	12,59	16,05	14,10
	L2	5,70 aA ₂	11,45	13,41	17,99	17,68 bB ₂	16,06 bB ₂	18,21 bB ₂	22,47	26,16	25,80
	L3	5,48 aC ₃	15,04	23,88	26,56	29,12 aA ₃	36,40 aA ₃	36,33 aB ₃	37,94	35,19	39,56
P20	L1	2,76 cA ₁	5,35	8,34	11,49	9,56 cA ₁	11,75 bA ₁	13,15 cA ₁	12,32	16,39	15,49
	L2	6,33 bA ₂	11,70	17,98	22,00	20,27 bB ₂	25,37 aAB ₂	24,54 bB ₂	30,66	32,28	33,75
	L3	10,71 aB ₃	17,22	27,65	24,18	32,35 aA ₃	27,59 aA ₃	33,56 aB ₃	38,88	33,01	42,51
P18	L1	4,28 cA ₁	6,43	9,96	13,22	11,97 bA ₁	13,64 bA ₁	14,02 cA ₁	12,74	17,44	24,48
	L2	7,27 bA ₂	14,31	21,77	21,69	28,39 aA ₂	36,24 aA ₂	35,79 bA ₂	34,19	32,99	37,15
	L3	19,55 aA ₃	16,77	26,26	30,96	33,00 aA ₃	36,52 aA ₃	45,71 aA ₃	38,59	45,48	56,00
P22		4,74	10,77 A	15,12 B	18,17 B	18,98	21,60	22,45	24,33 A	25,80 B	26,48 C
P20		6,60	11,42 A	17,99 AB	19,22 AB	20,73	21,57	23,75	27,29 A	27,22 AB	30,58 B
P18		10,37	12,50 A	19,33 A	21,96 A	24,45	28,80	31,84	28,50 A	31,97 A	39,21 A
L 1		3,36	5,87 c	8,79 c	11,55 c	10,56	12,58	13,33	12,55 c	16,63 c	18,02 c
L 2		6,43	12,49 b	17,72 b	20,56 b	22,11	25,89	26,18	29,10 b	30,48 b	32,23 b
L 3		11,92	16,34 a	25,93 a	27,23 a	31,49	33,51	38,53	38,47 a	37,89 a	46,02 a
C. V.		14,68	16,39	18,07	16,98	13,63	27,85	16,75	22,08	17,09	11,89

¹ Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ² letras maiúsculas com índices iguais comparam tamanhos; letras minúsculas comparam lotes.

a diferenciação entre lotes já pode ser observada, com exceção da utilização de 4 repetições de 50 sementes na temperatura de 20°C, dentro da peneira 22 (Tabela 3). Na maioria das vezes, a separação entre níveis de vigor entre lotes ocorreu em períodos de embebição menores que 24 horas, o qual é considerado padrão, principalmente em espécies que possuem

sementes graúdas. Outros trabalhos com soja também mostraram a possibilidade de redução no período de embebição (Loeffler et al., 1988; Marcos Filho et al., 1990; Dias e Marcos Filho, 1996). Trabalhando com sementes de amendoim, Ferreira (1995) concluiu que o teste de CE tornou-se mais sensível às variações de vigor das sementes, quando estas

TABELA 4. Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) para sementes de amendoim, cultivar Tatu 53, em 10 períodos de embebição a 25°C e quatro repetições de 25 sementes, para três lotes (L1, L2, L3), classificados em três tamanhos (P22, P20, P18).

Trata- mentos	Períodos de embebição (horas)											
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		
P22	L1	2,94 cB ₁ ^{1,2}	4,49	8,34	10,92	10,07 cA ₁	13,01 cA ₁	15,72 bA ₁	14,36 cA ₁	18,11	17,67 cA ₁	
	L2	4,41 bB ₂	9,44	12,73	16,41	15,34 bB ₂	22,18 bB ₂	19,68 bB ₂	22,59 bB ₂	26,82	25,50 bB ₂	
	L3	8,01 aB ₃	14,78	23,07	22,95	29,68 aA ₃	35,68 aA ₃	33,39 aB ₃	33,67 aB ₃	36,91	39,50 aB ₃	
P20	L1	2,82 cB ₁	5,38	9,46	10,60	9,42 cA ₁	12,90 cA ₁	13,75 cA ₁	14,47 bA ₁	15,81	17,10 bA ₁	
	L2	6,27 bA ₂	10,54	16,04	19,87	20,97 bA ₂	24,85 bAB ₂	25,96 bA ₂	29,00 aAB ₂	29,86	35,49 aA ₂	
	L3	9,36 aB ₃	15,69	21,17	20,38	31,86 aA ₃	30,04 aB ₃	32,74 aB ₃	33,01 aB ₃	37,25	37,17 aB ₃	
P18	L1	4,45 cA ₁	7,36	10,92	12,53	12,01 cA ₁	13,08 cA ₁	14,18 cA ₁	14,85 cA ₁	17,86	17,12 cA ₁	
	L2	7,31 bA ₂	13,92	19,32	24,24	23,06 bA ₂	25,90 bA ₂	26,58 bA ₂	32,70 bA ₂	35,50	35,36 bA ₂	
	L3	14,38 aA ₃	17,07	22,94	26,50	29,34 aA ₃	37,58 aA ₃	41,18 aA ₃	43,01 aA ₃	44,14	52,86 aA ₃	
P22		5,12	9,57 B	14,71 B	16,76 B	18,36	22,60	22,93	23,54	27,28 B	27,55	
P20		6,15	10,53 B	15,56 AB	16,95 B	20,75	23,62	24,15	25,49	27,64 B	29,92	
P18		8,71	12,78 A	17,73 A	21,09 A	21,47	25,52	27,31	30,19	32,50 A	35,11	
L 1		3,40	5,74 c	9,57 c	11,35 b	10,50	12,99	14,55	14,56	17,26 c	17,30	
L 2		5,99	11,30 b	16,03 b	20,17 a	19,79	24,31	24,07	28,09	30,73 b	32,12	
L 3		10,58	15,85 a	22,39 a	23,27 a	30,29	34,43	35,77	36,56	39,43 a	43,18	
C. V.		12,28	12,90	18,19	18,62	11,29	8,04	11,08	14,17	13,08	10,60	

¹ Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ² letras maiúsculas com índices iguais comparam tamanhos; letras minúsculas comparam lotes.

TABELA 5. Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) para sementes de amendoim cultivar tatu 53, usando-se 10 períodos de embebição a 25°C e quatro repetições de 50 sementes, para três lotes (L1, L2, L3) classificados em três tamanhos (P22, P20, P18).

Trata- mentos	Períodos de embebição (horas)										
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
P22	L1	3,50	6,33	9,53	12,23	12,81 cA ₁ ^{1,2}	13,51	15,93 cA ₁	15,33 cA ₁	17,58	16,99
	L2	4,90	10,49	16,14	20,05	23,10 bB ₂	22,26	23,34 bB ₂	23,39 bB ₂	31,23	33,62
	L3	11,88	17,93	26,93	26,91	33,71 aAB ₃	32,64	36,02 aB ₃	39,80 aA ₃	40,15	40,72
P20	L1	3,60	5,53	9,71	12,35	11,19 cA ₁	13,19	15,19 cA ₁	14,54 cA ₁	16,22	17,78
	L2	6,25	14,20	20,04	24,92	25,84 bAB ₂	27,85	25,62 bAB ₂	29,27 bAB ₂	31,32	31,78
	L3	10,49	18,76	23,95	26,22	32,30 aB ₃	33,30	40,60 aAB ₃	38,36 aA ₃	42,99	42,10
P18	L1	4,19	6,41	9,92	12,68	12,02 cA ₁	14,06	14,29 cA ₁	13,48 cA ₁	16,19	16,64
	L2	6,01	14,46	20,84	26,68	29,25 bA ₂	28,56	30,45 bA ₂	31,87 bA ₂	38,68	38,81
	L3	10,93	19,05	29,26	25,91	37,58 aA ₃	38,17	46,42 aA ₃	44,19 aA ₃	50,08	48,32
P22		6,79 A	11,58 A	17,53 A	19,73 A	23,20	22,80 B	25,10	26,17	29,65 B	30,44 B
P20		6,78 A	12,83 A	17,90 A	21,16 A	23,11	24,78 AB	27,14	27,39	30,18 AB	30,56 B
P18		7,04 A	13,31 A	20,01 A	21,75 A	26,28	26,93 A	30,38	29,85	34,98 A	34,59 A
L 1		3,76 c	6,09 c	9,72 c	12,42 c	12,00	13,59 c	15,14	14,45	16,66 c	17,14 c
L 2		5,72 b	13,05 b	19,01 b	23,88 b	26,06	26,22 b	26,47	28,18	33,74 b	34,74 b
L 3		11,10 a	18,58 a	26,71 a	26,34 a	34,53	34,70 A	41,01	40,78	44,41 a	43,71 a
C. V.		14,47	19,06	15,21	16,32	9,49	11,92	13,52	12,33	15,39	11,93

¹ Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ² letras maiúsculas com índices iguais comparam tamanhos; letras minúsculas comparam lote.

foram submetidas a 20 horas de embebição na temperatura de 25°C, sendo que o período de 24 horas, segundo o referido autor, deve ser melhor estudado, pois dependendo da qualidade dos lotes submetidos ao teste, verificou-se uma tendência de aproximação das médias, dificultando a separação dos lotes de qualidade fisiológica intermediária.

Observou-se, de forma geral, que qualquer que tenha sido a combinação entre número de sementes e temperatura de embebição (Tabelas 2, 3, 4 e 5), nos períodos onde não houve interação entre lote e tamanho, a classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor foi conseguida, à semelhança do que ocorreu com a maioria dos testes de caracterização da

qualidade inicial das sementes (Tabela 1). Tal resultado foi também observado por Ferreira (1995), Vanzolini e Nakagawa (1999a, b) trabalhando com sementes de amendoim e Dias e Marcos Filho (1996) com soja, revelando que o teste de CE é interessante para um programa de controle de qualidade mais dinâmico e efetivo. Contudo, apenas quando foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, embebidas a 25°C (Tabela 5), a CE foi sensível para ranquear os lotes em diferentes níveis de vigor, mesmo quando houve interação entre lote e tamanho. Neste sentido, pode ser sugerido que esta foi a combinação mais promissora para avaliar o vigor de sementes de amendoim pela CE.

Com relação ao efeito do tamanho da semente na avaliação da condutividade (Tabelas 2, 3, 4 e 5), de forma geral, o uso de sementes classificadas em diferentes peneiras afetou os valores da CE, para a maioria dos períodos utilizados. Assim, dependendo do período de embebição, ocorreu diferença ou para o menor tamanho (maior lixiviação) ou para o maior tamanho (menor lixiviação), enquanto outros períodos não permitiram detectar diferenças entre tamanhos. Vanzolini e Nakagawa (1997), trabalhando com dois lotes de sementes de amendoim, classificadas em duas peneiras (18/64" e 20/64"), encontraram maiores valores de condutividade para as sementes da peneira 18, independente do período de embebição utilizado. Também, Mugnisjah e Nakamura (1986) encontraram maiores valores de condutividade para as sementes soja de menores tamanhos. Tao (1978) explicou que este fenômeno pode ocorrer em função da alta relação entre a superfície por unidade de peso, nas sementes pequenas. Prete (1992) encontrou valores elevados de CE para os menores grãos de café, que segundo este autor, pode estar associado a um estágio mais avançado de deterioração destas ou a um maior grau de imaturidade nesta classe de tamanho. Vale destacar que, a recomendação de que os resultados da CE fossem expressos com base de peso das sementes ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) visa minimizar o efeito do tamanho nos resultados da CE. Entretanto, apesar de reduzir tal efeito, essa metodologia não elimina completamente o problema (Vieira, 1994). Assim, Illipronti Jr. (1997), avaliando a CE de lotes de soja pelo sistema individual, observou que os valores expressos com base no peso ($\mu\text{A}\cdot\text{mg}^{-1}$) diminuíram com o aumento do tamanho e do peso da semente e somente foi possível minimizar tais efeitos quando a CE foi expressa com base na área ($\mu\text{A}\cdot\text{mm}^{-2}$).

Os coeficientes de variação foram maiores para a temperatura de 20°C (Tabelas 2 e 3) em relação a 25°C (Tabelas

4 e 5), embora tenha sido tomado o cuidado de retirar 12 recipientes por vez da câmara, para que o tempo de leitura não ultrapassasse 15 minutos. Talvez, tal fato tenha ocorrido, porque a temperatura da solução de embebição que permaneceu a 25°C não tenha sofrido alterações durante as leituras, que foram processadas em ambiente com temperatura média próxima a este valor, não ocorrendo interferência, portanto, nos valores da CE. Segundo Loeffler et al. (1988) variação de 5°C na temperatura da água de embebição, pode alterar significativamente os resultados da CE. Vieira (1994) relata que 25°C é uma temperatura mais coerente com as condições ambientais dos laboratórios brasileiros de análise de sementes, estando, portanto, mais próxima das condições normais do que a 20°C. Assim, a temperatura de embebição de 25°C mostrou-se mais apropriada para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim do que a de 20°C, pelo teste de CE.

Comparando a Tabela 2 (4 repetições de 25 sementes puras a 20°C) com a Tabela 4 (4 repetições de 25 sementes puras a 25°C) e Tabela 3 (4 repetições de 50 sementes puras a 20°C) com a Tabela 5 (4 repetições de 50 sementes puras a 25°C), nota-se uma tendência de liberação mais intensa de eletrólitos, principalmente para lotes, em função da temperatura de condicionamento de 25°C. Loeffler (1981) explicou que a diminuição na temperatura causa aumento da viscosidade da solução, seguida por um decréscimo na mobilidade de íons e, conseqüentemente, reduz a condutividade. Inversamente, as altas temperaturas aumentam a dissociação de íons e reduzem a viscosidade da solução, o que resulta em alta condutividade.

Os valores de CE foram maiores para 50 sementes do que para 25 sementes, para ambas as temperaturas empregadas (20 e 25°C). Isto ocorreu porque aumentando o número de sementes para o mesmo volume de água, houve maior concentração de lixiviados na solução de embebição, resultando em maior valor de CE, apesar de ter sido feita a correção pelo peso das sementes.

Assim, os resultados obtidos levam a sugerir que se deve ter cautela na interpretação dos valores de CE para sementes de amendoim, onde o número de sementes ou a temperatura de embebição forem diferentes. Cuidado semelhante deve ser tomado quanto ao tamanho das sementes. A utilização de quatro subamostras de 50 sementes puras, embebidas em 75mL de água e mantidas a 25°C foi a melhor opção, pois permitiu ranquear os lotes quanto ao vigor em todos os períodos avaliados.

CONCLUSÕES

A comparação entre lotes de sementes de amendoim pela condutividade elétrica deve ser feita em mesma classe de tamanho.

A utilização de quatro subamostras de 50 sementes puras embebidas em 75mL de água a 25°C, com período de embebição de três horas, mostra-se promissora para avaliar a qualidade de sementes de amendoim pelo teste de condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 93p. (Contribution, 32)
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.
- FERREIRA, M.R. **Estudos de períodos de embebição no teste de condutividade elétrica e de exposição no envelhecimento acelerado para sementes de amendoim**. 1995. 38 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1995.
- FESSEL, S.A.; FAGIOLI, M.; VIEIRA, R.D.; CARDOZO, E.P. Correlação entre a condutividade elétrica de sementes de amendoim e a emergência de plântulas em campo e o efeito do corante no tratamento com fungicida. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.171, 1997.
- 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**, Zürich, v.20, p.677-686, 1992.
- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Conductivity test. In: **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. p.22-34.
- ILLIPRONTI Jr., R.A.; LANGERAK, C.J.; LOMMEN, W.J.M. Variation in and relationships between physical and physiological seed attributes within a soybean seed lot. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p.215-231, 1997.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.1, n.2, p.15-53, 1991.
- LOEFFLER, T.M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. 1981. 181 f. Thesis (Master of Science) - University of Kentucky, Lexington, 1981.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, B.D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.12, p.37-53, 1988.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-149.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CHAMA, H.C.P.C. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.1805-1815, 1990.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D.A. (Ed.) **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1981. p.37-42.
- MUGNISJAH, W. Q.; NAKAMURA, S. Vigour of soybean seed as influenced by sowing and harvest dates and seed size. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.14, p.87-94, 1986.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.48-85.
- NAUTIYAL, P.C.; VASANTHA, S.; SUNEJA, S.K.; THAKKAR, A.N. Physiological and biochemical attributes associated with the loss of seed viability and vigour in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Oléagineux**, Paris, v. 43, p.459-462, 1988.
- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.3, n.1, p.10-18, 1978.
- USBERTI, R. Relações entre teste de envelhecimento acelerado, potencial de armazenamento e tamanho de sementes em lotes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.4, n.1, p.31-34, 1982.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: períodos de embebição. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.169, 1997.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de temperatura e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.41-45, 1999a.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de teor de água inicial e de períodos de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.46-52, 1999b.
- VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26

