

---

# TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL EM SEMENTES DE SOJA E A RELAÇÃO COM EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS A CAMPO

---

Ana Paula Piccinin Barbieri, Nilson Matheus Mattioni, Fernando Machado Haesbaert, Fabrício Fuzzer de Andrade, Ingrid Cervo Cabrera e Liliane Marcia Mertz

## RESUMO

O objetivo nesse trabalho foi verificar a eficiência do teste de condutividade elétrica individual para avaliação do vigor em sementes de soja e para estimar a porcentagem de emergência de plântulas no campo. O trabalho foi conduzido utilizando-se 15 lotes de sementes de soja das cultivares Fundacep 57 RR, BMX Potência RR, BMX Força RR, BMX Turbo RR e Nidera A 7321 RG. A caracterização dos lotes foi efetuada através da determinação da massa de mil sementes, teste padrão de germinação, condutividade elétrica massal, condutividade elétrica individual (CEI), envelhecimento acelerado, com-

primido de plântulas, massa seca de plântulas e emergência em campo. Realizou-se a correlação entre os diferentes testes de vigor e a emergência de plântulas em campo. Adicionalmente, determinou-se o ponto de partição da CEI para estimativa da porcentagem de emergência de plântulas a campo. De acordo com os resultados, o teste de CEI é eficiente para avaliação do vigor de lotes de sementes de soja proporcionando a estratificação de lotes de forma equivalente a emergência a campo. Entretanto, possui limitações em estimar com precisão a porcentagem de emergência de plântulas a campo.

---

## Introdução

A obtenção de elevadas produtividades em qualquer cultura está relacionada ao adequado estabelecimento de plantas na lavoura, fator esse dependente da qualidade das sementes utilizadas.

A qualidade de um lote de sementes é determinada pela sua condição genética, sanitária, física e fisiológica. Para fins de comercialização, a caracterização da qualidade fisiológica das sementes é baseada fundamentalmente no teste de germinação, o qual já possui metodologia padronizada permitindo a repetibilidade de resultados entre os laboratórios de rotina. Por outro lado, por ser conduzido em condições ideais, o teste de germinação possui limitações como a ina-

bilidade para detectar diferenças de qualidade entre lotes com alta germinação (Hampton e Tekrony, 1995). Além disso, os resultados desse teste nem sempre se correlacionam com a emergência de plântulas no campo.

Nesse sentido, para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de forma ampla e segura é necessária a complementação das informações do teste de germinação com testes de vigor. O conceito de vigor compreende um conjunto de características da semente que determinam seu potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais sob ampla diversidade de condições de ambiente (Marcos Filho, 2005).

A escolha de um teste para avaliar o vigor das sementes é

regulada por vários fatores, dentre esses, a rapidez na obtenção dos resultados, fator primordial em programas de controle de qualidade de sementes (Dias e Marcos Filho, 1996). Além disso, um teste de vigor eficiente deve gerar resultados semelhantes aos obtidos na emergência de plântulas em campo (Marcos Filho e Novembre, 2009).

O processo de deterioração da semente e consequentemente diminuição do vigor iniciam com a perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares e termina com a redução da germinação (Delouche e Baskin, 1973). Sendo assim, metodologias que permitem a detecção do início do processo natural de deterioração das sementes são mais eficientes para avaliação segu-

ra do vigor. Dentro desse contexto, destaca-se o teste de condutividade elétrica que por ser baseado na integridade das membranas celulares têm mostrado resultados satisfatórios na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes (Dias e Marcos Filho, 1996; Carvalho *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2011).

O teste de condutividade elétrica foi desenvolvido por Fick e Hibbard (1925) sendo classificado como um teste bioquímico. O princípio do mesmo estabelece que sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição e, em consequência, liberam maiores quantidades de solutos para a solução de imersão (Marcos

---

## PALAVRAS CHAVE / *Glycine max* (L.) / Ponto de Partição / Qualidade Fisiológica /

---

Recebido: 10/08/2012. Aceito: 02/05/2013.

**Ana Paula Piccinin Barbieri.** Engenheira Agrônoma, Mestre e Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil. Endereço: Departamento de Fitotecnia, Setor de Sementes, UFSM. CEP 97105-900, Santa Maria, RS,

Brasil. e-mail: apaulabarbieri@yahoo.com.br

**Nilson Matheus Mattioni.** Engenheiro Agrônomo, UFSM, Brasil. Responsável Técnico, Laboratório de Análise de Sementes, UFSM, Brasil. e-mail: nilsonmattioni@gmail.com

**Fernando Machado Haesbaert.**

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Agronomia, UFSM, Brasil. e-mail: fhaesbaert@gmail.com

**Fabrício Fuzzer de Andrade.** Graduando em Agronomia, UFSM, Brasil. e-mail: fabriciofuzzer@yahoo.com

**Ingrid Cervo Cabrera.** Graduada em Agronomia, UFSM, Brasil. e-mail: ingrid\_cervo@hotmail.com

**Liliane Marcia Mertz.** Engenheira Agrônoma, Dr. Professora do Curso de Agronomia, UFSM, Brasil. e-mail: lilianemertz@yahoo.com.br

## INDIVIDUAL ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SOYBEAN SEEDS AND ITS RELATION TO SEEDLINGS EMERGENCE IN THE FIELD

Ana Paula Piccinin Barbieri, Nilson Matheus Mattioni, Fernando Machado Haesbaert, Fabrício Fuzzer de Andrade, Ingrid Cervo Cabrera and Liliane Marcia Mertz

### SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the efficiency of the individual seed electrical conductivity test to determine soybean seed vigor and to estimate the percentage of seedling emergence in the field. Fifteen soybean lots were used from cultivars Fundacep 57 RR, BMX Potência RR, BMX Força RR, BMX Turbo RR and Nidera A 7321 RG. Seed lot characterization was performed by the following tests: 1000 seeds weight, germination test, bulk electrical conductivity, individual seed electrical conductivity (IEC), accelerated ageing, seedling length, seedling

dry biomass and seedling emergence in the field. Correlation analysis among different vigor tests and seedling emergence in the field was performed. In addition, the starting point of the IEC test for estimation of percentage of seedling emergence in the field was determined. According to the results, the seed IEC test is an efficient way to classify soybean seed lots, and showed high correlation with seedling emergence in the field. However, this test has limitation to precisely estimate the percentage of seedling emergence in the field.

## CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL DE LAS SEMILLAS DE SOJA Y SU RELACIÓN CON LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN CAMPO

Ana Paula Piccinin Barbieri, Nilson Matheus Mattioni, Fernando Machado Haesbaert, Fabrício Fuzzer de Andrade, Ingrid Cervo Cabrera y Liliane Marcia Mertz

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de la prueba de conductividad eléctrica individual en semillas de soja para estimar el porcentaje de emergencia en campo. El estudio se realizó con 15 lotes de semillas de los cultivares de soja Fundacep 57 RR, BMX Potência RR, BMX Força RR, BMX Turbo RR y Nidera A 7321 RG. La caracterización de los lotes se realizó mediante la determinación de el peso de mil semillas, prueba de germinación estándar, conductividad eléctrica de masa, conductividad eléctrica individual (CEI), enve-

jecimiento acelerado, longitud de plántulas, peso seco total de plántulas y emergencia en campo. Se calculó la correlación entre las diferentes pruebas de vigor y la emergencia en campo. Además, se determinó el punto de partida de la CEI para estimar el porcentaje de emergencia a campo. Según los resultados, la prueba CEI es eficaz para una estratificación de lotes de semillas de soja equivalente a la emergencia en campo; sin embargo, tiene limitaciones para estimar con precisión el porcentaje de emergencia de las plántulas en campo.

Filho, 2005). Sendo assim, maiores valores de condutividade indicariam sementes pouco vigorosas e os menores valores, correspondentes a menor liberação de exsudatos, indicariam alto potencial fisiológico (maior vigor), ou seja, menor intensidade de desorganização do sistema de membranas das células (Vieira *et al.*, 2002).

O teste de condutividade elétrica pode ser conduzido de forma massal ou individual. A determinação da condutividade elétrica individual de sementes foi proposta por Steere *et al.* (1981) e desenvolvida para corrigir problemas observados no método massal, principalmente em amostras que contêm sementes danificadas ou que apresentam variações na capacidade de lixiviação. Entretanto, trabalhos conduzidos com o teste de condutividade elétrica individual em sementes de soja

apresentam resultados contrastantes. Segundo Steere *et al.* (1981), esse teste é eficiente não apenas em classificar lotes em diferentes níveis de qualidade fisiológica como também, para determinar a estimativa da germinação. Por outro lado, outros autores destacam a necessidade de maiores estudos para aplicação dessa técnica na rotina dos laboratórios (Hepburn *et al.*, 1984; Dias e Marcos Filho, 1996).

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência do teste de condutividade elétrica individual para avaliação do vigor em sementes de soja e a correlação deste com a emergência de plântulas no campo.

### Material e métodos

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático e de

Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. Foram utilizados 15 lotes de sementes de soja pertencentes a cinco cultivares (Nidera A 7321 RG, Fundacep 57 RR, BMX Potência RR, BMX Força RR e BMX Turbo RR), buscando representar a variabilidade de sementes de soja disponível no mercado. O teor de água das sementes dos diferentes lotes variou em torno de 13%, valor considerado adequado para a condução do teste de condutividade elétrica.

Inicialmente, efetuou-se a caracterização dos lotes através das seguintes determinações:

#### Massa de 1000 sementes

Foi conduzido com oito repetições de 100 sementes con-

forme as Regras para Análise de Sementes (RAS; Brasil, 2009).

#### Germinação

Foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel umedecidos a 2,5 vezes a massa do papel seco e mantidos em germinador regulado a 25°C. As avaliações foram realizadas aos cinco e oito dias após a instalação do teste, conforme as RAS (Brasil, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### Teste de condutividade elétrica massal

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes. Inicialmente determinou-se a massa das sementes em balança com precisão de 0,001g

e em seguida foram adicionados 75ml de água deionizada. As amostras foram incubadas em germinador a 25°C durante 24h. A condutividade elétrica da solução de imersão foi determinada em condutímetro Digimed, modelo CD-21, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de sementes.

#### Teste de condutividade elétrica individual

Foram analisadas quatro repetições de 100 sementes, dispostas de forma individual, em bandejas de 100 células contendo 6ml de água deionizada. A seguir, as bandejas foram colocadas em germinadores a temperatura constante de 25°C, por 24h. Transcorrido esse período efetuou-se a leitura da condutividade elétrica da solução de imersão em Analisador Automático de Sementes, modelo SAD 9000S. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  de semente. Posteriormente a leitura da condutividade, as sementes foram submetidas ao teste de emergência a campo de forma ordenada, a fim de se correlacionar o valor da CEI com a emergência ou não de plântulas, determinando assim o ponto de partição para plântulas emergidas e não emergidas.

#### Teste de envelhecimento acelerado

Conduzido em caixa plástica tipo *gerbox*, onde foram adicionados 40ml de água e colocada uma tela de arame galvanizado, sobre a qual foram postas as sementes, impedindo o contato destas com a água. As caixas foram fechadas, mantendo a umidade relativa próxima a 100%, levadas a uma estufa incubadora por um período de 48h a uma temperatura de 42°C, de acordo com recomendação de Krzyzanowski *et al.* (1991). Em seguida procedeu-se a semeadura conforme descrito no teste de germinação, com quatro repetições de 100 sementes por lote, sendo as ava-

liações efetuadas aos sete dias após a instalação do teste.

#### Comprimento de plântulas

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

#### Fitomassa seca de plântulas

Foi determinada nas plântulas selecionadas para o teste de comprimento de plântulas, as quais, logo após esta determinação, foram colocados em sacos de papel e mantidos em estufa regulada a 60°C por 48h. Posteriormente determinou-se a fitomassa em balança analítica de precisão (0,001g).

#### Emergência das plântulas em campo

Foi conduzido com quatro blocos de 100 sementes, semeadas em linhas de 2,0m de comprimento com espaçamento de 0,20m e profundidade média de 0,03m. A avaliação da porcentagem de emergência das plântulas foi efetuada aos dez dias após a semeadura.

#### Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado sendo que os dados em porcentagem foram transformados pela equação:  $y' = \arcsen \sqrt{y} \cdot 100^{-1}$  para realização da análise de variância entre os lotes. A análise de variância seguiu-se da comparação múltipla das médias dos diferentes lotes pelo teste Scott Knott (Scott e Knott, 1974) utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2008). Para avaliar a relação entre os testes de vigor foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r) e a significância dos valo-

TABELA I  
ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONTENDO AS FONTES DE VARIÂÇÃO (FV), OS GRAUS DE LIBERDADE (GL), OS QUADRADOS MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIÂÇÃO, PARA AS VARIÁVEIS DEFINIDAS ABAIXO, DE 15 LOTES DE SEMENTES DE SOJA

FV	GL	Quadrados Médios				
		MMS	G	CEM	CEI	EA
Lotes	14*	1045,47*	0,14*	1280,64*	34861,41*	0,32*
Erro	45	1,83	0,01	25,20	411,50	0,01
CV%		0,89	10,09	9,00	10,75	15,15

FV	GL	Quadrados Médios				
		CPA	CR	CT	MS	EC
Lotes	14*	6,22*	61,64*	93,54*	0,185*	0,130*
Erro	45	0,37	1,48	2,18	0,014	0,016
CV%		8,69	12,57	8,84	7,20	19,10

MMS: massa de mil sementes (g); G: germinação (%); CEM: condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de sementes); CEI: condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ /semente); EA: envelhecimento acelerado (%); CPA, CR e CT: comprimento da parte aérea, raiz total (cm); MS: massa seca de plântula (g); e EC: emergência em campo (%); \*: efeito significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

res de r foi determinada pelo teste t em 5% de probabilidade. Análise de *boxplot* foi utilizada para determinar um ponto de partição do teste de condutividade elétrica individual para plântulas emergidas e não emergidas utilizando o software R (R Development Core Team, 2011). Adicionalmente foram obtidos também os limites superiores e inferiores de condutividade individual para os diferentes lotes.

#### Resultados e Discussão

Na Tabela I encontram-se os dados referentes à análise de variância demonstrando efeito significativo de lote para todas as variáveis analisadas. Realizou-se a comparação múltipla de médias pelo teste Scott Knott (Scott e Knott, 1974), sendo que para todas as características houve distinção entre os lotes, demonstrando que os mesmos refletem a variabilidade das sementes de soja presentes no mercado de sementes e dessa forma, garantem a confiabilidade dos dados obtidos nesse estudo.

Pelos resultados do teste de germinação (Tabela II) os lotes 1, 2 e 3 estão abaixo do padrão mínimo para comercialização (80%; Brasil, 2005), os demais lotes apre-

sentaram percentual de germinação >80%. Outro ponto a ser destacado é que o teste de germinação apresentou valores bem superiores à emergência de plântulas em campo, confirmando as restrições do teste de germinação na determinação segura do potencial fisiológico dos lotes de sementes de soja. O teste de germinação possui limitações sendo pouco eficiente para estimar o desempenho da semente no campo, onde condições ambientais nem sempre são ideais e, além disso, não detecta diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes que apresentam germinação semelhante (Hamp-ton e Tekrony, 1995).

De acordo com a emergência de plântulas à campo (Tabela II) os lotes 4, 5 e 10 foram os que apresentaram maior número de plântulas emergidas, sendo classificados como os mais vigorosos, enquanto que os lotes 1, 2, 3, 13, 14 e 15 tiveram desempenho inferior. Essa mesma classificação foi obtida nos testes de envelhecimento acelerado e na condutividade elétrica massal e individual (Tabela II), resultados esses que vem de encontro aos resultados obtidos em estudos anteriores, os quais demonstram que os testes de condutividade elétrica massal e envelheci-

TABELA II  
VALORES MÉDIOS OBTIDOS EM 15 LOTES DE SEMENTES DE SOJA

Lote	MMS	G	CEM	CEI	EA	CPA	CR	CP	MS	EM
1	162,3 b	67,0 d	88,1 f	352,1 d	36,0 c	6,7 d	10,9 c	17,6 c	1,68 c	42,0 c
2	163,9 b	79,0 c	80,8 e	329,0 d	36,0 c	4,4f	5,5 d	10,0 d	1,67 c	36,0 c
3	162,8 b	76,0 c	77,1 e	328,8 d	34,0 c	5,6e	6,4 d	12,0 d	1,75 c	39,0 c
4	140,6 d	98,0 a	41,8 b	95,2 a	74,0 c	6,5 d	5,6 d	12,0 d	1,49 c	77,0 a
5	141,5 d	93,0 b	46,0 b	109,7 a	74,0 c	7,2c	5,2 d	12,3 d	1,48 c	75,0 a
6	118,4 e	95,0 a	48,9 b	96,1 a	66,0 c	6,6 d	5,2 d	11,8 d	1,12 d	69,0 c
7	146,6 c	83,0 c	49,1 b	139,4 c	80,0 c	5,7e	4,9 d	10,6 d	1,75 c	64,0 c
8	147,3 c	84,0 c	44,7 b	141,6 c	78,0 c	8,4 c	13,0 c	21,4 c	1,68 c	67,0 c
9	146,2 c	85,0 c	55,8 c	148,4 c	78,0 c	8,3 c	12,0 c	20,2 c	1,65 c	70,0 c
10	176,1 a	98,0 a	31,7 a	128,5 c	84,0 a	9,3 a	14,7 a	24,0 a	1,88 a	83,0 a
11	175,2 a	90,0 b	36,8 a	105,4 a	81,0 c	7,3c	10,6 c	17,9 c	1,93 a	65,0 c
12	175,5 a	96,0 b	33,8 a	117,0 a	90,0 a	8,4 c	9,7 c	18,0 c	2,01 a	64,0 c
13	144,5 c	84,0 c	71,6 d	232,0 c	44,0 c	7,2 c	15,8 a	22,9 a	1,48 c	56,0c
14	145,8 c	91,0 b	66,8 d	259,1 c	35,0 c	7,3 c	14,6 a	21,9 c	1,67 c	50,0c
15	143,0 d	89,0 b	63,2 d	248,9 c	37,0 c	6,5 d	11,4 c	17,9 c	1,60 c	52,0c
$\bar{x}^{(1)}$	152,6	87,0	55,8	188,7	62,0	7,0	9,7	16,7	1,66	60,0
CV(%)( <sup>2</sup> )	10,6	9,9	32,1	49,5	35,1	17,8	40,5	28,9	13,0	23,5
AS( <sup>3</sup> )	0,999	0,956	0,990	0,994	0,985	0,970	0,988	0,988	0,961	0,935

MMS: massa de mil sementes (g); G: teste de germinação (%); CEM: condutividade elétrica massal de sementes ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ); CEI: condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ /semente); EA: envelhecimento acelerado (%); CPA e CP: comprimento da parte aérea e de plântulas (cm); MS: massa seca de plântula (g); e EC: emergência em campo (%). Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. (<sup>1</sup>) Valores médios dos lotes. (<sup>2</sup>) Coeficiente de variação dos lotes. (<sup>3</sup>) Acurácia seletiva [AS= (1-1/Fc)<sup>0,5</sup>], em que Fc é o valor do teste F para lotes.

mento acelerado são adequados para análise de vigor de sementes de soja (Vieira *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2009). O teste de envelhecimento acelerado e a determinação da condutividade elétrica da solução de imersão das sementes, como testes de vigor, são sugeridos (AOSA, 2002; ISTA, 2004) para sementes de soja, espécie que se observa a relação entre os resultados desse teste com os de emergência de plântulas em campo (Vieira *et al.*, 1999).

Ainda em relação aos dados da Tabela II, pode-se afirmar que os testes de vigor baseados em desempenho de plântulas (fitomassa seca e comprimento de parte aérea, raiz e total) não estratificaram adequadamente os lotes de sementes com resultados diferentes aos obtido na emergência de plântulas em campo. Isso demonstra que assim como o teste de germinação, os mesmos apresentam limitações para o ranqueamento de lotes neces-

sitando ser complementados com outros testes de vigor.

Na Tabela III encontram-se os dados de significância do teste de correlação de Pearson (r) entre os diferentes testes de vigor. Os dados de massa de mil sementes apresentaram correlação significativa positiva e com valor elevado apenas com a massa seca das plântulas (r = 0,81). Esse comportamento é esperado, pois sementes com maior massa tendem a originar plântulas com massa maior, em razão das maiores quantidades de reservas que essas sementes possuem e que são trans-

locadas para as plântulas no processo de germinação. Estes resultados estão de acordo com os de Pádua *et al.* (2010) que verificaram que sementes de soja de maior tamanho proporcionaram maior crescimento de raiz. No entanto, quando comparado aos demais testes de vigor e até mesmo com o teste padrão de germinação, a massa de mil sementes não se correlacionou significativamente, demonstrando que embora tenha apresentado correlação positiva com comprimento de plântulas e fitomassa seca, a massa de mil sementes não exerce

TABELA III  
COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES DE PEARSON (R) ESTIMADOS ENTRE OS TESTES DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES E EMERGÊNCIA EM CAMPO, EM 15 LOTES DE SEMENTES DE SOJA

	MMS	G	CEM	CEI	EA	CPA	CR	CP	MS	EC
MMS	1,00	-0,14 *	-0,09	0,19 *	0,11 *	0,18 *	0,24 *	0,24 *	0,81 *	-0,14
G		1,00	-0,70 *	-0,67 *	0,46 *	0,34 *	0,00	0,09 *	-0,03	0,57 *
CEM			1,00	0,89 *	-0,85 *	-0,52 *	0,01	-0,13 *	-0,19 *	-0,74 *
CEI				1,00	-0,84 *	-0,47 *	0,12 *	-0,03	0,06	-0,81 *
EA					1,00	0,49 *	-0,10 *	0,05	0,18 *	0,72 *
CPA						1,00	0,60 *	0,76 *	0,28 *	0,48 *
CR							1,00	0,98 *	0,28 *	0,03
CP								1,00	0,30 *	0,16
MS									1,00	-0,02
EC										1,00

\* significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

influência direta sobre o vigor. Segundo Popinigis (1985), dentro de um mesmo lote as sementes de menor tamanho ou menor densidade podem apresentar, de modo geral, menores valores de germinação e vigor do que as demais; entretanto, segundo Carvalho e Nakagawa (2000), esse efeito sobre a germinação, vigor, crescimento inicial e produção da planta não estão ainda inteiramente elucidados.

Em relação aos testes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, os resultados mostram que os testes de vigor de sementes que se correlacionam significativamente com a emergência de plântulas em campo são o teste de germinação, condutividade elétrica massal, condutividade elétrica individual, envelhecimento acelerado e comprimento da parte aérea (Tabela III).

O teste de germinação apresentou correlação significativa com a emergência de plântulas em campo (r= 0,57), no entanto este valor é inferior a correlação observada para os testes de vigor como o envelhecimento acelerado (0,72), a condutividade elétrica massal (-0,74) e condutividade elétrica individual (-0,81). Conforme mencionado anteriormente, essa diferença pode ser atribuída ao fato de o teste de germinação ser realizado em condições ideais onde as diferenças de vigor entre os lotes não são expressas. A perda de germinação é um indicativo importante da perda de qualidade pela deterioração das sementes, mas é a última consequência, ou seja, o evento final desse processo (Delouche e Baskin, 1973).

Dentre os testes baseados em comprimento de plântulas (fitomassa seca e comprimento de parte aérea, raiz e total), apenas o comprimento de parte aérea apresentou correlação significativa com a emergência em campo, e ainda as-

TABELA IV  
 PERCENTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE 15 LOTES DE SEMENTES DE SOJA, OBTIDAS PELO MÉTODO TRADICIONAL (E REAL) E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS ESTIMADA A PARTIR DO PONTO DE CORTE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL ( $149\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ )

Lotes	% E real	% E estimada
1	42 c	9 d
2	36 c	13 d
3	39 c	8 d
4	77 a	90 a
5	75 a	88 a
6	69 a	89 a
7	64 a	72 b
8	67 a	72 b
9	70a	72 b
10	83 a	79 b
11	65 a	84 a
12	64 a	79 b
13	56 b	37 c
14	50 b	29 c
15	52 b	33 c

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

sim, com baixa correlação (0,48), demonstrando novamente as limitações desses testes na caracterização do vigor de sementes de soja (Tabela III). Esses resultados corroboram com dados obtidos por Marcos Filho *et al.* (1987) os quais consideram o comprimento de plântulas como uma teste de baixa sensibilidade para detectar diferenças de vigor.

Entre todos os testes de vigor avaliados, a condutividade elétrica individual foi o que mais se correlacionou com a emergência em campo ( $r=-0,81$ ; Tabela III). Os resultados da correlação significativa ( $P<0,05$ ) e negativa, entre esses testes mostram que, com a diminuição do valor de condutividade elétrica da solução de imersão, maior foi a emergência de plântulas em campo, ou seja, maior qualidade das sementes. Segundo Marcos Filho e Novembre (2009), um teste de vigor para ser considerado eficiente, deve proporcionar uma classificação dos lotes, de maneira proporcional à da emergência das plântulas no campo, tendo em vista que é nesse local, onde as condições climáticas são variadas e determinam o esta-

belecimento da cultura. Além da emergência a campo, a condutividade individual também apresentou elevada correlação com o envelhecimento acelerado (-0,84).

O melhor desempenho do teste de condutividade elétrica individual em relação à condutividade pelo método massal é que o mesmo permite corrigir problemas ocasionados pela presença de sementes danificadas ou com comportamento fora do padrão da amostra. Sendo assim, além de ser rápido e de fácil execução, o teste de condutividade elétrica individual é eficiente em classificar lotes em diferentes níveis de vigor, sendo uma ferramenta adequada em casos onde é necessária uma tomada de decisão rápida. Esse resultado está de acordo com a *Association of Official Seed Analysts* (AOSA, 2002), que sugerem testes baseados na condutividade elétrica para avaliar a qualidade de sementes de soja. Costa e Carvalho (2006) também verificaram que o teste de condutividade elétrica individual foi eficiente para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café.

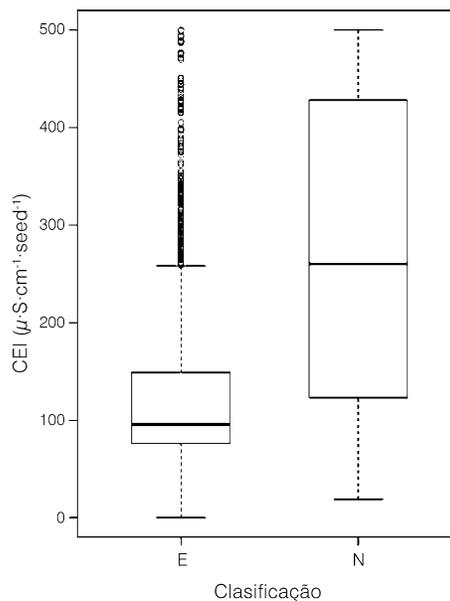


Figura 1. Análise de *boxplot* para estimativa do ponto de partição do teste de condutividade elétrica individual (CEI, em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para plântulas emergidas (E) e não emergidas (NE). Dados estimados a partir do teste de emergência a campo realizado em 15 lotes de sementes de soja.

Na Figura 1 encontram-se os valores do ponto de partição da CEI para plântulas que emergiram e não emergiram. Para obtenção desses dados, após a leitura da CEI realizou-se o teste de emergência a campo identificando-se cada uma das sementes e relacionando com o valor de CEI.

Diferente dos resultados obtidos por Hamman *et al.* (2001), houve diferença entre o ponto de partição para plântulas emergidas e não emergidas, sendo esses valores respectivamente 149 e  $428\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ .

A veracidade do ponto de corte obtido foi testada em 15 lotes de sementes de soja, onde se comparou a emergência de plântulas obtida pelo método tradicional (real) e a emergência estimada a partir do ponto de corte ( $149\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Pelos dados da tabela, observa-se grande variação entre a emergência real e a estimada demonstrando que o teste de CEI possui limitações em estimar com precisão a porcentagem de emergência de plântulas a campo.

Na Tabela V encontram-se os limites máximos e mínimos de CEI para plântulas que emergiram e não emergiram. Conforme observado, dentro de cada lote não houve sobreposição de valores entre as duas categorias de plântulas. Entretanto, quando se compararam os limites obtidos para os diferentes lotes, observam-se diferenças entre os valores obtidos para cada demonstrando que a CEI varia de acordo com as característi-

TABELA V  
 LIMITES INFERIORES (LI) E SUPERIORES (LS) DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL (CEI  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}/\text{semente}$ ) EM SEMENTES DE SOJA, PARA PLÂNTULAS EMERGIDAS (E) E NÃO EMERGIDAS (NE), NO TESTE DE EMERGÊNCIA A CAMPO

LOTES	CEI ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}/\text{semente}$ )			
	E		NE	
	LI	LS	LI	LS
1	234,32	281,38	396,39	435,97
2	215,10	274,73	354,43	398,25
3	224,04	278,74	351,16	393,65
4	77,70	86,16	111,23	165,53
5	85,35	93,44	140,61	197,35
6	72,12	80,87	116,69	160,73
7	100,62	119,11	163,02	216,41
8	104,72	133,23	156,64	208,88
9	97,30	114,02	211,42	280,18
10	95,43	115,18	192,33	275,61
11	89,48	112,80	95,17	130,55
12	86,53	107,22	128,84	171,98
13	151,85	188,84	272,59	330,34
14	152,89	188,04	306,01	357,34
15	144,46	180,08	297,72	347,61

cas de cada lote confirmando as limitações desse teste em estimar a porcentagem de emergência de plântulas a campo. Essas dificuldades também foram observadas por Hamman *et al.* (2001).

Dessa forma, embora seja um teste eficiente para a estratificação de lotes de sementes de soja em diferentes níveis de vigor, o teste de condutividade elétrica possui limitações para predizer com exatidão a porcentagem de emergência de plântulas de soja a campo.

## Conclusão

O teste de condutividade elétrica individual é eficiente para avaliação do vigor de lotes de sementes de soja proporcionando a estratificação de lotes de lotes de forma equivalente a emergência a campo. Entretanto, esse teste possui limitações em estimar com precisão a porcentagem de emergência de plântulas a campo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) pelo suporte financeiro ao projeto.

## REFERÊNCIAS

AOSA (2002) *Seed Vigor Testing Handbook*. Association of Offi-

- cial Seed Analysts. Lincoln, NE, EEUU. 105 pp.
- Brasil (2009) *Regras para Análise de Sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Brasil. 399 pp.
- Carvalho LF, Sediyaama CS, Reis MS, Dias DCFS, Moreira MA (2009) Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. *Rev. Brás. Sementes* 31: 9-17.
- Carvalho NM, Nakagawa J (2000) Vigor de sementes. Em *Sementes: Ciência, Tecnologia E Produção*, 4ª ed. FUNEP. Jaboticabal, Brasil. pp. 224-242.
- Costa P de SC, Carvalho MLM de (2006) Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). *Ciênc. Agrotecnol.* 30: 92-96.
- Delouche JC, Baskin CC. (1973) Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.* 1: 427-452.
- Dias DCFS, Marcos filho J. (1996) Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Sci. Agric.* 53: 1-11.
- Ferreira DF (2008) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Symposium* 6: 36-41.
- Fick GL, Hibbard RP (1925) A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. *Mich. Acad. Sci. Arts Lett.* 5: 95-103.
- Hamman B, Halmajan H, Egli DB (2001) Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. *Seed Sci. Technol.* 29: 575-586.
- Hampton JG, Tekrony DM (1995) Controlled deterioration test. Em Hampton JG, Tekrony DM (Eds.) *Handbook of Vigour Test Methods*: International Seed Testing Association. Zurich, Suíça. pp. 70-78.
- Hepburn HA, Powell AA, Matthews S (1984) Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. *Seed Sci. Technol.* 12: 403-413.
- Krzyzanowski FC, França neto JB, Henning AA (1991) Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. *Inf. Abrates* 1(2): 15-53.
- ISTA (2004) *International Rules for Testing Seeds*. Seed Science and Technology 32. 403 pp.
- Brasil (2005) *Instrução Normativa N°25, de 16 de dezembro de 2005. Anexo XII - Padrões para Produção e Comercialização de Sementes de Soja*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil. [www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/padroes\\_soja.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/padroes_soja.pdf) (Cons. 30/03/2012).
- Marcos Filho J (2005) *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*. FEALQ. Piracicaba, Brasil. 495 pp.
- Marcos Filho J, Novembre ADLC (2009) Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. Em Nascimento WM (Ed.) *Tecnologia de Sementes de Hortaliças*. Embrapa Hortaliças. Brasília, Brasil. pp. 185-246.
- Marcos Filho J, Cicero SM, Silva WR (1987) *Avaliação da Qualidade das Sementes*. FEALQ. Piracicaba, Brasil. 230 pp.
- Pádua GP de, Zito RK, Arantes NE, Franca Neto J de B (2010) Influência do tamanho da se-

mente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. *Rev. Brás. Sementes* 32(3): 9-16.

Popinigis F (1985) *Fisiologia da Semente*. 2ª ed. Brasília, Brasil. 289 pp.

R Development Core Team (2011) *R: a Language and Environment for Statistical Computing*. R-Project. Vienna, VI, USA. <http://www.R-project.org>. (Cons 27/03/2012).

Santos JF, Alvarenga RO, Timóteo TS, Conforto E de C, Marcos Filho J, Vieira RD (2011) Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de soja. *Rev. Brás. Sementes* 33: 743-751.

Silva MAD, Vieira RD, Santos JM (2008) Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv, Monsoy 8400. *Rev. Brás. Sementes* 30: 91-99.

Scott AJ, Knott M (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512.

Steere WC, Levengood WC, Bondie JM. (1981) An electrical analyzer for evaluating seed germination and vigor. *Seed Sci. Technol.* 9: 567-576.

Vieira RD, Paiva-Aguero JA, Perecin D, Bittencourt SRM (1999) Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. *Seed Sci. Technol.* 27: 67-75.

Vieira RD, Penariol AL, Perecin D, Panobianco M (2002) Condutividade elétrica e o teor de água inicial das sementes de soja. *Pesq. Agropec. Brás.* 37: 1333-1338.

Vieira RD, Bittencourt SRM, Panobianco M (2003) Seed vigor - an important component of seed quality in Brazil. *ISTA - Seed Test. Int.* 126: 21-22.