

Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão

Electrical conductivity test with parts of bean seeds

Vanessa N. Silva¹, Clarissa Ana Zambiasi², Maria Angêla A. Tillmann³, Nilson L. Menezes³ e Francisco A. Villela³

¹ Curso de Agronomia, Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, Rua Luiz Joaquim de Sá Britto, s/n, Promorar, 97650-000, Itaqui, RS, Brasil. E-mail: vnpe@ yahoo.com.br ,author for correspondence.

² Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs, s/ nº, Campus Universitário, 36.570-000, Viçosa, MG – Brasil.

³ Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão, 96 001-970, Pelotas, RS, Brasil.

Recebido/Received: 2013.12.20

Aceitação/Accepted: 2014.02.25

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar as condições para a condução do teste de condutividade elétrica massal e individual, utilizando partes das sementes de feijão e redução do tempo de imersão. As sementes de feijão utilizadas foram da cultivar IAPAR 81, representadas por quatro lotes. O potencial fisiológico das sementes foi avaliado pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, classificação do vigor de plântulas, velocidade de protrusão da raiz e emergência de plântulas no campo. O teste de condutividade elétrica foi conduzido pelos métodos massal e individual, empregando sementes inteiras, cotilédones e eixos embrionários e diferentes períodos de imersão. O teste de condutividade elétrica, conduzido pelo método massal, pode ser realizado com a redução do tempo de imersão, utilizando-se exclusivamente os cotilédones a partir de duas horas de imersão ou com sementes inteiras utilizando-se cinco horas de embebição para a separação de lotes de sementes, em níveis de vigor.

Palavras-chave: cotilédones, eixo embrionário, *Phaseolus vulgaris*, vigor

ABSTRACT

The aim of this work was identify the best conditions for bulk and individual electrical conductivity evaluation using bean seed parts at the less time for imbibition as possible. Beans seeds cultivar IAPAR 81 were used in this work, and represented by four lots. Physiological potential was evaluated by germination standard test, first count germination, seedling vigour classification, speed radicle protrusion, and field seedling emergence. Electrical conductivity test was done by bulk and individual procedures, with whole seeds, cotyledons and embryonic axis at different immersion periods. The bulk electrical conductivity test is able to identify vigour differences in bean seed lots after two hours of imbibition using exclusively cotyledons or with whole seeds after five hours of imbibition, and both methodologies are able to classify bean seed lots by vigor levels.

Key words: cotyledons; embryonic axes; *Phaseolus vulgaris*; vigor

Introdução

O teste de condutividade elétrica é um teste bioquímico de vigor aplicável em sementes de várias espécies, que se destaca pela sua rapidez e facilidade de execução (Vieira e Krzyzanowski, 1999), sendo considerado como padronizado para sementes de ervilha, soja e feijão (Ista, 2011). Baseia-se na premissa de que o vigor está diretamente relacionado com a integridade do sistema de membranas celulares. As sementes menos vigorosas apresentam maior

dificuldade no restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a hidratação e por conseqüência, liberam maiores quantidades de solutos citoplasmáticos para o meio líquido (Marcos Filho, 2005).

As leituras dos valores de condutividade elétrica das soluções de imersão, medem a intensidade da corrente elétrica entre dois pontos, determinada pela quantidade de lixiviados, indicando o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de se-

mentes. Desse modo, quanto maiores os valores, menor o vigor das sementes.

O teste de condutividade elétrica pode ser realizado pelo método massal ou individual, sendo que no primeiro, uma amostra de sementes, após certo período de imersão em água, indicará o nível de vigor da amostra. A eficiência deste método foi relatada para sementes de feijão de vagem (Dias *et al.*, 1998), ervilha (Rech *et al.*, 1999), soja (Vieira *et al.*, 2004), amendoim (Vanzolini e Nakagawa, 2005), e feijão (Binotti *et al.*, 2008), entre outras. No método individual, cada semente de uma amostra é imersa em água deionizada, contida em compartimentos individualizados, sendo que o resultado expressa a situação de cada semente, como relatado para sementes de soja (Salinas *et al.*, 2001) e de lentilha (Makkawi *et al.*, 2008).

O processo de hidratação não ocorre de maneira uniforme entre as partes de uma semente. Os pontos de crescimento embrionário são mais sensíveis a deterioração (Ferguson *et al.*, 1990; Marcos Filho, 2005) e as mudanças bioquímicas nas membranas celulares são detectadas, de modo mais eficiente, nos eixos embrionários, os quais podem ser considerados como centros ativos do vigor (Perez e Arguello, 1995).

Em sementes de milho, Vidal (2010) verificou que o teste de condutividade elétrica massal realizado exclusivamente com embriões é capaz de separar os lotes de sementes, em função do nível de vigor, de forma mais eficiente do que o teste com sementes inteiras.

A duração do período de imersão tem efeito marcante na resposta do teste de condutividade elétrica. Embora a recomendação para a maioria das espécies de sementes grandes, com tamanho semelhante ao da soja, seja de 24 horas (Ista, 2011), há possibilidade de redução deste período para várias espécies (Menezes *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2009), pois é constante a busca por resultados rápidos, que apoiem a tomada de decisão na indústria de sementes.

O objetivo do trabalho foi estabelecer as condições para a condução do teste de condutividade elétrica, massal e individual, utilizando partes das sementes de feijão e menores períodos de imersão.

Material e métodos

Os ensaios foram conduzidos na Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas e na Universidade Federal de Santa Maria, com quatro lotes de sementes de feijão cultivar ‘IAPAR 8’1. Para caracterização dos lotes determinou-se o teor de água das sementes pelo método da

estufa, a 105 ± 3 °C, durante 24 horas (Brasil, 2009) e o potencial fisiológico pelos seguintes testes:

Germinação

O teste de germinação foi realizado com oito repetições de 50 sementes, distribuídas em papel toalha, tipo germitest, humedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa seca do substrato, mantidas a temperatura de 25 °C, com avaliação no quinto e nono dia após a sementeira (Brasil, 2009).

Primeira contagem da germinação

A primeira contagem da germinação foi conduzida conjuntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem média de plântulas normais, aos cinco dias após a sementeira.

Classificação do vigor de plântulas

A classificação do vigor de plântulas foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, considerando as plântulas normais fortes como de alto vigor (Nakagawa, 1999).

Velocidade da protrusão da raiz

Quatro repetições de 50 sementes foram colocadas a germinar e a contagem do número de sementes com raiz visível (superior a 2 mm de comprimento) foi realizada diariamente por três dias consecutivos, obtendo-se a velocidade de protrusão através da fórmula de Edmond e Drapala (1958).

Emergência de plântulas em campo

Quatro repetições de 100 sementes foram semeadas em sulcos de 1,5 m de comprimento e 5 cm de profundidade, no mês de novembro, cobertos por uma fina camada de solo, irrigadas diariamente. A contagem das plântulas emersas foi realizada aos 7 e 14 dias após a sementeira.

Condutividade elétrica massal

Metodologia 1: quatro repetições de 25 sementes de cada lote foram pesadas, imersas em 75 mL de água desionizada e mantidas a 25 °C durante 24 horas (Miguel e Cicero, 1999) e após o período de imersão determinou-se a condutividade elétrica das respectivas soluções.

Metodologia 2: quatro repetições de 50 sementes de cada lote foram pesadas, imersas em 250 mL de água desionizada e mantidas a 20 °C por 24 horas (Matthews e Powell, 2006; Ista, 2011), determinando-se a condutividade elétrica das soluções após o período de embebição.

Metodologia 3: as sementes foram submetidas à pré-embebição entre rolos de papel umedecido com

quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca, a 25 °C por seis horas. Posteriormente, procedeu-se ao isolamento dos cotilédones e dos eixos embrionários de cada semente, sendo, para cada lote, cinco repetições de 10 eixos embrionários, de 10 pares de cotilédones e de 10 sementes inteiras de cada lote, pesados e submersos em 10 mL de água desionizada por períodos de imersão de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas. Após cada período de imersão determinou-se a condutividade elétrica das respectivas soluções (ajustado a partir da metodologia proposta por Perez e Arguello, 1995).

Condutividade elétrica individual

A condutividade elétrica individual de cada estrutura da semente foi mantida individualizada em diferentes células de imersão, sendo empregadas quatro repetições de 10 pares de cotilédones, de 10 eixos embrionários e de 10 sementes inteiras de cada lote. Cada semente, cotilédone ou eixo embrionário foi pesado e colocado em compartimentos individualizados, contendo 5 mL de água desionizada e mantidas em câmaras do tipo *Biochemical Oxygen Demand*, a 20°C, por períodos de 24 horas (sementes inteiras) e 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas (cotilédones e eixos embrionários) e após cada período de imersão determinou-se a condutividade elétrica das soluções.

No teste de condutividade elétrica massal utilizou-se o condutivímetro marca Digimed, CD-21, porém para as determinações no método individual utilizou-se o Analisador automático de Sementes, marca Consultar, modelo SAD-9000-S, e, em ambos os casos, os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes.

Para monitorar o progresso da hidratação das sementes determinou-se a respectiva curva de hidratação daquelas sementes e estruturas utilizadas no experimento, conforme descrição a seguir.

Curva de hidratação

Na determinação da curva de hidratação utilizaram-se três repetições de 10 sementes inteiras, de 10 pares de cotilédones e de 10 eixos embrionários. Para isso realizou-se primeiramente a pesagem das sementes, cotilédones e eixos embrionários, que foram posteriormente distribuídos entre duas camadas de papel toalha, cada uma composta de seis folhas, umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa, e mantidas sobre tela dentro de caixas plásticas do tipo “gerbox”, fechadas e contendo 40 mL de água, no interior de germinador a 25°C. Realizaram-se pesagens das sementes e das partes em intervalos de três horas ao longo das primeiras doze horas e em intervalos de seis horas, das

doze às vinte e quatro horas de hidratação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Efetuou-se a análise da variância, com a posterior comparação das médias pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo os dados em percentagem transformados em arco seno ($\sqrt{x/100}$). Os dados relativos a condutividade elétrica de diferentes estruturas foram analisados em esquema fatorial (4x8), em parcelas subdivididas, considerando-se os fatores lote e período de embebição, para cada estrutura, separadamente. Quando a análise de variância indicou interação entre os fatores, ajustaram-se equações de regressão para os resultados de condutividade elétrica.

Resultados e discussão

Características das sementes e taxas de germinação

O teor de água das sementes variou de 13,8 a 14,0%, entre os quatro lotes avaliados (Quadro 1); estes valores estão dentro da faixa recomendada para a realização do teste de condutividade elétrica, que é de 10 a 17%, uma vez que a uniformização do teor de água das sementes dos diferentes lotes é fundamental para a padronização das avaliações e obtenção de resultados confiáveis e consistentes (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A caracterização inicial dos lotes de sementes, por meio do teste de germinação e pela primeira contagem de germinação indicou superioridade do lote 4, em relação aos lotes 2 e 3, e aos demais quanto à velocidade de protrusão da raiz primária (Quadro 1). Nos outros testes, embora, o lote 4 tenha apresentado os maiores valores absolutos, nem sempre diferiu estatisticamente dos lotes restantes. No teste de emergência de plântulas aos 14 dias verificou-se que os lotes 3 e 4 não diferiram entre si, mas foram superiores aos lotes 1 e 2. O teste de classificação do vigor de plântulas não foi eficiente na separação dos lotes quanto a níveis de vigor.

Condutividade elétrica massal

O teste de condutividade elétrica massal conduzido com 25 sementes e 24 horas de imersão não foi sensível para diferenciar os lotes analisados, em níveis de vigor (Quadro 1). Quando o teste foi conduzido com 50 sementes e 24 horas de imersão, verificou-se, maior vigor do lote 4 comparado aos demais. Este resultado confirma aqueles obtidos nos demais testes de vigor, que foram capazes de estratificar os lotes.

Quadro 1 – Valores médios (%) de teor de água (U), germinação (G), primeira contagem da germinação (PC), classificação do vigor de plântulas (CVP), velocidade de protrusão da raiz primária (VPR), emergência de plântulas aos 7 (E7) e 14 dias (E14) e condutividade elétrica massal, com 25 sementes e 14 horas de embebição (CE 1), 25 sementes e 24 horas de embebição (CE2) e 50 sementes e 24 horas de embebição (CE 3), de quatro lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR 81.

Lotes	U	G	PC	CVP	VPR	E7	E14	CE 1	CE 2	CE 3
	------(%)-----							----- $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ -----		
1	13,8	85 ab *	78 ab	69 a	1,62 b	59 a	74 b	63 a	84 a	49 b
2	13,8	82 b	82 b	79 a	1,61 b	58 a	72 c	60 a	81 a	43 b
3	14,0	83 b	83 b	69 a	1,67 b	67 a	79 a	65 a	87 a	50 b
4	14,0	90 a	90 a	78 a	1,97 a	69 a	86 a	64 a	85 a	27 a
CV(%)	-	2,9	5,1	10	1,4	4,9	3,2	9,0	6,7	7,9

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

As sementes do lote 4 foram mais eficientes na reorganização do sistema de membranas celulares e, com isto, lixiviaram menores quantidades de exsudados para o meio, refletindo assim o maior potencial fisiológico do lote, como acontece em outras espécies, conforme indicaram Miguel e Cicero (1999), Marcos Filho (2005), Vieira *et al.* (2008) e Vidal (2010).

O resultado da curva de hidratação dos eixos embrionários, cotilédones e sementes inteiras pode ser observado na Figura 1. Os eixos embrionários absorveram água com maior velocidade e em maior quantidade do que os demais. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Villela *et al.* (2007), que em estudos realizados com soja, verificaram diferenças na hidratação das partes das sementes, sendo que o eixo embrionário absorveu água com velocidade superior as demais estruturas. A rápida e contínua de absorção de água do eixo embrionário durante a hidratação desencadeia o processo de germinação, o qual envolve tanto a alongação quanto a divisão celular, de modo que a água se torna elemento constituinte das novas células (Marcos Filho, 2005), os cotilédones apresentam velocidade intermediária de absorção.

No estudo proposto para a condução do teste de condutividade elétrica, verificou-se que, no método massal, conduzido com as partes da semente ou semente inteira, houve diferenças entre os lotes (Quadro 2).

O uso de sementes inteiras no teste de condutividade elétrica massal propiciou a separação dos lotes após 1 hora de imersão, contudo, nesse período o lote 3 apresentou-se como mais vigoroso em relação aos demais, resultado distinto daqueles obtidos nos demais testes de vigor. Nesta metodologia, somente

o período de embebição de 5 horas revelou maior potencial do lote 4, resultado coerente com o dos demais testes. Os demais períodos de imersão não foram eficientes, diferindo de outros autores que apontam o teste como recomendável para sementes de feijão, provavelmente em função da diferença entre as metodologias adotadas.

Quando se empregou apenas os cotilédones no teste de condutividade elétrica, a diferenciação entre os lotes foi observada após 1 hora de hidratação, contudo, a partir de 2 horas de embebição foi observado ordenamento dos lotes, semelhante aquele obtido nos demais testes, indicando maior potencial do lote 4.

Utilizando-se apenas eixos embrionários, todos os períodos de embebição revelaram diferença entre os lotes, entretanto, não foi possível identificar o melhor desempenho do lote 4, como observado nos demais testes; contudo, ainda assim, foi possível revelar o pior desempenho dos lotes 1 e 2, comparados ao lote 3, resultado coerente com aqueles obtidos nas demais avaliações. Tais resultados estão em consonância com a hidratação observada na Figura 1, onde se verifica que a partir de 6 horas de imersão ocorreu aumento acentuado na absorção de água pelos eixos embrionários. Isto pode ter contribuído para a maior liberação de conteúdos citoplasmáticos, justificando as diferenças entre os lotes, no referido período.

Os eixos embrionários, por sua vez, apresentaram maior lixiviação de exsudados em relação aos cotilédones e as sementes inteiras, como pode ser observado na Figura 2, o que pode estar associado ao fato de que a deterioração tem início nos pontos de cres-

Quadro 2 – Condutividade elétrica massal ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes inteiras, cotilédones e eixos embrionários de quatro lotes de sementes de feijão, cultivar ‘IAPAR 81’.

Lote	Condutividade elétrica massal ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)							
	Período (horas)							
	Sementes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	143 c*	158 b	251 c	323 b	389 c	464 d	494 d	538 d
2	128 c	128 a	221 b	242 a	267 b	400 c	409 c	450 c
3	92 a	122 a	170 a	236 a	273 b	282 a	286 a	331 a
4	63 b	152 b	250 c	311 b	336 a	359 b	371 b	384 b
CV (%)	6,0							
	Cotilédones							
1	392 b	474 c	559 c	601 c	586 c	669 c	651 c	728 c
2	406 b	604 d	642 d	688 d	726 d	772 d	818 d	1013 d
3	153 a	330 b	358 b	381 b	411 b	460 b	474 b	511 b
4	136 a	208 a	247 a	279 a	310 a	329 a	345 a	356 a
CV (%)	6,9							
	Eixos Embrionários							
1	371 c	663 b	983 c	984 b	1239 b	1364 c	1494 c	1856 c
2	282 b	851 d	1130 d	1226 d	1207 b	1452 c	1591 d	1786 c
3	162 a	568 a	676 a	783 a	875 a	1033 a	1031 a	1261 a
4	392 c	728 c	842 b	1036 c	1150 b	1273 b	1330 b	1389 b
CV (%)	5,4							

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

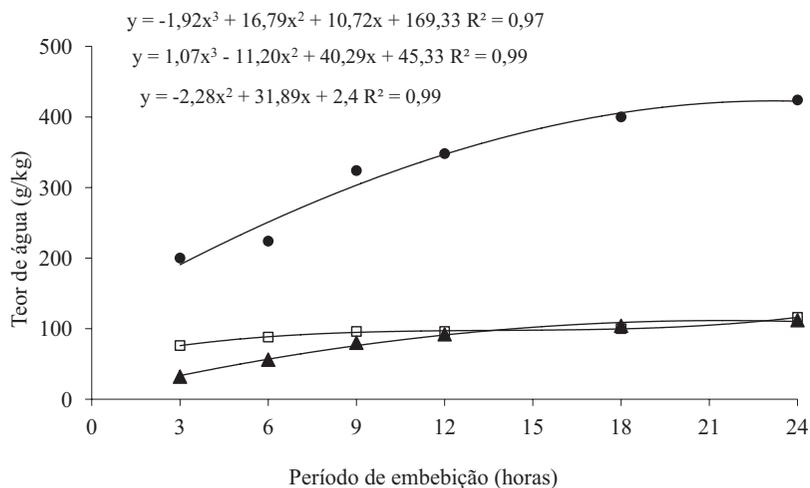


Figura 1 – Curva de embebição de cotilédones (□), eixos embrionários (●) e sementes inteiras (▲) de feijão, cultivar IAPAR 81.

cimento embrionário, por estes serem mais sensíveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Perez e Arguello (1995) em amendoim e Cunha (2011), em soja, os quais atribuíram as suas observações ao fato de que as mudanças nas membranas celulares podem ser melhor detetadas nos eixos embrionários, principalmente, por estes serem considerados o centro ativo do vigor.

A maior absorção de água pelos eixos embrionários (Figura 1), comparativamente aos cotilédones e às sementes inteiras pode, também, ter contribuído para a maior lixiviação de exsudados. É provável que tenham ocorrido danos por embebição, pois a imersão direta em água causa a entrada rápida desta nas células, visto que reduz o tempo para a reorgani-

zação das membranas celulares, evento necessário para garantir a compartimentalização celular (Silva e Villela, 2011), especialmente considerando-se que as membranas passam por uma transição imediata da fase gel para líquido-cristalino dos fosfolipídios, segundo Corrêa e Junior (1999).

Condutividade elétrica individual

O teste de condutividade elétrica individual, por sua vez, somente revelou diferença entre o lote mais vigoroso, lote 4, em relação aos demais, quando realizado com sementes inteiras, por 24 horas (Quadro 3), confirmando os resultados obtidos na emergência em campo e nos outros testes, nos quais o lote 4 foi apontado como aquele de maior vigor.

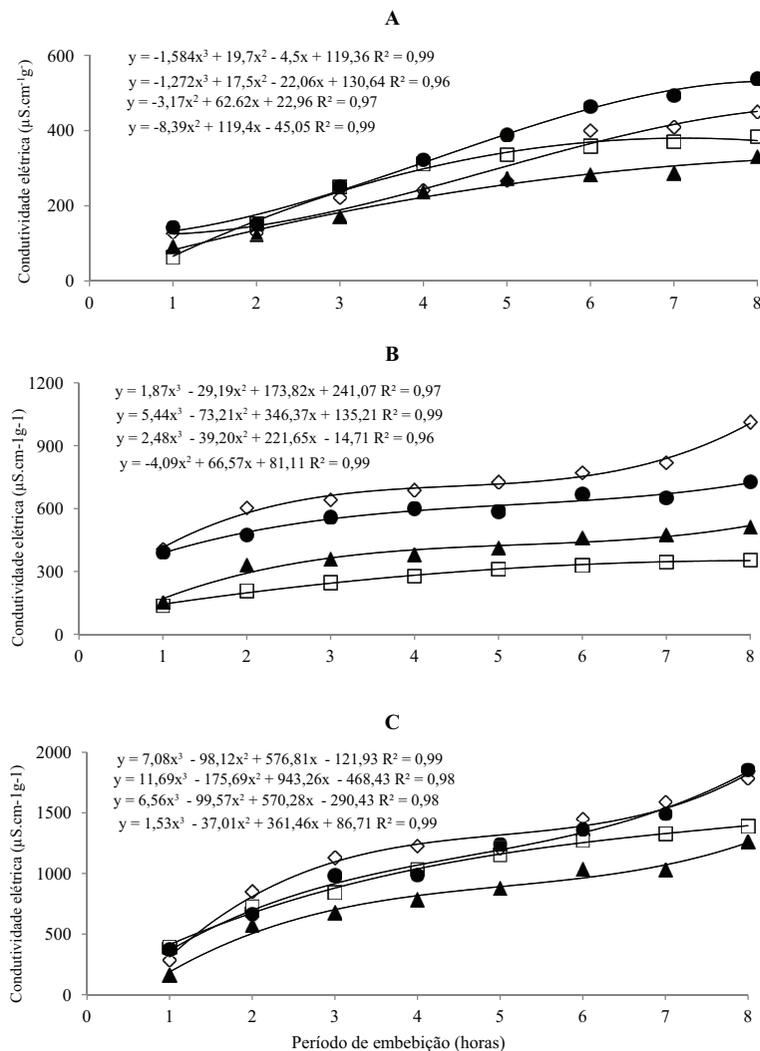


Figura 2 – Condutividade elétrica massal de sementes inteiras (A), cotilédones (B) e eixos embrionários (C) de quatro lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR 81 em diferentes períodos de embebição, sendo: lote 1 (●), lote 2 (◇), lote 3 (□) e lote 4 (▲).

Quadro 3 – Condutividade individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de eixos embrionários, cotilédones e sementes inteiras de quatro lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR 81.

Lote	Eixos embrionários					
	Período de embebição (horas)					
	1	2	3	4	5	6
1	384	594	768	995	1187	1359
2	335	501	643	834	1210	1167
3	249	400	563	743	837	977
4	264	468	629	823	996	1115
CV (%)	13,0					
	Cotilédones					
	1	2	3	4	5	6
1	105	167	218	253	301	326
2	90	147	193	229	266	290
3	69	122	159	191	218	224
4	73	132	176	217	253	283
CV (%)	8,8					
	Sementes					
	24 horas					
1	186 b*					
2	188 b					
3	182 b					
4	172 a					
CV (%)	3,1					

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Por outro lado, no método individual, o uso de cotilédones ou sementes inteiras, não foi eficiente para separar os lotes de feijão, em função do vigor das sementes, como também observaram Hamman *et al.* (2001), em sementes de soja. Esta ocorrência confirma a hipótese de que o processo de deterioração das sementes é mais acentuado nas partes da semente que apresentam crescimento ativo e intenso, como os eixos embrionários, como afirmaram Ferguson *et al.* (1990), ao verificarem, por meio do teste de condutividade elétrica, que a deterioração das sementes de soja ocorre, primeiro no eixo embrionário e, posteriormente, nos cotilédones, e que a avaliação de sementes inteiras pode mascarar estas diferenças.

Otimização dos tempos de imersão

As metodologias de condutividade elétrica massal com 10 sementes e 10 cotilédones mostraram-se interessantes, pelo fato de reduzirem bastante o tempo de execução do teste, indo ao encontro dos interesses dos produtores de sementes. Os períodos de imersão a partir de 2 horas, com cotilédones, possibilitaram a distinção dos lotes em níveis de vigor. Resultados semelhantes, relativo à classificação de lotes de sementes, utilizando períodos de imersão reduzidos, no teste de condutividade elétrica, também, foram observados para outras espécies de se-

mentes (Vanzolini e Nakagawa, 2005; Menezes *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2009).

Conclusões

O teste de condutividade elétrica massal com 10 sementes inteiras e com 10 cotilédones permitiu a separação dos lotes em níveis de vigor. O referido teste é interessante pois avalia de forma rápida a capacidade de reestruturação das membranas celulares, sendo esta característica importante na avaliação do vigor, pois sabe-se que a degeneração destas é o primeiro evento do processo de deterioração.

O teste de condutividade elétrica massal pode ser realizado com a redução do tempo de imersão, utilizando-se exclusivamente os cotilédones a partir de duas horas de imersão ou com sementes inteiras utilizando-se cinco horas de embebição.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de mestrado para a primeira autora do trabalho.

Referências bibliográficas

- Binotti, F.F.S.; Haga, K.I.; Cardoso, E.D.; Alves, C.Z.; Sá, M.E. e Arf, O. (2008) - Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, vol. 30, n. 2, p. 247-254.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) - *Regras para análise de sementes*. Brasília, MAPA/ACS. 365p.
- Carvalho, L.F.; Sediayama, C.S.; Reis, M.S.; Dias, D.C.F.S. e Moreira, M.A. (2009) - Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para a avaliação da qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 1, p. 9-17.
- Corrêa, P.C. e Júnior, P.C.A. (1999) - Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, vol. 1, n. 1, p. 21-26.
- Cunha, C.S.M. (2011) - *Condutividade elétrica em diferentes partes de sementes de soja*. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes. Pelotas, Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 50p.
- Dias, D.C.F.S.; Vieira, A.N. e Bhéring, M.C. (1998) - Condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão de vagem e quiabo. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 20, n. 2, p. 408-413.
- Edmond, J.B. e Drapala, W.J. (1958) - The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, vol. 71, n. 4, p. 428-434.
- Ferguson, J.M.; Tekrony, D.M. e Egli, D.B. (1990) - Changes during early soybean seed and axes deterioration. *Crop Science*, vol. 30, n. 1, p. 75-179.
- Hamman, B.; Halmajan, H. e Egli, D.B. (2001) - Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. *Seed Science and Technology*, vol. 29, n. 3, p. 575-586.
- International Seed Testing Association – ISTA (2011) - *International Rules for Seed Testing*. Basesrdorf, ISTA. 2011. 142p.
- Marcos Filho, J. (2005) - *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 1 ed. Piracicaba: FEALQ. 495p.
- Makkawi, M.; Balla, M.E.; Bishaw, Z. e Van Gastel, A.J.G. (2008) - Electrical conductivity in Lentil seed leachates using a single-seed analyzer. *Journal of New Seeds*, vol. 9, n. 2, p. 267-283.
- Matthews S. e Powell, A.A. (2006) - Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. *ISTA News Bulletin*, vol. 131, n. 1, p. 32-35.
- Menezes, N.L.; Garcia, D.C.; Bahry, C.A. e Mattioni, N.M. (2007) - Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, n. 1, p.138-142.
- Miguel, M.L. e Cicero, S.M. (1999) - Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 21, n. 1, p. 35-42.
- Nakagawa, J. (1999) - *Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas*. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. (Eds.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999. p.2.1-2.21.
- Perez, M.A e Arguello, J.A. (1995) - Deterioration in peanut seeds under natural and accelerated aging. *Seed Science and Technology*, vol. 23, n. 2, p. 439-445.
- Rech, E.G.; Villela, F.A. e Tillmann, M.A.A. (1999) - Avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de ervilha. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 21, n. 2, p. 1-9.
- Salinas, A.R.; Yoldjian, A.M.; Cravioto, R.M. e Bisaro, V. (2001) - Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 36, n. 3, p. 371-379.
- Silva, K.R.G. e Villela, F.A. (2011) Pré-hidratação e avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 331, p. 345.
- Vanzolini, S. e Nakagawa, J. (2005) - Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 27, n. 2, p. 151-158.
- Vidal, M.D. (2010) - *Condutividade elétrica massal e individual para determinação do potencial fisiológico de sementes de milho*. Tese de Doutorado em Produção Vegetal. Santa Maria, Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Santa Maria. 83 p.
- Vieira, R.D. e Krzyzanowski, F.C. (1999) - *Teste de condutividade elétrica*. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. (Eds.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.
- Vieira, R.D.; Scappa-Neto, A.; Bittencourt, S.R.M. e Panobianco, M. (2004) - Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. *Scientia Agricola*, vol. 61, n. 1, p. 164-168.
- Vieira, R.D., Tekrony, D.M.; Egli, D.B.; Bruenning, W.P. e Panobianco, M. (2008) -Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seeds solution. *Scientia Agrícola*, vol. 65, n. 4, p. 496-501.
- Villela, F.A.; Novembre, A.D.L.C. e Marcos Filho, J. (2007) - Estado energético da água na germinação de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, n. 1, p. 27-34.