

TECNOLOGIA DE SEMENTES

O USO DA HIDRATAÇÃO PARA ESTIMAR O DESEMPENHO DE SEMENTES DE SOJA⁽¹⁾

OSMAR PAULO BECKERT^(2,3,5); WALTER RODRIGUES DA SILVA^(4,5)

RESUMO

Estudos têm sugerido que a hidratação das sementes pode ser afetada pela qualidade fisiológica. Com o objetivo de estudar as relações entre as variações na hidratação inicial, no tamanho e na qualidade fisiológica das sementes de soja, foi realizada a presente pesquisa, no Laboratório de Análise de Sementes da ESALQ/USP. Para tanto, três lotes (cultivar BRS-157), com qualidade fisiológica distinta, tiveram as sementes padronizadas por espessura (5,16 mm) e submetidas a embebições a 20 °C em períodos variáveis (3, 6, 9 e 12 horas). Após as embebições, as sementes foram reclassificadas por espessura e, posteriormente à estimativa da frequência de indivíduos presentes em cada fração, submetidas às avaliações da qualidade fisiológica. Verificou-se que a qualidade fisiológica afeta o teor de água e a espessura alcançados pelas sementes de soja durante a embebição; assim, há a possibilidade de comparar o desempenho fisiológico relativo de lotes por intermédio dos dados de frequência de espessura em sementes hidratadas.

Palavras-chave: hidratação, qualidade fisiológica, sementes de soja, embebição.

ABSTRACT

THE USE OF HYDRATION TO ESTIMATE THE QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

Studies have suggested that the hydration of seeds can be affected by the physiologic quality. In order to study the relationships among the variations on initial hydration, size and physiologic quality of soybean seeds this research was carried out at the Seed Analysis Laboratory of the Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Universidade de São Paulo. Three lots (cv.BRS-157) with different physiologic quality had the seeds standardized according to thickness (5,16 mm) and submitted to hydration at 20 °C in variable periods (3, 6, 9 and 12h). After hydration, seeds were classified according to thickness the individual frequency in each fraction was estimated, followed by evaluations of physiologic quality. Physiologic quality affected water content and the thickness reached by the soybean seeds during hydration; therefore, it is possible to compare the relative physiologic quality of lots by using the thickness frequency data in moisturized seeds.

Key words: hydration, physiologic quality, soybean seeds, imbibition.

⁽¹⁾ Parte da tese de doutorado do primeiro autor apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Recebido para publicação em 13 de julho de 2001 e aceito em 28 de janeiro de 2002.

⁽²⁾ Embrapa Transferência de Tecnologia, Caixa Postal 97, 84001-970 Ponta Grossa (PR). E-mail: opbecker@bol.com.br

⁽³⁾ Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Caixa Postal 992/3, 84001-330 Ponta Grossa (PR).

⁽⁴⁾ Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: wrsilva@carpa.ciagri.usp.br

⁽⁵⁾ Com bolsa de produtividade científica do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

Para que uma semente germine, é necessário que o meio forneça água suficiente para a ativação das reações químicas relacionadas ao metabolismo e, com isso, seja desencadeado o processo de retomada do desenvolvimento do embrião. A hidratação inicia-se na embebição e sua velocidade depende, sobretudo, da composição química da semente, da permeabilidade do tegumento e da presença de água nas formas líquida ou gasosa no meio em que o processo está ocorrendo.

Em algumas pesquisas, tem-se buscado associar a qualidade fisiológica com a velocidade de absorção de água pelas sementes; os resultados alcançados, contudo, não são conclusivos. ROCHA et al. (1984), em avaliação da capacidade de absorção de água pelas sementes de soja, ao verificarem que as de colheita retardada tiveram elevação na velocidade de embebição em relação às obtidas em colheitas não retardadas, concluíram que as sementes de maior qualidade embebem mais lentamente.

SOUZA et al. (1996), estudando as características físicas e fisiológicas associadas à absorção de água em sementes de *Calopogonium mucunoides*, encontraram correlação positiva entre a velocidade de intumescimento, ou de aumento de volume, e o somatório das frequências de sementes mortas e de plântulas anormais. Também SHEPARD e NAYLOR (1996), trabalhando com sementes de sorgo colhidas precocemente e no ponto de maturidade fisiológica, observaram que as sementes imaturas, além de menores em massa, tamanho e densidade, possuíam pericarpo que possibilitou embebição mais acentuada e com maior lixiviação de eletrólitos.

De acordo com HEGARTY (1978), a hidratação ocorre em taxas diferentes para cada indivíduo de um lote de sementes; quanto às mortas, observou que podem hidratar-se mais rapidamente que as capazes de germinar. LEOPOLD (1980), similarmente, verificou que as sementes mortas, além de embeberem mais rapidamente do que as vivas, apresentaram maior lixiviação de solutos; da mesma forma, MURPHY e NOLAND (1982), em sementes de beterraba mortas pelo calor, encontraram acentuado incremento na embebição e na lixiviação de solutos em relação ao verificado nas sementes vivas. Por outro lado, segundo MCDONALD et al. (1988), a hidratação de sementes de soja ocorreu de forma similar, em água líquida, independentemente do estágio de deterioração. Também WOODSTOCK e TAO (1981) não observaram diferenças na absorção de água em eixos embrionários de soja de diferentes qualidades fisiológicas.

Dessa maneira, apesar de evidenciar a existência de relações entre a velocidade de embebição, a condição fisiológica e o aumento de volume das sementes, a literatura especializada não explicita a possibilidade de

estimativa do desempenho fisiológico, pela análise das variações de tamanho geradas por hidratações transcorridas com diferentes velocidades em período idêntico; o estudo desse tema constituiu-se no objetivo do presente trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Empregaram-se três lotes de sementes de soja (cultivar BRS-157), os quais tiveram as sementes classificadas pelo tamanho, tomando-se por base a diferença de espessura revelada na passagem em peneiras com crivos oblongos superpostas em ordem decrescente de largura do crivo (5,95 x 19 mm, 5,56 x 19 mm, 5,16 x 19 mm, 4,76 x 19 mm, 4,37 x 19 mm e 3,97 x 19 mm), para aproveitamento exclusivo das retidas na peneira com 5,16 x 19 mm que, por sua vez, representaram a fração de maior ocorrência nos lotes utilizados. As sementes, embaladas em papel multifoliado, permaneceram armazenadas em câmara (18 °C a 20 °C e 45% de umidade relativa) durante o período em que os lotes foram individualmente submetidos, para a caracterização qualitativa inicial, às seguintes avaliações:

a) **Determinação do grau de umidade:** pôde-se determiná-lo, utilizando-se o método da estufa de 105 °C ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 1992). Os resultados (%) foram calculados com base no peso úmido (bu).

b) **Teste de germinação:** ocorreu sob 25 °C, em 50 sementes por repetição, conforme os procedimentos descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

c) **Teste de tetrazólio:** foi realizado com 25 sementes por repetição pré-condicionadas (25 °C por 16 horas) em papel-toalha hidratado. Após o pré-condicionamento, as sementes foram submersas em solução (0,075%) de sal de tetrazólio e mantidas em estufa (35 °C a 40 °C por 3 horas). A seguir, as sementes foram lavadas, drenadas e avaliadas quanto ao vigor, segundo os critérios descritos por FRANÇA-NETO et al. (1998).

d) **Testes de comprimento da raiz e da plântula:** realizados conjuntamente, constaram da instalação de 10 sementes por repetição, no terço superior de papel-toalha umedecido com 2,25 vezes o seu peso em água, sob 25 °C por 5 dias em ausência de luz e no interior de saco plástico, conforme as recomendações de KRZYZANOWSKI et al. (1991). Ao final do período, considerando exclusivamente as plântulas normais, mediu-se o comprimento da raiz (ápice da raiz à região de transição com o hipocótilo) e da plântula (ápice da raiz ao ponto de inserção dos cotilédones). Os resultados foram calculados pelo quociente entre o somatório do comprimento (das raízes ou das plântulas) e o número de sementes instaladas.

e) **Teste de condutividade elétrica:** Amostras de 50 sementes por repetição, previamente pesadas em balança com precisão de 0,01 g, foram imersas em 75 mL de água destilada (25°C por 24 horas) para, conforme as indicações de VIEIRA (1994), ser medida a condutividade elétrica da água de embebição. O resultado, expresso em $\mu\text{mhos/cm.g}$, foi representado pelo quociente entre a leitura de condutividade e o peso da amostra.

f) **Teste de emergência de plântulas:** realizado em casa de vegetação, constou da semeadura 50 sementes por repetição em mistura umedecida (70% da capacidade de campo) de terra e areia na proporção de 1:3. A contagem das plântulas emersas foi efetuada aos 14 dias após a instalação.

Após a caracterização dos lotes, retiraram-se as sementes da câmara de armazenamento, com teores de água próximos de 8%, e colocadas em ambiente com $18 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR até atingirem, aproximadamente, 13% de água.

Em seguida, amostras com 400 sementes foram isoladamente distribuídas em rolos com oito folhas de papel-toalha umedecido com água, em volume correspondente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, e levadas para o germinador (20 °C) em períodos variáveis (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição. Após cada um dos períodos de embebição, as sementes foram classificadas por espessura, mediante utilização de peneiras, com crivos oblongos (6,35 x 19 mm, 5,95 x 19 mm, 5,56 x 19 mm e 5,16 x 19 mm), superpostas em ordem decrescente; estimou-se a frequência (%) de indivíduos presentes, em cada espessura, em relação à população de cada amostra submetida à embebição. Em seguida, excetuando-se a fração retida nos crivos com 6,35 x 19 mm devido à insuficiência no número de indivíduos, separaram-se as sementes por espessura, submetendo-as aos testes de grau de umidade, germinação, tetrazólio (vigor) e comprimentos de raiz e de plântula empregando métodos similares aos descritos para a caracterização qualitativa inicial dos lotes. Para possibilitar as leituras do teste de tetrazólio, as sementes provenientes das embebições de 3 e 6 horas passaram por hidratação complementar (pré-condicionamento) até que fossem atingidos graus de umidade iguais ou superiores a 35%; nos demais períodos de hidratação, esse procedimento foi desnecessário.

As determinações deram-se em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Utilizando o programa STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (1987), os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias por contrastes (teste F) a 5% de probabilidade. Adicionalmente, realizaram-se análises de correlação entre a frequência de indivíduos presentes em cada fração classificada, após as embebições, e os testes de avaliação da qualidade fisiológica inicial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados, dos testes de avaliação da qualidade fisiológica inicial (Quadro 1), indicaram, invariavelmente, a presença de diferenciação estatística entre os lotes e, dessa maneira, confirmaram a existência da variação qualitativa requerida pelo método adotado para o estudo. Os lotes, após a classificação por espessura com o aproveitamento exclusivo das sementes com 5,16 mm, apresentaram, anteriormente à aplicação dos períodos de embebição, teores médios de água com valores, conforme o desejado, próximos entre si ($12,6\% \pm 0,4\%$).

Após as embebições, dentro de cada lote e independentemente do período considerado, as sementes tenderam a apresentar incremento do teor de água associado ao aumento da espessura; esse fato, excetuando-se o observado nos lotes B e C na embebição de 3 horas, foi estatisticamente evidenciado (Figuras 1, 2 e 3) nas comparações diretas entre as sementes mais espessas (5,95 mm) e as menos espessas (5,16 mm). Quando examinada a análise conjunta de todos os lotes, além da superioridade estatística das sementes de 5,95 mm em relação às de 5,16 mm ocorrer em todos os períodos, as de 5,56 mm apresentaram teor de água intermediário aos demais, com significado estatístico, nas embebições mais demoradas (9 e 12 horas). Dessa forma, confirmando o observado por KIM et al. (1994), os dados indicaram que a variação no teor de água das sementes tendeu a relacionar-se diretamente com a variação da espessura.

Em todos os lotes e períodos de embebição, a germinação das sementes com 5,16 mm superou, em valores absolutos, a das sementes com 5,95 mm; observadas as diferenças com significado estatístico, essa superioridade deixou de ocorrer exclusivamente nos lotes C (3 horas de embebição), B (6 horas de embebição) e A (9 horas de embebição) nas análises individualizadas dos lotes (Quadro 2), e foi invariavelmente verificada na análise conjunta. Esse comportamento, admitindo a premissa de que a deterioração favoreça a absorção pela desorganização das membranas celulares (COPELAND e MCDONALD, 1995; SMITH e BERJAK, 1995), indica a possibilidade de que, fixado o período de embebição, as sementes de maior espessura tenham absorvido mais água (Figuras 1, 2 e 3) em decorrência de sua menor qualidade fisiológica (Quadros 2 e 6). Qualidade fisiológica inferior, em sementes que embeberam mais rapidamente, foi constatada por ROCHA et al. (1984) e por ROSSETTO et al. (1995) em soja e, também, por SOUZA et al. (1993) em *Calopogonium mucunoides*. Assim, os dados do teste de germinação sugeriram a existência de relação inversa entre a espessura e a qualidade fisiológica das sementes postas a embeber durante um mesmo período de tempo.

Quadro 1. Dados da qualidade fisiológica inicial dos lotes A, B e C avaliada pelos testes de germinação (G), de tetrazólio/vigor (TZ), de comprimentos da raiz (CR) e da plântula (CP), de condutividade elétrica (C) e de emergência de plântula (E)

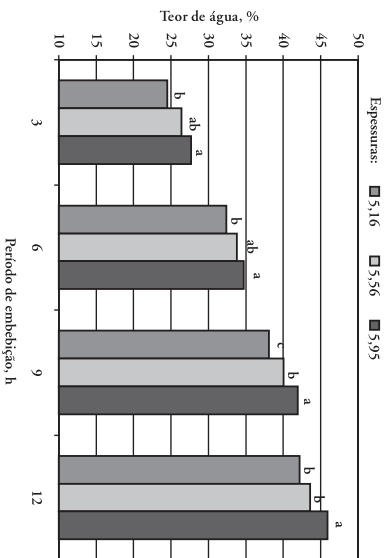
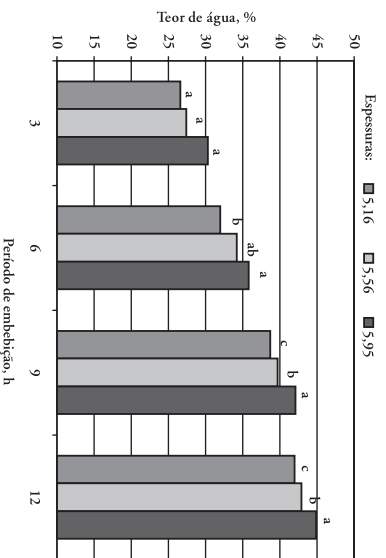
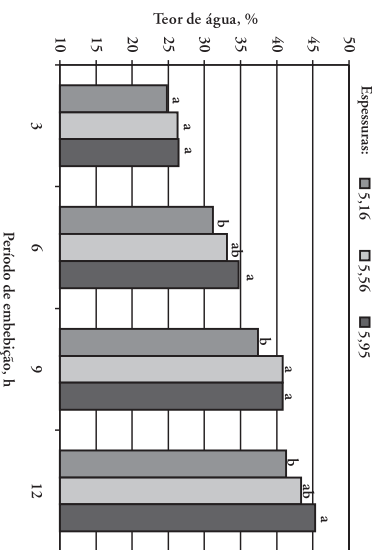
Lotes	Testes						
	G		TZ	CR	CP	C	E
	%			cm	cm	µmhos/cm.g	%
A	93 a		82 a	10,5 a	16,5 a	77,1 a	86 a
B	86 b		67 b	6,1 b	10,8 b	83,5 b	63 b
C	76 c		59 c	3,8 c	7,6 c	99,5 c	47 c

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Quadro 2. Dados de germinação obtidos em sementes de soja (lotes A, B e C) classificadas por espessura após a aplicação dos períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição

Lotes	Períodos de embebição											
	3 horas			6 horas			9 horas			12 horas		
	Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)		
	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95
	%											
A	94 a	96 a	85 b	98 a	92 b	90 b	92 b	96 a	91 b	93 a	92 a	88 b
B	94 a	87 b	87 b	89 ab	91 a	85 b	94 a	89 b	89 b	92 a	90 a	83 b
C	80 a	83 a	79 a	86 a	86 a	77 b	83 a	79 ab	77 b	86 a	84 a	75 b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

**Figura 1.** Dados de teor de água (%) obtidos em sementes de soja (lote A) classificadas por espessura (mm) após a aplicação de períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).**Figura 2.** Dados de teor de água (%) obtidos em sementes de soja (lote B) classificadas por espessura (mm) após a aplicação de períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).**Figura 3.** Dados de teor de água (%) obtidos em sementes de soja (lote C) classificadas por espessura (mm) após a aplicação de períodos (3, 6, 9 e 12 h) de embebição. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Os dados obtidos no teste de tetrazólio/vigor (Quadro 3) mostraram que, excetuados os casos dos lotes A (6 horas de embebição), B (9 horas de embebição) e C (12 horas de embebição), o aumento da espessura esteve, em valores absolutos, associado ao declínio do desempenho. Considerada a análise conjunta dos dados, a inferioridade das sementes mais espessas (5,95 mm), em valores absolutos, sempre ocorreu em relação às demais; estatisticamente, com exceção da ausência de diferenciação proporcionada na embebição de 6 horas, as sementes de 5,95 mm foram inferiores às sementes com 5,16 mm. Assim, concordando com as indicações fornecidas pelo teste de germinação, os dados do teste de tetrazólio/vigor sugeriram a existência de relação inversa entre a espessura e a qualidade fisiológica das sementes embebidas durante períodos equivalentes.

Os dados dos testes de comprimento da raiz e da plântula apresentaram, em valores absolutos, indicações semelhantes entre si. As sementes mais espessas (5,95 mm) tiveram desempenho inferior ao das sementes com 5,56 mm, em valores absolutos, na maior parte dos casos (Quadros 4 e 5). Observadas as comparações estatísticas, contudo, os comportamentos verificados não permitiram constatações que evidenciassem diferenças predominantes entre os tratamentos. A análise conjunta (Quadro 6), apesar de confirmar em valores absolutos a inferioridade das sementes com 5,95 mm em relação às de 5,56 mm, não agregou novas informações à interpretação dos dados. Dessa forma, quando confrontados com as determinações de germinação e de tetrazólio/vigor, os testes de comprimento de raiz e da plântula deixaram de delinear a tendência de inferioridade no desempenho das sementes com 5,95 mm em relação às de 5,16 mm; porém, mantiveram as indicações da tendência de inferioridade da maior espessura nas comparações entre as sementes de 5,95 e 5,56 mm.

De modo geral, observaram-se algumas variações entre as informações provenientes das diferentes determinações. Por esse motivo, foram compiladas as ocorrências de superioridades (Quadro 7) havidas entre as sementes com diferentes espessuras, na análise conjunta dos lotes (Quadro 6). A observação do quadro 7 permite verificar que os dados, quando estatisticamente analisados, nunca acusaram a superioridade das sementes com espessura de 5,95 mm e, em contrapartida, destacaram a sua inferioridade em relação às sementes com 5,16 mm (35% dos casos), com 5,56 mm (20% dos casos) e, adicionalmente, a ambas (20% dos casos). Desconsiderada a análise estatística, e levando em conta os valores absolutos, evidenciaram-se as mesmas inferioridades, porém, em frequências mais elevadas (respectivamente 75%, 100% e 75% dos casos). Assim, as diferenças predominantes no teste de germinação, ainda que menos acentuadamente nas demais

determinações, refletiram a tendência geral dos dados de atribuir desempenho inferior às sementes com espessura de 5,95 mm que, fixado o período de embebição, absorveram maior quantidade de água. Ainda de acordo com os dados apresentados no quadro 7, as frequências de superioridade, nas comparações entre as sementes com espessuras de 5,16 e 5,56 mm, não sugeriram diferenças expressivas entre o comportamento de ambas.

Em complementação à busca de informações relativas às relações entre o processo de embebição e a qualidade fisiológica das sementes, a pesquisa procurou verificar as possibilidades de diferenciação qualitativa, entre lotes, com base na mensuração das sementes submetidas à hidratação. Para tanto, vencidos os períodos de embebição, foram estimadas, por lote, as frequências (Quadro 8) de indivíduos existentes em cada uma das espessuras.

O confronto dos dados da qualidade fisiológica inicial dos lotes (Quadro 1), com os das frequências de indivíduos por espessura após as embebições (Quadro 8), permite verificar, em valores absolutos, que a frequência das sementes menos espessas (5,16 e 5,56 mm), nos períodos de 3, 6 e 9 horas de embebição, foi maior no lote de qualidade fisiológica superior (A); para as sementes mais espessas (5,95 e 6,35 mm), considerados os mesmos períodos, as maiores frequências foram apresentadas pelos lotes de qualidade fisiológica inferior (B e C). Adicionalmente, consideradas as espessuras de 5,56 e 5,95 mm, constataram-se diferenças significativas, entre todos os lotes, no período de 6 horas de embebição; para a espessura de 5,56 mm, a frequência decresceu do lote A (maior qualidade fisiológica) para o C (menor qualidade fisiológica) e, para a espessura de 5,95 mm, o comportamento dos dados foi o inverso. Em apoio a essa constatação, a análise de correlação (Quadro 9) indicou, na embebição de 6 horas, coeficientes invariavelmente iguais ou superiores a 0,70 nos confrontos entre as frequências das espessuras 5,56 e 5,95 mm e os dados provenientes dos testes de avaliação da qualidade fisiológica inicial. Desse modo, marcadamente no período de 6 horas, houve similaridade estatística, na diferenciação dos lotes, entre os dados de desempenho fisiológico e os dados de distribuição da espessura nas sementes embebidas.

Fixado o período de embebição, as diferenças havidas no teor de água tenderam a ser acompanhadas por variações de mesmo sentido na espessura. Foi adicionalmente observada, de modo mais evidente nos testes de germinação e de tetrazólio/vigor, a existência de relação inversa entre a espessura e o desempenho fisiológico das sementes.

Tais fatos, quando realizada a comparação de lotes, pareceram justificar a correspondência verificada entre as estimativas de qualidade fisiológica e as frequências de espessura em sementes hidratadas.

Quadro 3. Dados de tetrazólio/vigor obtidos em sementes de soja (lotes A, B e C) classificadas por espessura após a aplicação dos períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição

Lotes	Períodos de embebição											
	3 horas			6 horas			9 horas			12 horas		
	Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)		
	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95
	%											
A	87 a	80 b	79 b	83 a	83 a	76 b	83 a	75 b	66 c	83 a	80 a	62 b
B	74 a	73 ab	64 b	72 a	71 a	70 a	68 a	65 a	68 a	75 a	74 a	62 b
C	61 a	59 a	56 a	63 a	62 a	61 a	65 a	63 a	58 a	65 a	67 a	56 b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Quadro 4. Dados de comprimento da raiz obtidos em sementes de soja (lotes A, B e C) classificadas por espessura após a aplicação dos períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição

Lotes	Períodos de embebição											
	3 horas			6 horas			9 horas			12 horas		
	Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)		
	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95
	cm											
A	9,6 b	11,8 a	10,8 ab	8,8 a	8,1 ab	7,7 b	7,8 a	7,4 a	7,1 a	5,3 a	5,9 a	5,8 a
B	5,5 a	6,1 a	5,4 a	6,5a	6,0 a	5,8 a	7,8 b	9,0 a	8,1 ab	6,9 b	8,0 a	7,5 ab
C	5,8 a	5,6 a	6,5 a	3,9 a	4,1 a	3,8 a	5,0 a	4,9 a	4,7 a	4,7 b	5,4 a	4,6 b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Quadro 5. Dados de comprimento (cm) da plântula obtidos em sementes de soja (lotes A, B e C) classificadas por espessura após a aplicação dos períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição

Lotes	Períodos de embebição											
	3 horas			6 horas			9 horas			12 horas		
	Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)		
	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95
	cm											
A	15,0 b	18,5 a	16,9 ab	14,9 a	14,3 ab	13,2 b	14,6 a	13,9 ab	12,9 b	10,4 a	11,7 a	11,6 a
B	10,3 a	11,3 a	9,9 a	12,2 a	11,5 a	11,1 a	13,5 b	15,1 a	13,8 ab	12,2 b	13,9 a	12,6 ab
C	10,0 a	9,7 a	11,0 a	7,7 a	8,1 a	7,6 a	9,5 a	9,0 a	8,7 a	9,1 b	10,3 a	8,8 b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Quadro 6. Análise conjunta (lotes A, B e C): dados do teor de água (TA), germinação (G), tetrazólio/vigor (TZ) e comprimentos da raiz (CR) e da plântula (CP) obtidos em sementes de soja classificadas por espessura após a aplicação dos períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição

Lotes	Períodos de embebição											
	3 horas			6 horas			9 horas			12 horas		
	Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)			Espessuras (mm)		
	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95	5,16	5,56	5,95
	cm											
TA (%)	25,3 b	26,7 ab	28,1 a	31,9 b	34,3 a	35,0 a	38,1 c	40,2 b	41,6 a	41,8 c	43,2 b	45,4 a
G (%)	90 a	89 a	84 b	92 a	90 a	85 b	90 a	89 ab	85 b	91 a	89 a	82 b
TZ (%)	74 a	71 ab	67 b	73 a	72 a	69 a	72 a	68 ab	64 b	74 a	74 a	60 b
CR (cm)	6,9 a	7,8 a	7,6 a	6,4 a	6,0 a	5,7 a	6,9 a	7,1 a	6,6 a	5,6 b	6,5 a	5,9 ab
CP (cm)	11,8 a	13,2 a	12,6 a	11,6 a	11,3 a	10,7 a	12,5 a	12,7 a	11,8 a	10,6 b	12,0 a	11,0 ab

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, dentro de cada período de embebição, não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Quadro 7. Ocorrências de superioridades, entre as sementes com diferentes espessuras, verificadas nos testes de avaliação da qualidade fisiológica realizados após os períodos de embebição: número e frequência, obtidos num total de 16 possibilidades (4 testes em 4 períodos de embebição), considerando a análise conjunta dos lotes (Quadro 6), segundo interpretações com base em critério estatístico e em valores absolutos

Espessuras	Critério estatístico		Valores absolutos	
	Ocorrências	Frequência	Ocorrências	Frequência
mm	Número	%	Número	%
5,16 > 5,56	0	0	9	45
5,16 > 5,95	7	35	12	75
5,16 > 5,56 e 5,95	0	0	9	45
5,56 > 5,16	2	12,5	6	37,5
5,56 > 5,95	4	20	16	100
5,56 > 5,16 e 5,95	0	0	6	37,5
5,95 > 5,16	0	0	4	25
5,95 > 5,56	0	0	0	0
5,95 > 5,16 e 5,56	0	0	0	0
5,16 e 5,56 > 5,95	4	20	12	75
5,16 e 5,95 > 5,56	0	0	0	0
5,56 e 5,95 > 5,16	0	0	4	25

Quadro 8. Dados de frequência da presença, por espessura, de sementes de soja (lotes A, B e C) classificadas após a aplicação dos períodos (3, 6, 9 e 12 horas) de embebição

Lotes	Períodos de embebição															
	3 horas				6 horas				9 horas				12 horas			
	Espessuras (mm)				Espessuras (mm)				Espessuras (mm)				Espessuras (mm)			
	5,16	5,56	5,95	6,35	5,16	5,56	5,95	6,35	5,16	5,56	5,95	6,35	5,16	5,56	5,95	6,35
	%															
A	15,5 a	53,8 a	27,6 b	3,1 b	14,1 a	52,5 a	30,2 c	3,2 b	22,2 a	59,9 a	17,6 b	0,3 b	26,9 a	61,3 b	11,8 ab	0,0 a
B	12,6 b	48,2 b	32,8 a	6,4 a	10,1 c	49,2 b	35,0 b	5,7 a	16,9 b	55,8 b	26,3 a	1,0 a	24,8 ab	63,9 a	11,2 b	0,1 a
C	11,5 b	52,4 a	32,4 a	3,7 b	12,1 b	43,8 c	38,8 a	5,3 a	18,1 b	58,0 a	23,4 a	0,5 b	23,0 b	64,2 a	12,7 a	0,1 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Quadro 9. Coeficientes de correlação entre as frequências (%) de presença de sementes, por espessura (Quadro 8), e os testes de germinação (G), de tetrazólio/vigor (TZ), de comprimentos da raiz (CR) e da plântula (CP), de condutividade elétrica (C) e de emergência de plântulas (E) aplicados para a estimativa da qualidade fisiológica inicial dos lotes (Quadro 1)

Períodos de embebição	Espessura	G	TZ	CR	CP	C	E
	mm						
3 horas	5,16	0,4	0,44 *	0,61 **	0,58 **	(-) 0,43 *	0,65 **
	5,56	0,37	0,26	0,18	0,18	0,06	0,27
	5,95	(-) 0,45 *	(-) 0,53 **	(-) 0,53 **	(-) 0,49 *	0,35	(-) 0,60 **
6 horas	5,16	0,3	0,29	0,37	0,37	(-) 0,47 *	0,42 *
	5,56	0,71 **	0,81 **	0,81 **	0,79 **	(-) 0,70 **	0,76 **
	5,95	(-) 0,76 **	(-) 0,74 **	(-) 0,84 **	(-) 0,83 **	0,81 **	(-) 0,79 **
9 horas	5,16	0,27	0,52 **	0,42 *	0,41 *	(-) 0,21	0,44 *
	5,56	0,38	0,41 *	0,16	0,11	(-) 0,34	0,28
	5,95	(-) 0,42 *	(-) 0,57 **	(-) 0,36	(-) 0,33	0,37	(-) 0,45 *
12 horas	5,16	0,51 *	0,56 **	0,57 **	0,57 **	(-) 0,42 *	0,64 **
	5,56	(-) 0,54 **	(-) 0,57 **	(-) 0,42 *	(-) 0,42 *	0,26	(-) 0,54 **
	5,95	(-) 0,1	(-) 0,06	(-) 0,32	(-) 0,33	0,33	(-) 0,26

*, **: Significativos a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

4. CONCLUSÃO

A qualidade fisiológica afeta o teor de água e a espessura alcançados pelas sementes de soja durante a embebição. Assim, há a possibilidade de comparar o desempenho fisiológico relativo de lotes por intermédio dos dados de frequência de espessura em sementes hidratadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 1992. 365p.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. *Principles of seed science and technology*. 3.ed. New York : Chapman & Hall, 1995. 409p.
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. *O teste de tetrazólio em sementes de soja*. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1998. 72p. (EMBRAPA, CNPSo. Documentos, 116).
- HEGARTY, T.W. The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.1, n.1, p.101-119, 1978.
- KIM, Y.H.; KIM, S.D.; HONG, E.H. Properties of soybean seeds during hydration. *Journal of Agricultural Science, Upland and Industrial Crops*, Taejon, v.36, n.1, p.71-75, 1994.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. *Informativo Abrates*, Londrina, v.1, n.2, p.15-59, 1991.
- LEOPOLD, A.C. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiology*, Rockville, v.65, n.2, p.1096-1098, 1980.
- McDONALD, M.B.; VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.E. Soybean seed imbibition: water absorption by seeds parts. *Crop Science*, Madison, v.28, n.6, p.993-997, 1988b.
- MURPHY, J.B.; NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiology*, Rockville, v.69, n.1/3, p.428-431, 1982.
- ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.L. Embebição de água e qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.6, n.2, p.51-66, 1984.
- ROSSETTO, C.A.V.; FERNANDEZ, E.M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.17, n.2, p.171-178, 1995.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. *SAS/STAT: Guide for personal computer version 6*. Cary, 1987. 1028p.
- SHEPHARD, H.L.; NAYLOR, R.E.L. Effect of the seed coat on water uptake and electrolyte leakage of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) seeds. *Annals of Applied Biology*, Cambridge, v.129, n.1, p.125-136, 1996.
- SMITH, M.T; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.) *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, 1995. cap.26, p.701-746.
- SOUZA, F.H.D.; MARCOS-FILHO, J. Physiological characteristics associated with water imbibition by *Calopogonium mucunoides* Desv. seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.21, n.3, p.561-572, 1993.
- SOUZA, F.H.D.; MARCOS-FILHO, J.; NOGUEIRA, M.C.S. Características físicas das sementes de *Calopogonium mucunoides* Desv. associadas à qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água. I. Tamanho. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.18, n.1, p.33-40, 1996.
- VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Coords.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 133-149.
- WOODSTOCK, L.W.; TAO, K.J. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. *Physiologia Plantarum*, Kobenhavn, v.51, n.1, p.133-139, 1981.