

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DANO POR EMBEBIÇÃO EM SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DO
TEOR DE ÁGUA INICIAL, CULTIVAR E LOCAL DE PRODUÇÃO**

MARIANA ZAMPAR TOLEDO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
(Fevereiro - 2008)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DANO POR EMBEBIÇÃO EM SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DO
TEOR DE ÁGUA INICIAL, CULTIVAR E LOCAL DE PRODUÇÃO**

MARIANA ZAMPAR TOLEDO

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Cavariani

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

(Fevereiro - 2008)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Toledo, Mariana Zampar, 1982-
T649d Dano por embebição em sementes de soja em função do teor de água inicial, cultivar e local de produção / Mariana Zampar Toledo. - Botucatu : [s.n.], 2008.
xiii, 68 f. : gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Cláudio Cavariani
Inclui bibliografia

1. Soja. 2. Sementes - Qualidade. 3. Germinação. I. Cavariani, Cláudio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DANO POR EMBEBIÇÃO EM SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DO
TEOR DE ÁGUA INICIAL, CULTIVAR E LOCAL DE PRODUÇÃO”

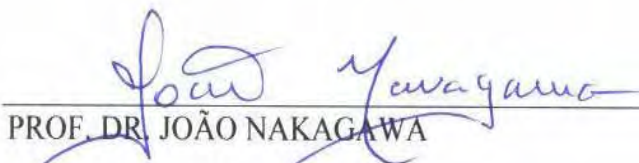
ALUNA: MARIANA ZAMPAR TOLEDO

ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI



PROF. DR. JOÃO NAKAGAWA



PROF. DR. JOSÉ DE BARROS FRANÇA NETO

Data da Realização: 14 de fevereiro de 2008.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Mariana Zampar Toledo, filha de Antonio Lourenço Toledo e Gilce Magali Zampar Toledo, nasceu na cidade de Limeira, estado de São Paulo, no dia 08 de abril de 1982.

Diplomou-se em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu, em 2005.

Em março de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia área de concentração Agricultura, no Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu, obtendo o título de Mestre em fevereiro de 2008.

Aos meus pais, Antonio e Magali

À minha irmã Milena

Ao meu namorado Rodrigo

DEDICO

À toda minha família,

em especial aos meus avós, Laura e Arlindo

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por toda minha vida.

Ao Prof. Dr. Cláudio Cavariani, pela orientação em sete anos de caminhada, pela amizade e ensinamentos.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, pela formação agronômica incomparável no curso de Graduação.

À coordenação do curso de Pós Graduação em Agricultura, pela dedicação e qualidade de ensino.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

À Embrapa SNT-EN.LDB (Embrapa Serviços de Negócios para Transferência de Tecnologia – Escritório de Negócios de Londrina), em especial à Divânia de Lima, pela atenção, sugestões durante a elaboração do projeto e por disponibilizar as sementes para análise.

Ao Prof. Dr. João Nakagawa, sempre presente, pela atenção, disponibilidade e ensinamentos; também pelas valiosas sugestões no ato da Defesa.

À Profa. Dra. Cibele Chalita Martins, pelo apoio e colaboração.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, em especial à Vera, Lana e Valéria, pela amizade e apoio.

À Seção de Pós Graduação, em especial à Marilena, Marlene e Jacqueline.

Aos funcionários da Biblioteca Paulo Carvalho de Matos.

Ao Prof. Dr. Roberto Rodella, pelos ensinamentos e auxílio nas determinações de espessura do tegumento das sementes de soja.

Ao técnico Renato, pela disposição e auxílio nas análises de teor de lignina das sementes de soja.

Ao pessoal do Laboratório de Relação Solo-Planta, pelo auxílio na avaliação do teor de proteína das sementes.

Ao Dr. José de Barros França Neto, do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja) pelas sugestões valiosas anteriormente à elaboração do projeto e no ato da Defesa.

Às amigas do Laboratório de Análise de Sementes, Sandra, Carla, Líbia, Nara, Fabiany e Camila.

Aos amigos, Gustavo, Alexandre e Tatiana, pelos bons momentos e pelo companheirismo desde a Graduação.

À minha mãe, por que graças à ela, sou o que sou.

Ao meu pai, sempre ao nosso lado.

À minha irmã Milena, por ser um presente em minha vida.

À toda família Zampar, pela compreensão, apoio e união, como se fossemos um só.

À tia Luzia e ao tio Sérgio, pela amizade e apoio, sempre.

Ao Rodrigo, pela amizade, companheirismo e por estar presente em todos os momentos da nossa vida.

À Rosa, Carlos e Alessandra, que me acolheram como filha e irmã, pelo apoio e presença constante.

À todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Absorção de água e dano por embebição em sementes.....	3
2.2. Velocidade de absorção de água.....	7
2.2.1. Tegumento das sementes.....	7
2.2.2. Teor de água inicial nas sementes.....	9
2.2.3. Local de produção das sementes.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Obtenção das sementes.....	13
3.2. Avaliações laboratoriais.....	16
3.2.1. Atributos físicos.....	16
3.2.1.1. Teor de água.....	16
3.2.1.2. Massa de cem sementes.....	17
3.2.1.3. Dano mecânico (hipoclorito de sódio).....	17
3.2.1.4. Espessura do tegumento das sementes.....	17
3.2.2. Atributos químicos.....	18
3.2.2.1. Teor de lignina do tegumento das sementes.....	18
3.2.2.2. Teor de proteína das sementes.....	18
3.2.3. Atributos fisiológicos.....	18
3.2.3.1. Teste de germinação.....	18
3.2.3.2. Teste de germinação em areia.....	19
3.2.3.3. Teste de envelhecimento acelerado.....	19
3.2.3.4. Teste de condutividade elétrica.....	19
3.2.3.5. Teste de emergência de plântulas em campo.....	20

3.2.3.6. Índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE).....	20
3.2.3.7. Teste de comprimento de plântulas.....	20
3.2.3.8. Teste de massa de matéria seca de plântulas.....	21
3.2.3.9. Teste de tetrazólio.....	21
3.2.4. Velocidade de hidratação das sementes.....	21
3.2.5. Dano por embebição em sementes de soja.....	22
3.3. Delineamento experimental e análise estatística.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Análise de variância e coeficientes de variação.....	24
4.2. Características das sementes.....	25
4.3. Velocidade de hidratação das sementes.....	38
4.4. Dano por embebição em sementes de soja.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
6. CONCLUSÕES.....	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Dados geográficos dos locais de produção das quatro cultivares de soja.....13
- Tabela 2.** Valores de F e coeficientes de variação dos dados de massa de cem sementes (M100, g), dano mecânico (DM, %), germinação (G, %), germinação em areia (GA, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), viabilidade (TZ₁₋₅, %), emergência de plântulas em campo (EC, %), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), comprimento (CPL, cm) e massa seca de plântulas (MSPL, mg), espessuras da camada paliçádica (CP, μm), hipoderme (H, μm), parênquima lacunoso (PL, μm) e total (ET, μm), teor de lignina do tegumento (LIG, %), índice de velocidade de hidratação (IVH) e teor de proteína (PT, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.....25
- Tabela 3.** Teor de água (TA, %), massa de cem sementes (M100, g) e dano mecânico (DM, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006.....27
- Tabela 4.** Germinação (G, %), germinação em areia (GA, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e viabilidade (TZ₁₋₅, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006.....29
- Tabela 5.** Comprimento (CPL, cm) e massa de matéria seca de plântulas (MSPL, mg), emergência de plântulas em campo (EC, %), índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE), de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006.....31
- Tabela 6.** Espessuras da camada paliçádica (CP, μm), hipoderme (HIP, μm), parênquima lacunoso (PL, μm) e total (ET, μm) e teor de lignina (LIG, %) do tegumento, índice de velocidade de hidratação (IVH) e teor de proteína (PT, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.....34

- Tabela 7.** Coeficientes de correlação linear simples entre os dados de massa de cem sementes (M100), dano mecânico (DM), viabilidade (TZ), germinação (G), germinação em areia (GA), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), comprimento de plântulas (CPL), massa de matéria seca de plântulas (MS), emergência de plântulas em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), espessura total do tegumento (ESP), teor e lignina do tegumento (LIG), índice de velocidade de hidratação (IVH) e teor de proteína (PT). Botucatu-SP, 2007.....37
- Tabela 8.** Teor de água (%) das sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção previamente ao início do processo de absorção. Botucatu, 2006/2007.....39
- Tabela 9.** Acréscimos cumulativos nos teores de água (%) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais e produção em cada hora do processo de absorção de água. Botucatu-SP, 2006/2007.....40
- Tabela 10.** Acréscimos nos teores de água (%) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção em cada hora do processo de absorção de água. Botucatu-SP, 2006/2007.....41
- Tabela 11.** Teor de água (%) das sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção previamente ao ajuste para avaliação de danos por embebição. Botucatu, 2006/2007.....46
- Tabela 12.** Coeficientes de variação e valores de F da análise de variância dos dados de plântulas normais e anormais (%) de diferentes cultivares de soja em função do teor de água inicial e local de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.....46
- Tabela 13.** Plântulas normais (%) de soja em função do teor inicial de água das sementes e cultivar, para diferentes locais de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.....48
- Tabela 14.** Plântulas anormais (%) de soja em função do teor inicial de água das sementes e cultivar, para diferentes locais de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.....51

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados meteorológicos de Mauá da Serra-PR durante o período de produção das sementes de soja. Mauá da Serra-PR, 2005 e 2006.....14
- Figura 2.** Dados meteorológicos de Londrina-PR durante o período de produção das sementes de soja. Londrina-PR, 2005 e 2006.....14
- Figura 3.** Dados meteorológicos de Ponta Grossa-PR durante o período de produção das sementes de soja. Ponta Grossa-PR, 2005 e 2006.....15
- Figura 4.** Dados meteorológicos de Orlandia-SP durante o período de produção das sementes de soja. Orlandia-SP, 2005 e 2006.....15
- Figura 5.** Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Mauá da Serra-PR. Botucatu-SP, 2006 e 2007.....44
- Figura 6.** Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Londrina-PR. Botucatu-SP, 2006 e 2007.....44
- Figura 7.** Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Ponta Grossa-PR. Botucatu-SP, 2006 e 2007.....45
- Figura 8.** Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Orlandia-SP. Botucatu-SP, 2006 e 2007.....45

RESUMO

Sementes de algumas cultivares de soja, produzidas em determinadas regiões, podem apresentar baixa germinação quando avaliadas pelo teste de germinação em papel, em decorrência de altos índices de plântulas anormais, caracterizando os danos por embebição. A absorção demasiadamente rápida de água pelas sementes é a principal causa da ocorrência deste tipo de dano e é influenciada pelo teor de água da semente no momento da instalação do teste e pelas características químicas e físicas das sementes. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito do teor de água inicial de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção na ocorrência dos danos por embebição. As sementes de quatro cultivares de soja de ciclo semi-precoce (Embrapa 48, BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR), produzidas e beneficiadas em quatro diferentes localidades (Ponta Grossa-PR, Londrina-PR, Mauá da Serra-PR e Orlândia-SP), foram analisadas mediante avaliações de teor de água, massa de cem sementes, dano mecânico (hipoclorito de sódio), viabilidade, germinação, germinação em areia, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento e massa de matéria seca de plântulas, emergência de plântulas em campo, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência, índice de velocidade de hidratação e teor de proteína. Também determinou-se o teor de lignina e as espessuras da camada paliçádica, da hipoderme, do parênquima lacunoso e total do tegumento das sementes; quanto à velocidade de hidratação, avaliou-se o teor de água absorvido em cada hora e o comportamento das cultivares em função do tempo, para cada localidade. Para a avaliação do dano por embebição, foram ajustados

teores de 9%, 11%, 13%, 15% e 17% de água das sementes para, então, analisar-se a porcentagem de plântulas normais e anormais resultantes do teste de germinação em comparação àquelas com teores de água originais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições para a determinação do teor de água e do teor de lignina, três repetições para a espessura do tegumento, oito repetições para a determinação da massa de cem sementes e quatro repetições para as demais avaliações. Para a análise estatística foram realizadas análises de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); para a velocidade de hidratação foram ajustadas curvas de respostas, escolhendo-se a significativa com maior coeficiente de determinação; para o dano por embebição, também foi aplicado o teste de Dunnett, comparando-se cada valor médio com uma testemunha com o teor de água original. Com base nos resultados apresentados e discutidos no presente trabalho, concluiu-se que as respostas à elevação do teor de água das sementes na avaliação de dano por embebição são variáveis em função da qualidade das sementes e da cultivar e que o dano por embebição não é detectado em sementes com teores de água iguais ou superiores a 15%.

Palavras-chave: *Glycine max*, qualidade fisiológica, tegumento, velocidade de hidratação

IMBIBITION DAMAGE IN SOYBEAN SEEDS AS AFFECTED BY INITIAL MOISTURE, CULTIVAR AND LOCATION OF PRODUCTION. Botucatu, 2008. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: MARIANA ZAMPAR TOLEDO

Adviser: CLÁUDIO CAVARIANI

SUMMARY

Seeds of some soybean cultivars, produced in certain regions, can show low germination when evaluated by the paper towel germination test, due to production of high percentages of abnormal seedlings, typical of imbibition damage. The fast water uptake by seeds is the main cause for the occurrence of this kind of damage and it is influenced by seed moisture content at the time of the installation of the test and by chemical and physical characteristics of the seeds. The present research had the objective of evaluating the effect of the initial seed moisture content from different soybean cultivars and location of production on the expression of the imbibition damage. Seeds from four soybean cultivars (Embrapa 48, BRS 184, BRS 232 and BRS 245RR), produced and processed in four different locations (Ponta Grossa-PR, Londrina-PR, Mauá da Serra-PR and Orlandia-SP), were evaluated by the following tests: seed moisture content, weight of 100 seeds, mechanical damage (sodium hypochlorite), viability, germination, germination in sand, accelerated aging, electrical conductivity, seedling length and dry mass, seedling field emergence, speed of emergence-index, speed of emergence, speed of hydration-index and seed protein content. Seed coat lignin content and the palisade layer, hypodermic layer, lacunary parenchyma and total seed coat thickness were also determined; for the speed of hydration, seed moisture uptake in each hour was evaluated and the behavior of the cultivars was analyzed as a function of the time, for each location. For the evaluation of the imbibition damage, seed moistures of 9%, 11%, 13%, 15% and 17% were adjusted; then, the percentage of normal and abnormal seedlings in the germination test was analyzed in comparison to seeds with the original moisture. The experimental design used was the completely randomized, with two replications

for seed moisture and lignin content, three for the seed coat thickness, eight for the weight of 100 seeds and four for the other evaluations. Variance analysis and mean comparison through the Tukey test ($P \leq 0.05$) were applied for statistical analysis; for the speed of hydration, equations were adjusted, and the significant ones with higher determination coefficient were chosen; for the imbibition damage, it was also applied the Dunnet test, which compared each mean value to a control with the original moisture. It was concluded that there are variable answers for the increase of seed moisture affected by cultivar and seed quality and that the imbibition damage is not detected in seeds with moisture content equal or higher than 15%.

Key words: *Glycine max*, physiological quality, seed coat, speed of hydration

1. INTRODUÇÃO

Problemas de baixa germinação podem ocorrer em sementes de algumas cultivares de soja, produzidas em determinadas regiões, quando avaliadas pelo teste de germinação em papel, em decorrência de altos índices de plântulas anormais. As anormalidades, especificamente relacionadas ao desenvolvimento da radícula, e muitas vezes confundidas com efeitos de danos mecânicos, são decorrentes de absorção excessivamente rápida da água presente no substrato. Em consequência, há rejeição de lotes com elevada qualidade fisiológica, se ocorrer este fato.

No início do processo de absorção de água, verifica-se a liberação de exsudados da semente para o meio, decorrente da desorganização do sistema de membranas, ocorrência característica de danos por embebição. Sementes de soja são extremamente suscetíveis a este tipo de dano e vários fatores o determinam e o grau em que ocorre, geralmente relacionados com a velocidade de absorção de água pela semente. Em condições de plena disponibilidade hídrica, as sementes, principalmente as mais secas, podem absorver água muito rapidamente e ocasionar rupturas em seus tecidos, com conseqüentes prejuízos à germinação.

As anormalidades observadas no teste de germinação em papel não são verificadas na mesma intensidade quando o teste é realizado em areia e, nestas condições, há aumento da germinação pela redução significativa na porcentagem de plântulas anormais. Essa elevação da germinação é, também, observada quando as sementes têm seus teores de água

elevados antes da semeadura. Assim, a expressão do dano está relacionada ao teor de água inicial da semente. Teores de água mais elevados contribuem para a diminuição da velocidade de absorção de água e, conseqüentemente, dos danos por embebição, ao minimizar os efeitos causados pela diferença acentuada entre os potenciais hídricos da semente e do meio.

O tegumento das sementes também exerce papel importante no processo de absorção de água. A permeabilidade das membranas celulares deste tecido de cobertura pode variar devido à diferenças em espessura e composição, características de cada cultivar, e influenciar o controle da velocidade de embebição. A espessura da testa de uma semente apresenta variações entre espécies e até mesmo entre cultivares; porém, é ressaltado ser esta característica física uniforme dentro de cada espécie e cultivar e controlada geneticamente. A variação no conteúdo de lignina no tegumento da semente tem relação com o processo de embebição, pois a alta lignificação do tegumento dificulta a perda de substâncias que podem ser lixiviadas da semente.

Existem regiões mais adequadas do que outras para a produção de sementes de soja de melhor qualidade fisiológica, sendo constatados comportamentos diferenciados para cada cultivar. Modificações no conteúdo químico das sementes de soja de diferentes origens, especificamente na composição protéica, estão relacionadas à sua característica hidrofílica. A afinidade desses componentes com a água pode determinar o grau de ocorrência dos danos por embebição, acelerando ou retardando o processo de absorção de água pela semente.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do teor de água inicial das sementes de diferentes cultivares de soja e locais de produção na ocorrência dos danos por embebição quando do teste de germinação em papel.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Absorção de água e dano por embebição em sementes

A água participa dos principais eventos que garantem a continuidade da espécie, destacando-se, dentre eles, o processo de germinação. Este processo compreende uma série programada de reações de hidrólise e de síntese de novos tecidos, exigindo plena disponibilidade hídrica. A água na germinação é, resumidamente, fundamental por, pelo menos, três motivos: para a atividade enzimática; para a solubilização e transporte de reservas; e como reagente em si, principalmente na digestão hidrolítica das substâncias de reserva armazenadas nas sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Para que uma semente germine, é necessário que o meio forneça água para ativação das reações bioquímicas relacionadas ao metabolismo e, assim, ocorra a retomada do processo do desenvolvimento do embrião paralisado na maturidade fisiológica. Sementes de soja são ortodoxas e, portanto, durante a maturação ocorre redução do teor de água até que atinjam um estado de repouso, quando os tecidos estão dessecados; posteriormente, as atividades metabólicas da semente se aceleram à medida que há absorção de água. A embebição é um processo físico relacionado com as propriedades dos colóides e ocorre tanto em sementes vivas quanto mortas (MAYER & MAYBER, 1978; COPELAND & McDONALD, 1995).

Sob condições ideais de suprimento de água, a absorção pelas sementes obedece a um padrão trifásico. Na fase I, denominada embebição, ocorre uma rápida entrada de água, em função da grande diferença de potencial entre as sementes e o substrato, independentemente do estado fisiológico das sementes. Na fase II, a velocidade de absorção de água se torna mais lenta, tendendo para o equilíbrio entre os potenciais; ocorrem diversas reações metabólicas preparatórias à emergência da raiz primária. Na fase III, com o metabolismo ativado e em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, ocorre uma redução no potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção de água do meio (BEWLEY & BLACK, 1994).

Os estágios iniciais de absorção de água pela semente caracterizam um período em que a semente passa de um estado praticamente anidro para outro completamente hidratado e, nesta fase, as membranas não agem como barreiras antilixiviação. Elevado teor de água é observado em sementes de soja, especificamente durante a maior parte do período de desenvolvimento junto à planta mãe. De acordo com Egli & TeKrony (1993), o teor de água de 80% declina para 55% na maturidade fisiológica e, rapidamente, atinge valores inferiores a 15%, fase em que a colheita é realizada. A germinação de sementes de soja é iniciada quando apresentam de 50 a 55% de água. Assim, esta considerável diferença no teor de água necessário para que o processo ocorra pode resultar em danos, se a embebição for demasiadamente rápida.

O processo de absorção de água pelas sementes envolve reorganização considerável dos constituintes celulares. À medida que se hidrata, a sensibilidade da semente à embebição rápida eleva-se, podendo ocorrer liberação de solutos e de macromoléculas de maneira profusa ou reiniciar o metabolismo de maneira defeituosa. Estresses durante a embebição, devido à grande diferença de potenciais hídricos entre a semente e o meio fornecedor de água, interferem no restabelecimento das organelas celulares, principalmente das membranas (MARCOS FILHO, 2005).

Observações efetuadas por Alpert & Oliver (2002) contribuíram para elucidar o fenômeno dos danos durante a embebição. As membranas possuem dois estados principais: mais fluido ou “cristalino líquido” e menos fluido ou “gel”. As membranas, quando organizadas, permanecem na fase cristalina; portanto, em uma semente mais seca, permanecem na fase de gel e não constituem barreira eficiente para conter a liberação de

solutos. Se as sementes são expostas à embebição rápida, a água penetra antes que a membrana possa ser revertida para a fase cristalina líquida, ocorrendo danos às células; assim, a transição entre essas duas fases na configuração da membrana constitui a causa fundamental das possíveis injúrias durante a embebição.

A hidratação controlada vem sendo utilizada em leguminosas para sementes altamente sensíveis aos danos durante a embebição rápida, objetivando melhorar o desempenho destas (POWELL, 1998) através da alteração do teor de água das sementes.

Armstrong & McDonald (1992) e Vasquez (1995) observaram menor lixiviação de eletrólitos em sementes com teores de água elevados ajustados através de atmosfera úmida, comparada à sementes com grau de umidade original, fato atribuído aos efeitos da ativação de mecanismos de reparo das membranas; estas, mais organizadas em relação às mais secas, dificultaram a lixiviação de solutos para o meio. França Neto et al. (1998a), em pesquisa para avaliar a sensibilidade de sementes de diversas cultivares de soja aos danos durante a embebição no teste de germinação, verificaram variação entre cultivares na resposta à elevação do teor de água. Também Puteh et al. (1995) verificaram incremento da germinação em sementes de soja com teores ajustados de água.

O grau de umidade das sementes superior a 25% é considerado fundamental para a manutenção da integridade do sistema de membranas. Quando inferior a este valor, há redistribuição das moléculas, formando espécies de canais e, assim, a rápida embebição acarreta a liberação de exsudados (MARCOS FILHO, 2005).

A elevação do teor de água das sementes utilizando-se caixas plásticas com tela (“gerbox”), mais comuns no teste de envelhecimento acelerado, antes da realização do teste de germinação, tem sido adotada para superar problemas de predisposição das sementes ao dano por embebição devido ao baixo teor de água nas sementes (FRANÇA NETO et al., 2007).

A metodologia utilizada no ajuste dos teores de água é de extrema importância, pois não devem ocorrer injúrias durante a embebição e as membranas e componentes estruturais das células devem se reorganizar durante esta etapa. A possibilidade de reestruturação do sistema de membranas determina a manutenção da permeabilidade seletiva; as membranas organizadas não permitem a entrada de água e a liberação excessiva de exsudados celulares.

Em trabalhos de ajuste do teor de água das sementes, os resultados têm sido satisfatórios quando empregada a técnica da atmosfera controlada, apesar do período prolongado de tempo necessário para atingir os teores de água pretendidos (ROSSETTO et al., 1995). A técnica consiste na colocação de água no fundo de caixas plásticas (“gerbox”), utilizadas normalmente no teste de envelhecimento acelerado, e de sementes sobre tela sem contato direto com a água. As caixas são mantidas em temperatura controlada e as massas das sementes são determinadas sucessivamente, até atingirem aquela correspondente ao teor de água desejado. Rossetto et al. (1995) verificaram em soja, que os melhores resultados são obtidos quando se utiliza o umedecimento através da referida técnica, à temperatura de 20°C, que torna o processo de absorção de água mais lento.

Com anuência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Centro Nacional de Pesquisa de Soja, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), desenvolveu uma metodologia alternativa para o teste de germinação de sementes de soja, que inclui a colocação das sementes, por 16 horas a 25°C, em caixas plásticas para elevar o teor de água, anteriormente à instalação do teste (TECNOLOGIAS, 2006a; 2006b). França Neto et al. (1997) observaram incrementos de até 38,5% na germinação de sementes de soja suscetíveis ao dano por embebição após a utilização desta técnica. França Neto et al. (1998c) verificaram reaproveitamento de 27,8% dos lotes avaliados, sendo possível minimizar o descarte devido à elevação da porcentagem de plântulas normais verificado no teste de germinação. A metodologia baseia-se no fato de que os danos por embebição não são mais expressados quando o teor de água das sementes é igual ou superior a 15% (FRANÇA NETO et al., 1998b); porém, deve-se considerar que o tempo necessário para que a semente atinja determinado teor de água depende da quantidade de água inicial da semente e da metodologia empregada.

A resposta positiva à elevação do teor de água é caracterizada quando há, concomitantemente, incrementos na germinação de pelo menos 6% e redução efetiva de 6% ou mais no percentual de plântulas anormais após o tratamento (FRANÇA NETO et al., 1998a). Cabe salientar, todavia, a importância de verificação da compatibilidade entre os resultados obtidos com os do teste de tetrazólio e/ou teste de emergência em areia, condição na qual os danos não se manifestam com a mesma intensidade (FRANÇA NETO & HENNING, 1992).

2.2. Velocidade de absorção de água

A absorção de água é essencial para a retomada de atividades metabólicas de sementes ortodoxas após a maturidade e, portanto, desempenha papel fundamental no processo de germinação. As referências aos fatores interferentes na ocorrência dos danos por embebição em sementes de soja dizem respeito, principalmente, àqueles que afetam a velocidade e a intensidade do processo de penetração de água.

A velocidade de absorção de água é influenciada quando há modificação das condições de ambiente, mas a quantidade máxima de água absorvida não se altera, pois é uma propriedade dos colóides hidrofílicos da semente, condicionada pela maturação e/ou pelo armazenamento (LABOURIAU, 1983).

Durante a fase inicial do processo de germinação das sementes, ocorre reparo dos componentes celulares; há reorganização das membranas celulares e restabelecimento da permeabilidade seletiva, que evita a exsudação excessiva de eletrólitos. Assim, os danos provocados pela embebição rápida podem constituir em causa adicional à redução da emergência de plântulas, pois é a velocidade de reorganização do sistema de membranas que reflete o vigor das sementes (TILDEN & WEST, 1985).

De acordo com Vertucci (1989), a velocidade de penetração de água é controlada basicamente pelo teor de água na semente, temperatura ambiente e taxa de absorção de água. Este fator não depende apenas do ambiente e inclui características intrínsecas da semente, provavelmente relacionadas à qualidade fisiológica. Também, Popinigis (1985) fez referência aos fatores que condicionam a velocidade de absorção de água, dentre eles as características morfológicas e composição química do tegumento, o teor de proteína da semente e o teor de água da semente no início do processo de absorção de água.

2.2.1. Tegumento das sementes

A qualidade da semente, definida como sendo o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, é um dos principais fatores na

determinação do sucesso de uma cultura (VIEIRA, 1980). Esses atributos são, em grande parte, reflexos das funções do tegumento da semente de soja (SILVA, 2003).

O tegumento das sementes exerce papel importante no processo de germinação, pois é um fator regulador do processo de absorção de água (CALERO et al., 1981; McDONALD et al., 1988a). Quando esta é impedida, em virtude da impermeabilidade do tegumento, a germinação não ocorre (BRADFORD, 1995). Quando permite a entrada de água na semente, algumas características morfológicas do tegumento podem influenciar o tempo de penetração da água pela interferência exercida no mecanismo de controle de troca de umidade (COSTA et al., 1994). McDonald et al. (1988b) constataram em soja atenuação, pelo tecido de cobertura, da regulação da passagem de água durante as primeiras oito horas do processo de absorção de água; após este período, o tegumento torna-se totalmente permeável e pode, inclusive, servir como reservatório de água para uso do eixo embrionário.

A diversidade de características do tegumento de sementes existente nos diferentes genótipos sugere influência deste fator nos resultados de testes qualitativos relacionados à composição e permeabilidade das membranas (VIEIRA et al., 1996). Costa et al. (2002) constataram diferença na velocidade de absorção de água entre diferentes cultivares de soja.

Existem indicativos de diferenças na condutividade elétrica entre cultivares de soja estar relacionadas a variações no conteúdo de lignina no tegumento das sementes (PANOBIANCO et al., 1999). Este conteúdo, que influencia o grau de resistência à danos mecânicos, indica que a alta lignificação do tegumento torna difícil o processo de absorção de água e a perda de substâncias que podem ser lixiviadas da semente (ALVAREZ, 1994; TAVARES et al., 1986).

Diferenças no teor de lignina entre genótipos de soja, avaliadas pelo teste de condutividade elétrica, foram observadas por Alvarez (1994). Também Panobianco et al. (1999), estudando fatores que afetam a condutividade elétrica em sementes de soja, concluiu ser o genótipo de soja fator influenciador da interpretação dos resultados deste teste, em função do teor de lignina no tegumento da semente. Por sua vez, não está devidamente esclarecida a existência de correlação entre o teor de lignina e a espessura da testa (TAVARES et al., 1987).

Dentre as características morfológicas do tegumento das sementes, a espessura da testa apresenta variações entre espécies e entre cultivares em uma mesma espécie. Esta característica física é uniforme em sementes de uma mesma espécie ou cultivar e tem controle genético. Maior espessura em alguns genótipos contribui com a impermeabilidade do tegumento, sendo que a água tem maior distância a percorrer. Assim, a absorção lenta de água pela testa provoca hidratação lenta das estruturas cotiledonares. Segundo Caviness & Simpson (1974), a espessura do tegumento das sementes de soja varia de 70 a 100 μm .

McDonald et al. (1988b) afirmaram, considerando que as sementes absorvem aproximadamente 80% de água nas primeiras três horas, que a espessura do tegumento da semente é um fator relevante. Em sementes de soja sob condições de absorção mais lenta de água, o tegumento inicialmente retarda a penetração, mas gradualmente facilita o movimento da água até o embrião, permitindo que ambos os cotilédones se hidratem de maneira uniforme. Desta maneira, o tegumento desempenha papel de reservatório de água para os estágios iniciais da germinação e contribui para a manutenção do teor de água adequado (McDONALD et al., 1988a, b).

2.2.2. Teor de água inicial nas sementes

Diferenças acentuadas de potenciais hídricos entre a semente e o meio úmido podem provocar, devido à absorção rápida de água, prejuízos à germinação. Sementes de soja com teores de água inferiores a 11% são mais sensíveis às injúrias (SIMON & RAJA-HARUM, 1972). Outros autores reportaram 13% de água como o grau de umidade abaixo do qual ocorrem danos por embebição, enquanto que em teores acima de 17% não é observado este fato (HOBBS & OBENDORF, 1972; OBENDORF & HOBBS, 1970).

França Neto & Krzyzanowski (1993) referiram-se a diversos trabalhos realizados no sentido de determinar a quantidade ideal de água na semente, com o intuito de minimizar os efeitos do dano por embebição que ocorrem em algumas cultivares suscetíveis. Enfatizaram, ainda, a importância da adoção de metodologias adequadas visando à diminuição de descarte, por este motivo, dos lotes de sementes com elevada qualidade.

Em estudo sobre diferentes teores de água e seus efeitos sobre o desempenho de sementes de soja, Rossetto (1995) observou diminuição da velocidade de absorção de água e dos danos por embebição com o aumento do teor de água das sementes; a germinação e a emergência de plântulas também podem ser favorecidas.

Rossetto et al. (1997) verificaram maior lixiviação de eletrólitos, após as primeiras seis horas de absorção em sementes com menor teor de água, em relação às mais úmidas, concordando com as observações de Parrish & Leopold (1977).

Para Luzzatt & Hudson (1962), as sementes com baixos teores de água apresentam conformação hexagonal dos fosfolipídios que compõem as membranas, o que permite a perda indiscriminada de substâncias do interior das células. Contrariamente, com a elevação do teor de água das sementes ocorre redução da velocidade de hidratação e possibilidade de reorganização metabólica a nível celular (SIMON & MILLS, 1983).

França Neto et al. (2007) constataram a importância do teor de água da semente na ocorrência do dano por embebição. Na safra 2007/2008, devido à escassez de chuvas e baixas umidades relativas do ar que predominaram no inverno e na primavera em diversas regiões do Brasil, tendo sido comum o registro de baixos graus de umidade de sementes de soja armazenadas, muitas vezes inferior a 9%. Como destacado anteriormente, os danos por embebição são influenciados pela diferença acentuada entre o potencial hídrico da semente e do substrato e baixos teores de água da semente contribuem para a absorção demasiadamente rápida de água.

Segundo relato de França Neto et al. (1993), nas safras antecedentes a 1993, sementes de soja de algumas cultivares produzidas em determinadas regiões do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e do Mato Grosso do Sul apresentaram problemas de baixa germinação, quando avaliadas pelo teste de germinação recomendado em rolos de papel toalha, mantidos em câmaras de germinação a 25°C, durante um período de 8 dias. Sementes de algumas cultivares apresentaram suscetibilidade ao dano por embebição quando semeadas em papel, ao passo que em solo ou em areia a emergência de plântulas foi significativamente maior. Tais danos foram caracterizados pela ocorrência de radículas primárias anormais, intumescidas e pouco desenvolvidas, anormalidades confundidas, num primeiro momento, com danos mecânicos, e não confirmados, na maioria dos casos, pelo teste de tetrazólio. As

anormalidades referidas são freqüentes em algumas cultivares, como BR-16, Embrapa 48, Embrapa 63 (Mirador) e FT-Jatobá (FRANÇA NETO et al, 1997).

2.2.3. Local de produção das sementes

Vários trabalhos têm mostrado que o conteúdo de proteínas no tecido de reserva das sementes é um fator na determinação de seu nível de vigor; quanto maior esse conteúdo, melhor o desempenho das sementes (RIES, 1971; LOWE & RIES, 1972; LOPEZ & GRABE, 1973; RIES & EVERSON, 1973). Frequentemente, a origem ou local de produção tem sido relacionada entre os fatores que influenciam a composição química de sementes. Fernandes et al. (1983) afirmaram que as regiões mais propícias para produção de sementes de soja são aquelas que induzem modificações em sua composição química quantitativa de sorte a aumentar os conteúdos de carboidratos solúveis e N-aminoácidos, e a reduzir o de lipídios.

A primeira referência ao efeito da origem das sementes foi apresentada em 1927, por Iwanoff, citado por Mayer & Mayber (1978). De acordo com o autor, o local onde a semente é produzida pode determinar grande modificação na sua composição química quantitativa.

Considerando a absorção de água, especificamente para sementes de soja, tem sido observado melhor desempenho da semente tanto quanto menor o conteúdo protéico (CARVALHO et al., 1977; TEIXEIRA et al., 1979), já que são as proteínas as principais responsáveis pelo fenômeno da absorção de água, devido à sua natureza hidrofílica (ROCHA et al., 1990). Os principais componentes químicos das sementes responsáveis pelo processo de penetração de água são as proteínas e, em menor intensidade, a celulose e as substâncias pécticas; o amido e os lipídios apresentam interferência reduzida no processo (MAYER & MAYBER, 1978; COPELAND & McDONALD, 1995).

As variações no conteúdo dos componentes químicos das sementes de soja são amplas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Além do local de produção, alguns autores também atribuem à definição da composição química da semente de soja a fatores genéticos, mas que podem sofrer influências ambientais durante a sua produção (BURTON et al., 1995; WESTGATE et al., 1995).

Carvalho et al. (1977) e Fernandes et al. (1983) destacaram a existência de regiões mais adequadas do que outras, considerando a qualidade fisiológica, para a produção de sementes de soja; estes autores demonstraram superioridade qualitativa de sementes de soja produzidas no Rio Grande do Sul em relação às produzidas no estado de São Paulo. Também Maeda et al. (1983) constataram diferenças significativas quanto ao vigor de sementes de soja de diferentes cultivares produzidas em localidades distintas.

Em estudo realizado por Costa et al. (2003), foi constatado declínio acentuado da germinação, do vigor e da viabilidade de sementes de soja armazenadas provenientes das regiões norte e oeste do Paraná, de Goiás e de Minas Gerais e melhor qualidade fisiológica das sementes oriundas da região sul do Paraná e do Rio Grande do Sul. Estes resultados foram concordantes aos obtidos por Costa et al. (2001) e França Neto et al. (1994), que revelaram elevada qualidade fisiológica de sementes de soja oriundas destas mesmas localidades, quando comparadas com as de outras regiões produtoras do Brasil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção das sementes

As sementes de quatro cultivares de soja de ciclo semi-precoce (Embrapa 48, BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR), produzidas e beneficiadas em quatro diferentes localidades (Ponta Grossa-PR, Londrina-PR, Mauá da Serra-PR e Orlândia-SP), na safra 2005/2006, foram cedidas pela Embrapa SNT-EN.LDB (Embrapa Serviços de Negócios para Transferência de Tecnologia – Escritório de Negócios de Londrina), situada em Londrina-PR. Na Tabela 1 são apresentadas as coordenadas geográficas de cada local de produção (BRASIL, 2006b) e nas Figuras 1, 2, 3 e 4 os dados de temperaturas e de precipitações pluviiais durante o período de cultivo, obtidos através de estações meteorológicas próximas ou nos locais de produção das sementes (BRASIL, 2006a).

Tabela 1. Dados geográficos dos locais de produção das quatro cultivares de soja.

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Mauá da Serra	23° 54' 05" S	51° 13' 46" W	1020
Londrina	23° 18' 37" S	51° 09' 46" W	585
Ponta Grossa	25° 05' 42" S	50° 09' 43" W	969
Orlândia	20° 43' 13" S	47° 53' 12" W	695

Fonte: BRASIL, 2006b.

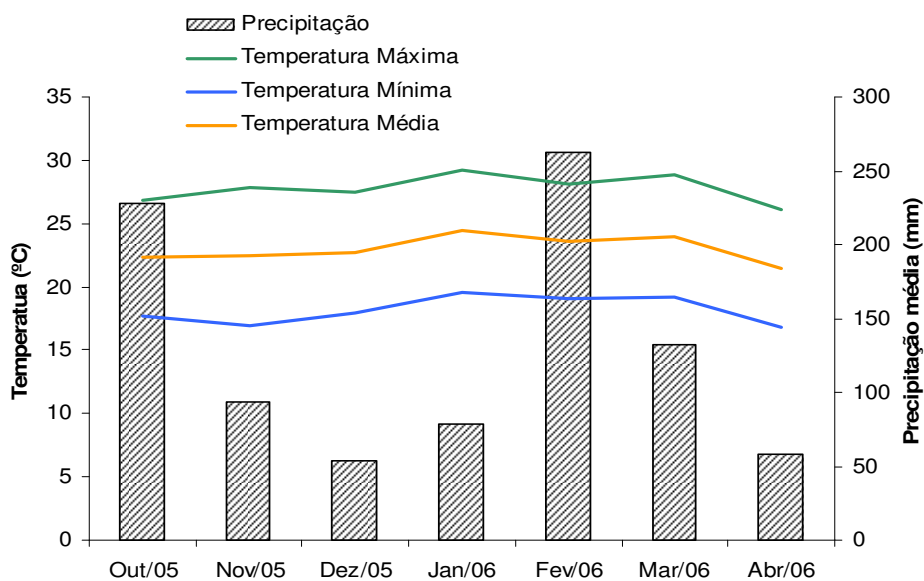


Figura 1. Dados meteorológicos mensais de Mauá da Serra-PR durante o período de produção das sementes de soja. Mauá da Serra-PR, 2005 e 2006.

Fonte: BRASIL, 2006a.

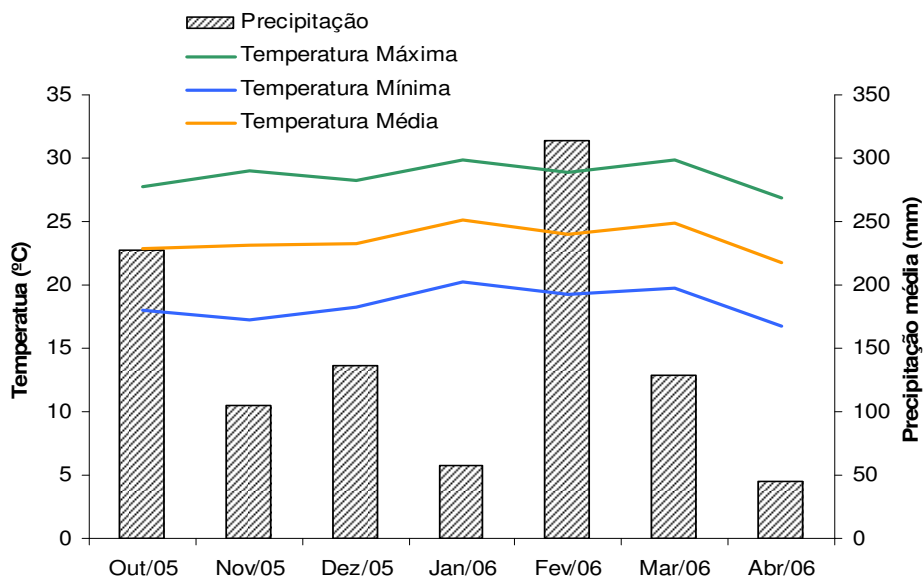


Figura 2. Dados meteorológicos mensais de Londrina-PR durante o período de produção das sementes de soja. Londrina-PR, 2005 e 2006.

Fonte: BRASIL, 2006a.

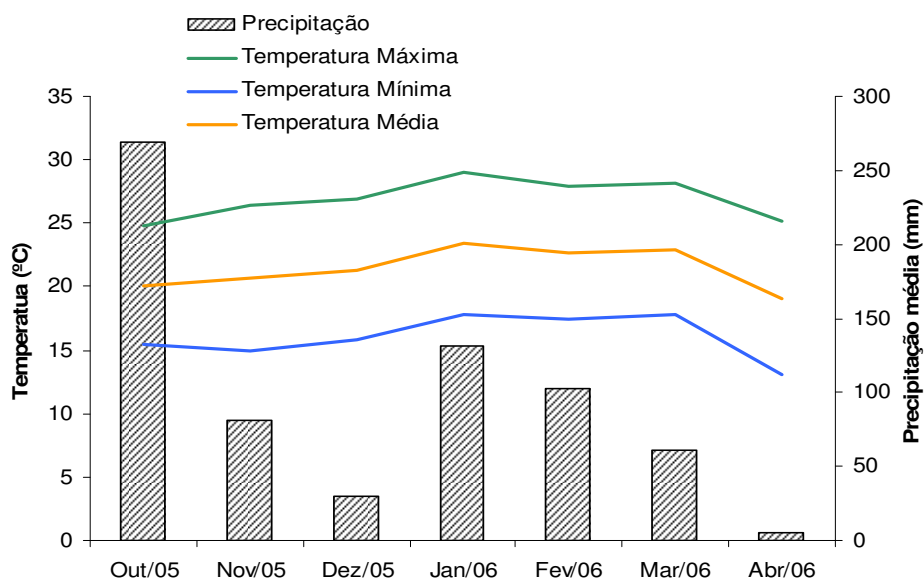


Figura 3. Dados meteorológicos mensais de Ponta Grossa-PR durante o período de produção das sementes de soja. Ponta Grossa-PR, 2005 e 2006.

Fonte: BRASIL, 2006a.

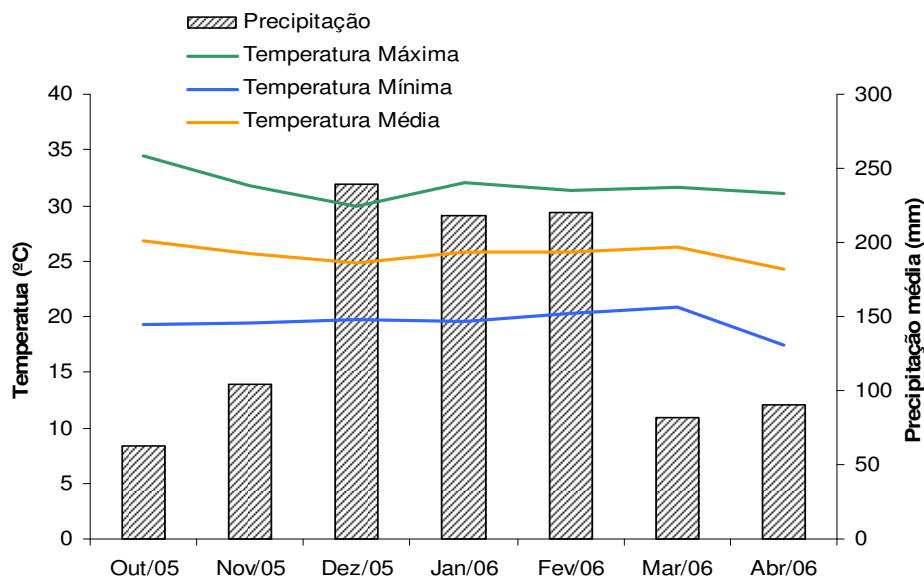


Figura 4. Dados meteorológicos mensais de Orlandia-SP durante o período de produção das sementes de soja. Orlandia-SP, 2005 e 2006.

Fonte: BRASIL, 2006a.

Para uniformizar o tamanho das sementes, com o objetivo de eliminar o efeito desta característica nas avaliações da qualidade fisiológica, as sementes dos diferentes tratamentos foram classificadas mediante agitação em peneiras manuais de crivos oblongos, de dimensões 16/64'' x 3/4'', 15/64'' x 3/4'', 14/64'' x 3/4'' e fundo (respectivamente, 6,350 x 19,050mm; 5,953 x 19,050mm; 5,556 x 19,050mm e fundo). A reunião das sementes retidas nas peneiras citadas, com exceção do fundo desconsiderado na análise, constituíram a amostra utilizada nas avaliações (BECKERT et al., 2000).

As sementes, acondicionadas em embalagens de papel multifoliado, foram transportadas para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, campus de Botucatu-SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, onde foram mantidas sob condição de ambiente natural (sem controle da temperatura e da umidade relativa do ar) durante o período das análises.

As sementes foram caracterizadas por seus atributos físicos, químicos e fisiológicos logo após a chegada do material em Botucatu-SP, em maio de 2006, para, a seguir, determinar-se a velocidade de absorção de água e avaliar os danos por embebição em sementes com diferentes teores de água.

3.2. Avaliações laboratoriais

3.2.1. Atributos físicos

3.2.1.1. Teor de água

Nesta avaliação foram empregadas duas repetições de 20 sementes cada e o método da estufa elétrica de desidratação, sem ventilação forçada, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas, conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.2.1.2. Massa de cem sementes

Para o cálculo da massa de cem sementes, oito repetições de 100 sementes por tratamento foram contadas e tiveram suas massas determinadas, conforme adaptação de instruções contidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.2.1.3. Dano mecânico (hipoclorito de sódio)

Realizada de acordo com Krzyzanowski et al. (2004), a avaliação dos danos mecânicos em soja constou da utilização de quatro repetições de 50 sementes por tratamento, imersas durante 10 minutos numa solução diluída de hipoclorito de sódio, concentração de 0,2%. Posteriormente, fez-se a eliminação do excesso da solução e distribuição das sementes sobre folhas de papel toalha para contagem do número de sementes intumescidas (danificadas). Os resultados foram expressos em porcentagem média por amostra.

3.2.1.4. Espessura do tegumento das sementes

Na avaliação do tegumento utilizou-se três sementes de cada tratamento que, após seccionadas transversalmente, foram embebidas em glicerina pura por aproximadamente 24 horas para amolecimento dos tecidos esclerificados do tegumento (ARANTES et al., 1994; GIURIZATTO et al., 2003). As sementes foram então transferidas para uma solução fixadora e para uma sucessão de soluções de álcool com diluições gradativas (70%, 90%, 95%, 99% e álcool absoluto, respectivamente) para eliminar a água presente e, concomitantemente, evitar o rompimento dos tecidos. As amostras foram infiltradas com historresina (GERRITS, 1991), seccionadas transversalmente com micrótomo rotatório com 8µm de espessura, coradas com azul de toluidina 0,05% (O'BRIEN et al., 1964) e montadas entre lâminas e lamínulas em resina sintética. As espessuras da camada paliçádica, da hipoderme, do parênquima lacunoso e total do tegumento foram determinadas na região mediana do tegumento, entre o hilo e a extremidade oposta, por meio de mesa digitalizadora

usando-se um programa computacional específico, sendo expressas em μm (SOUZA et al., 2005).

3.2.2. Atributos químicos

3.2.2.1. Teor de lignina do tegumento das sementes

O procedimento para avaliação do teor de lignina consistiu em dispor, inicialmente, sementes de cada tratamento imersas em água até que fosse possível separar o tegumento dos cotilédones. Posteriormente, os tegumentos foram mantidos em estufa a 80°C até atingirem massa constante e resfriados em um dessecador. Duas repetições de 0,3g de tegumento por tratamento, previamente moídos, foram utilizadas para determinação da porcentagem de lignina, conforme descrito por Van Soest & Wine (1968), determinando-se anteriormente as concentrações de fibra de detergente ácido e de hemicelulose.

3.2.2.2. Teor de proteína das sementes

Para a verificação do teor de proteína das sementes, quatro repetições de 0,1g por amostra foram utilizadas para cada tratamento. O teor de proteína foi determinado a partir do conteúdo de nitrogênio total da semente, determinado pelo método micro-Kjeldhal, utilizando o fator 6,25 para converter o nitrogênio em proteína (AOAC, 1990).

3.2.3. Atributos fisiológicos

3.2.3.1. Teste de germinação

O teste de germinação foi instalado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, que foram dispostas em rolos de papel toalha, umedecidos com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos confeccionados permaneceram acondicionados dentro de sacos plásticos de 0,033mm de espessura fechados, para evitar a desidratação, e então levados para um germinador regulado à

temperatura alternada 20-30°C por 8 dias. A avaliação constou de duas contagens, aos 5 e aos 8 dias, de acordo com os critérios estabelecidos por Brasil (1992).

3.2.3.2. Teste de germinação em areia

O teste de germinação em areia foi realizado conforme instruções constantes em Brasil (1992); para tanto, quatro repetições de 50 sementes por tratamento foram semeadas, a 3cm de profundidade, em caixas plásticas contendo, como substrato, areia de textura média, lavada e esterilizada em estufa a 105°C, umedecida a 60% da sua capacidade de retenção de água. As caixas foram mantidas em germinadores regulados à temperatura alternada 20-30°C por 8 dias; ao final deste período, o número de plântulas normais foi contado para cada repetição, calculando-se a porcentagem média de germinação.

3.2.3.3. Teste de envelhecimento acelerado

Conforme metodologia descrita por Marcos Filho (1999), o teste de envelhecimento acelerado consistiu na disposição das sementes de cada tratamento sobre tela no interior de caixas plásticas de 11 x 11 x 3,5cm (“gerbox”), em camada única, sem entrarem em contato com os 40mL de água destilada contidos no fundo. As caixas foram fechadas e mantidas no interior de sacos plásticos a 42°C por 72 horas em câmara de envelhecimento Hitachi modelo MT10. Imediatamente após o término do período de envelhecimento, sobre papel toalha, quatro repetições de 50 sementes foram avaliadas quanto à porcentagem de germinação como descrito no item 3.2.3.1, porém com apenas uma contagem, aos 5 dias da instalação do teste. Após o período de envelhecimento foi determinado o teor de água como descrito no item 3.2.1.1.

3.2.3.4. Teste de condutividade elétrica

A avaliação da condutividade elétrica consistiu da disposição de quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, com massas conhecidas, em recipientes plásticos com capacidade de 200 mL, adicionando-se 75 mL de água destilada. Os recipientes

foram mantidos em germinador regulado a 25°C por 24 horas para, a seguir, proceder-se leitura com condutivímetro (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). O resultado foi obtido em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, dividindo-se a leitura verificada pela massa das sementes.

3.2.3.5. Teste de emergência de plântulas em campo

O teste de emergência de plântulas em campo foi realizado utilizando-se 200 sementes por tratamento, distribuídas em quatro repetições de 50 sementes, semeadas em sulcos de 2,00 m de comprimento, espaçados 0,50 m entre si, à profundidade aproximada de 0,03 m. A contagem das plântulas normais emergidas foi efetuada no décimo quarto dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem (NAKAGAWA, 1994).

3.2.3.6. Índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE)

Concomitantemente ao teste de emergência de plântulas em campo (item 3.2.3.5), foram realizadas contagens diárias do número de plantas emergidas; aplicou-se então as fórmulas e os critérios estabelecidos por Maguire (1962), no cálculo do IVE, e de Edmond & Drapala (1958), no cálculo da VE.

3.2.3.7. Teste de comprimento de plântulas

O teste de comprimento de plântulas foi realizado em substrato de papel toalha, umedecido conforme indicado para o teste de germinação, empregando-se quatro repetições de 10 sementes por tratamento. A semeadura foi efetuada sobre linha traçada no terço superior do papel, no sentido longitudinal. Os substratos, na forma de rolos, foram colocados em sacos plásticos de 0,033mm de espessura, para evitar a desidratação, mantidos verticalmente em germinador regulado a 25°C por cinco dias, na ausência de luz (NAKAGAWA, 1999). Decorrido esse período, as plântulas normais foram medidas com auxílio de uma régua graduada e o comprimento médio da plântula calculado pelo quociente entre a soma das medidas em cada repetição e o número de sementes utilizadas no teste (VANZOLINI et al., 2007).

3.2.3.8. Teste de massa de matéria seca de plântulas

A massa de matéria seca de plântulas foi determinada retirando-se os cotilédones das plântulas normais obtidas ao final do teste de comprimento de plântulas descrito no item 3.2.3.7 que, colocadas em sacos de papel, foram secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 80°C, durante 24 horas. Os cálculos foram efetuados dividindo-se a massa obtida pelo número de plântulas normais contido em cada rolo de papel (NAKAGAWA, 1999) e, posteriormente, a média aritmética para as quatro repetições; com expressão dos resultados em mg de matéria seca por plântula.

3.2.3.9. Teste de tetrazólio

Com o objetivo de verificar a porcentagem de sementes viáveis (classes 1-5), o teste de tetrazólio foi conduzido com 200 sementes para cada tratamento, pré-condicionadas em papel toalha umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca, durante 16 horas, em germinador regulado à temperatura de 25°C. Após este período, as sementes foram colocadas em um becker, imersas em uma solução de concentração de 0,075% de 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio e, em seguida, mantidas no escuro, em estufa com temperatura de 35°C, por três horas, para o desenvolvimento da coloração. Após lavagem em água corrente, as sementes foram avaliadas individualmente, conforme metodologia descrita por França Neto et al. (1998d).

3.2.4. Velocidade de hidratação das sementes

A avaliação da velocidade de hidratação considerou metodologia descrita por Del Giúdice (1996) e Vieira et al. (1982a), com modificação no número de sementes em cada amostra, de 100 para 50 sementes, como proposto por Costa et al. (2002). A hidratação foi conduzida colocando-se as sementes sobre tela suspensa no interior de caixas plásticas de 11 x 11 x 3,5 cm (“gerbox”), normalmente utilizadas no teste de envelhecimento acelerado, contendo 40 mL de água no fundo. As caixas foram colocadas em germinador regulado a 20°C, com determinações das massas das sementes, em intervalos de uma hora, até

de oito horas após o início do processo, quando a ocorrência dos danos por embebição é mais acentuada. Foram calculados, a seguir, os teores de água atingidos pelas sementes em cada momento, a partir da massa final obtida e teor de água inicial das sementes, realizado conforme descrito no item 3.2.1.1, anteriormente à instalação do teste.

Ao final da análise, de acordo com adaptação de Nakagawa et al. (2007), determinou-se o índice de velocidade de hidratação (IVH), baseando-se na fórmula do índice de velocidade de germinação (IVG), de Maguire (1962), com a substituição do dado de germinação pelo de quantidade de água embebida. Também foram avaliados os acréscimos no teor de água, cumulativos e não-cumulativos, absorvidos pelas sementes em cada hora de hidratação de água, para comparação dos dezesseis tratamentos em estudo.

A velocidade de hidratação constou de um estudo que objetivou avaliar a possibilidade de ocorrência de danos por embebição durante o processo de elevação do teor de água, fato não desejado e que não permitiria simular diferentes graus de umidade iniciais das sementes de soja.

3.2.5. Dano por embebição em sementes de soja

As sementes de soja dos diferentes cultivares e locais de produção tiveram seus teores iniciais de água modificados para 9%, 11%, 13%, 15% e 17%. O método utilizado foi o proposto por Rossetto et al. (1995) que avaliaram diferentes metodologias de ajuste do grau de umidade das sementes.

A elevação dos teores de água das amostras de sementes foi realizada empregando-se quatro repetições de 50 sementes dispostas sobre tela no interior de caixas plásticas 11 x 11 x 3,5 cm (“gerbox”), em camada única, sem entrarem em contato com os 40 mL de água destilada contidos no fundo, e mantidas em ambiente natural de laboratório, que apresentou temperatura de 25,10°C e umidade relativa do ar de 43,6% durante o período do ajuste. Conhecidos os teores de água iniciais das amostras, obtidos como descrito no item 3.2.1.1, as sementes tiveram suas massas determinadas periodicamente, a fim de se obter os teores de água pré-estabelecidos.

Após o ajuste dos teores de água, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito no item 3.2.3.1, determinando-se, ao final do oitavo dia, as porcentagens de plântulas normais e anormais.

3.3. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições para a determinação do teor de água e do teor de lignina, três repetições para determinação da espessura do tegumento, oito repetições para a determinação da massa de cem sementes e quatro repetições para as demais avaliações.

Após a obtenção dos dados, foram realizadas análises de variância para todas as características avaliadas, com comparações das médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de teor de água não foram analisados estatisticamente. Para avaliação dos resultados de dano por embebição, além do teste de médias, também foi aplicado o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, com comparação dos valores percentuais médios obtidos em cada teor de água e aqueles de sementes com graus de umidade originais.

Adicionalmente, a avaliação da velocidade de hidratação foi efetuada em um esquema fatorial 4 x 8 (cultivar x tempo de hidratação), separadamente para cada localidade de produção, e foram ajustadas curvas de respostas, escolhendo-se a significativa de maior coeficiente de determinação (R^2).

Os dados obtidos em todas as avaliações também foram submetidos ao teste de correlação linear simples (r).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de variância e coeficientes de variação

Na Tabela 2 são apresentados os valores de F e os coeficientes de variação dos dados correspondentes às avaliações realizadas.

As significâncias constatadas variaram de acordo com o teste empregado; os fatores localidade, cultivar ou a interação entre ambos foram estatisticamente relevantes dependendo da avaliação. Foi observada significância da interação para a maioria dos dados de qualidade física e fisiológica. As avaliações do teor de proteína e de características do tegumento das sementes não revelaram significância dos fatores isolados ou interação entre eles. Para o índice de velocidade de hidratação de sementes constatou-se efeito de cultivares e locais de produção isoladamente.

Tabela 2. Valores de F e coeficientes de variação dos dados de massa de cem sementes (M100, g), dano mecânico (DM, %), germinação (G, %), germinação em areia (GA, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), viabilidade (TZ_{1-5} , %), emergência de plântulas em campo (EC, %), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), comprimento (CPL, cm) e massa seca de plântulas (MSPL, mg), espessuras da camada paliçádica (CP, μm), hipoderme (H, μm), parênquima lacunoso (PL, μm) e total (ET, μm), teor de lignina do tegumento (LIG, %), índice de velocidade de hidratação (IVH) e teor de proteína (PT, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.

Avaliação	Valores de F			C.V. (%)
	Localidade	Cultivar	Interação	
M100	926,020**	469,392**	58,882**	2,26
DM	7,408**	8,911**	3,299**	6,81
G	5,061**	15,959**	6,997**	12,41
GA	50,929**	42,331**	13,278**	9,72
EA	19,071**	10,484**	3,602**	13,09
CE	52,822**	21,477**	10,408**	9,23
$\text{TZ}_{(1-5)}$	7,333**	2,561 ^{ns}	2,678*	2,33
EC	2,251 ^{ns}	11,211**	2,009*	11,04
IVE	1,452 ^{ns}	11,309**	2,020*	14,88
VE	1,259 ^{ns}	5,400**	4,145**	7,33
CPL	18,995**	14,996**	10,733**	5,06
MSPL	101,958**	53,659**	8,524**	4,84
CP	0,733 ^{ns}	2,793 ^{ns}	1,128 ^{ns}	10,06
H	0,428 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,305 ^{ns}	29,89
PL	0,443 ^{ns}	3,143*	1,008 ^{ns}	15,59
ET	0,473 ^{ns}	0,211 ^{ns}	0,398 ^{ns}	17,93
LIG	0,071 ^{ns}	0,453 ^{ns}	0,253 ^{ns}	16,20
IVH	11,979**	4,569**	1,459 ^{ns}	9,16
PT	1,217 ^{ns}	1,524 ^{ns}	1,352 ^{ns}	6,93

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade; ns: não significativo

4.2. Características das sementes

De acordo com a Tabela 3, foram observadas variações no teor de água das sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Maiores valores foram constatados em sementes produzidas em Orlândia, independentemente da variedade. Os teores de água das sementes oriundas de Mauá da Serra, de Londrina e de Ponta Grossa, cultivares BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR, foram semelhantes entre si. Esta uniformidade relativa do

teor de água também foi observada quando consideradas as mesmas cultivares dentro de cada um dos três referidos locais de produção, e, inclusive, em sementes da cultivar Embrapa 48 produzidas em Londrina e em Ponta Grossa. Em função do local de produção, para esta cultivar, foi constatada maior variação do teor de água, não desejável devido à uniformidade das diferentes amostras serem fatores a serem considerados na padronização de testes de avaliação qualitativa de sementes.

O teor de água do equilíbrio higroscópico de sementes de soja em condições de 45% de umidade relativa e 25°C de temperatura é de 7,4% (TOLEDO, 1969). Os valores médios do ambiente do laboratório, no início das avaliações foram 44,6% de umidade relativa e 22,0°C de temperatura e podem ter contribuído com a acentuada redução do teor de água das sementes armazenadas.

A análise de variância indicou, tendo em vista a massa de cem sementes de soja (Tabela 3), existência de significância da interação entre os fatores em estudo. Contudo, a análise da característica não se justifica, considerando variedades dentro de cada local de produção, por se tratarem de materiais genéticos distintos cujas massas médias de cem sementes são também distintas. Os dados médios verificados a partir das diferentes localidades, para cada cultivar, corresponderam a valores médios de massa de cem sementes próximos àqueles indicados na literatura, quais sejam, 15,0 g; 17,3 g; 18,5 g e 13,3 g das cultivares EMBRAPA 48, BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR, respectivamente (Embrapa Soja, 2007).

A influência de fatores do ambiente de produção sobre o desenvolvimento da semente pode ser traduzida, dentre outros, por variações no seu tamanho e na sua massa. Portanto, fatores como fertilidade do solo, disponibilidade de água, temperatura e luz em determinada região devem ser considerados (MARCOS FILHO, 2005). Assim, quando considerado o efeito dos locais de produção para cada variedade, as sementes produzidas em Mauá da Serra tiveram, invariavelmente, maior massa, seguidas das produzidas em Ponta Grossa; as massas das sementes produzidas em Londrina e em Orlândia foram inferiores.

Tabela 3. Teor de água (TA, %), massa de cem sementes (M100, g) e dano mecânico (DM, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006.

Avaliação	Localidades	Cultivares				Média
		Embrapa 48	BRS 184	BRS 232	BRS 245RR	
TA (%)	Mauá da Serra	10,19 ¹	8,49	8,99	8,95	-
	Londrina	9,98	7,89	8,24	7,35	-
	Ponta Grossa	7,24	7,59	8,09	8,99	-
	Orlândia	10,99	10,21	11,21	11,01	-
	Média	-	-	-	-	-
M100 (g)	Mauá da Serra	18,18 aB	18,56 aB	19,75 aA	16,85 aC	18,41
	Londrina	13,65 cB	14,79 cA	15,30 cA	14,40 cB	14,53
	Ponta Grossa	15,07 bD	17,44 bB	19,75 aA	16,40 bC	17,09
	Orlândia	13,66 cB	13,91 dB	17,53 bA	12,32 dC	14,44
	Média	15,22	16,19	18,06	15,00	-
DM ² (%)	Mauá da Serra	9,0 aA	9,5 bA	9,0 bA	9,5 aA	9,3
	Londrina	8,0 aAB	11,0 bB	6,0 abAB	5,0 aA	7,5
	Ponta Grossa	10,0 aB	9,5 bB	2,5 aA	6,5 aAB	7,1
	Orlândia	8,5 aB	3,5 aAB	3,0 aA	6,5 aAB	5,4
	Média	8,9	8,4	5,1	6,9	-

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05)

² Dados transformados em $\arcsin \sqrt{(x/100) + 0,5}$

Considerando-se a análise de variância dos dados de porcentagem de sementes danificadas mecanicamente, constatou-se significância da interação cultivar x localidade; as porcentagens de sementes com dano mecânico (Tabela 3), para todos os tratamentos, exceto um, não ultrapassaram 10%, limite percentual máximo referido por Krzyzanowski et al. (2004) em lotes de sementes de soja.

Costa et al. (2003) verificaram a ocorrência de percentuais significativos de quebras, ruptura de tegumento e dano mecânico em sementes de soja de diferentes cultivares produzidas em regiões distintas. Os autores constataram que as sementes de soja provenientes do sul do Paraná apresentam melhor qualidade fisiológica em função de baixos índices de sementes quebradas. Também, os resultados de Costa et al. (2005b) mostraram índices acentuados de sementes danificadas mecanicamente para as diferentes cultivares avaliadas, sendo em maiores intensidades nas regiões norte e oeste do Paraná e em menor proporção na região sul deste estado.

Os valores de viabilidade (Tabela 4) foram elevados, com exceção das sementes das cultivares BRS 184 e BRS 232 produzidas em Londrina. Sementes da cultivar

BRS 245RR foram as que tiveram maior número de sementes viáveis, independentemente da localidade. Ávila et al. (2007) verificaram, tendo em vista a viabilidade das sementes, ausência de diferença significativa entre as cultivares para cada local, diferentemente do observado para os valores percentuais de sementes viáveis produzidas em Londrina.

Com referência à porcentagem de germinação (Tabela 4), os resultados verificados em sementes da cultivar Embrapa 48 revelaram ausência de diferenças entre locais de produção. Porcentagens inferiores de plântulas normais foram constatadas em sementes da cultivar BRS 184 produzida em Ponta Grossa, da cultivar BRS 232 oriunda de Londrina e Orlândia, e da cultivar BRS 245RR proveniente de Orlândia, em relação às demais localidades. Os valores percentuais de germinação constatados foram baixos, com algumas exceções, provavelmente devido ao elevado número de plântulas anormais do teste, que variou de 6 a 42%, dependendo do tratamento.

Conforme os dados de germinação em areia apresentados na Tabela 4, foram verificadas maiores porcentagens em sementes da cultivar BRS 245RR, independentemente da localidade. Considerando separadamente cada cultivar, sementes oriundas da localidade Mauá da Serra tiveram valores superiores; contrariamente, as produzidas em Londrina e em Ponta Grossa destacaram-se negativamente. Santos et al. (2000) constataram correspondência entre resultados dos testes de germinação em papel e em areia de sementes de soja de três localidades do estado de Minas Gerais, fato verificado na presente pesquisa somente em alguns tratamentos. As porcentagens de germinação em areia constatadas para os diferentes tratamentos foram baixas; o reduzido número de sementes mortas ao final do teste justifica a necessidade de um período maior para a avaliação final da porcentagem de plântulas normais.

De acordo com os dados de porcentagem de plântulas normais do teste de envelhecimento acelerado apresentados na Tabela 4, as sementes da cultivar BRS 232 oriundas de Mauá da Serra e das cultivares provenientes de Londrina apresentaram valores mais baixos, exceto da BRS 245RR, que tiveram porcentagens iguais dentro do nível de probabilidade testado para todas as localidades. Os locais Ponta Grossa e Orlândia apresentaram valores estatisticamente iguais independente da cultivar avaliada.

Variações no vigor de sementes de soja, avaliadas pelo teste do envelhecimento acelerado, foram também verificadas por Santos et al. (2000), conforme

cultivar e local de produção em Minas Gerais. Krzyzanowski et al. (1993) e Panobianco & Vieira (1996) também destacaram a influência da composição genética na qualidade fisiológica de sementes de soja. Todavia, as diferenças não somente podem ser atribuídas ao genótipo, mas, também, ao efeito do ambiente, concordando com os relatos de TeKrony et al. (1980), Vieira et al. (1982b) e TeKrony et al. (1984).

Tabela 4. Germinação (G, %), germinação em areia (GA, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e viabilidade (TZ_{1-5} , %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006.

Avaliação	Localidades	Cultivares				Média
		Embrapa 48	BRS 184	BRS 232	BRS 245RR	
$\text{TZ}_{(1-5)}$ (%)	Mauá da Serra	95 aA ¹	91 abA	94 abA	94 aA	94
	Londrina	93 aAB	87 bB	88 bB	95 aA	91
	Ponta Grossa	96 aA	94 aA	98 aA	94 aA	96
	Orlândia	96 aA	96 aA	95 aA	92 aA	95
	Média	95	92	94	94	-
G (%)	Mauá da Serra	72 aB	81 aAB	76 aB	94 aA	81
	Londrina	62 aB	89 aA	57 bB	91 aA	75
	Ponta Grossa	66 aBC	55 bC	81 aAB	92 aA	74
	Orlândia	69 aAB	80 aA	54 bB	69 bAB	68
	Média	67	76	67	86	-
GA (%)	Mauá da Serra	81 aA	83 aA	83 aA	92 aA	85
	Londrina	53 bB	48 bB	76 abA	75 bA	63
	Ponta Grossa	53 bB	39 bC	64 bB	79 bA	59
	Orlândia	51 bC	94 aA	71 abB	96 aA	78
	Média	59	66	73	85	-
EA (%)	Mauá da Serra	69 abA	77 aA	44 bB	73 aA	66
	Londrina	56 bAB	44 bB	46 bB	69 aA	54
	Ponta Grossa	83 aA	75 aA	69 aA	77 aA	76
	Orlândia	70 abA	75 aA	68 aA	72 aA	71
	Média	69	68	56	73	-
CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	Mauá da Serra	115,85 bA	107,11 bA	97,52 bA	103,06 aA	105,87
	Londrina	152,53 cB	134,27 cB	107,64 bA	107,09 aA	125,38
	Ponta Grossa	108,18 bA	157,89 dB	99,08 bA	112,13 aA	119,32
	Orlândia	83,49 aAB	83,73 aAB	73,41 aA	96,31 aB	84,23
	Média	115,01	120,75	94,41	104,65	-

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Os resultados dos teores de água das sementes de soja dos diferentes cultivares e locais de produção, após o envelhecimento acelerado, variaram de 27,10 a 31,73%, sendo uniformes entre si e consoantes aos observados, também em soja, por

Krzyzanowski & Miranda (1990). As variações entre as amostras de sementes, independentemente do tratamento, foram inferiores a 3% a 4% de água e, portanto, consideradas toleráveis e indicadoras da uniformidade das condições do teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999).

A interação significativa entre os fatores estudados na pesquisa indicou comportamentos de cada cultivar dependentes de cada localidade, tendo em vista o teste de condutividade elétrica (Tabela 4). Neste sentido, com valores inferiores e, portanto, representando desempenho superior (MARCOS FILHO, 2005), destacaram-se as sementes oriundas de Orlândia, independentemente da cultivar. Este fato pode ser atribuído aos maiores teores iniciais de água das sementes oriundas desta localidade quando comparada com as demais. As sementes da cultivar BRS 245RR não diferiram entre locais e as da BRS 232 apresentaram menor valor independentemente da localidade.

Efeito significativo do genótipo nos valores de condutividade da solução de embebição foi constatado por vários autores (BRUGGINK et al., 1991; PRETE et al., 1994), contrariamente ao observado, no presente trabalho, para as sementes oriundas de Mauá da Serra. Conforme Panobianco & Vieira (1997), o genótipo pode influenciar nos resultados do teste de condutividade elétrica em soja, em função das características do tegumento.

A análise da interação para variedades em cada local de produção teve por objetivo destacar diferenças entre cultivares que poderiam identificar possíveis resultados quando da avaliação dos danos por embebição. De acordo com os testes de germinação, germinação em areia, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, resultados variáveis foram verificados entre cultivares para cada localidade, fato que confirma relatos de Cavariani (1996), em milho, quanto à dificuldade tecnológica ainda existente para seleção de testes destinados à avaliação da qualidade fisiológica de sementes. Todavia, cabe destacar desempenho fisiológico superior, tendo em vista os referidos testes, da cultivar BRS 245RR em todos os locais de produção.

Os dados de comprimento de plântulas de soja apresentados na Tabela 5 indicaram, em análise isolada de cada cultivar, variabilidade de desempenho fisiológico conforme o local de produção. Considerando a avaliação de cultivares em cada localidade, foi constatado destaque positivo a sementes da cultivar BRS 245RR, em todos os locais de

produção, diferentemente do verificado para a massa da matéria seca de plântulas, que revelou a cultivar BRS 232 com valores superiores.

Os resultados do teste de comprimento de plântulas, como descrito por Nakagawa (1994), são obtidos através da soma das medidas tomadas para cada repetição ou subamostra e dividindo-as pelo número de plântulas normais. No entanto, Vanzolini et al. (2007) verificaram que o comprimento de plântulas de soja, ou de parte delas, dada pelo número de sementes colocadas em teste é mais sensível para classificar lotes com diferenças sutis de qualidade, razão pela qual esta metodologia foi a utilizada no presente trabalho.

Tabela 5. Comprimento (CPL, cm) e massa de matéria seca de plântulas (MSPL, mg), emergência de plântulas em campo (EC, %), índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE), de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006.

Avaliação	Localidades	Cultivares				Média
		Embrapa 48	BRS 184	BRS 232	BRS 245RR	
CPL (cm)	Mauá da Serra	25,17 bA ¹	24,98 bA	21,88 bB	25,10 bA	24,28
	Londrina	20,05 cC	25,31 abAB	24,09 bB	27,26 abA	24,18
	Ponta Grossa	28,62 aA	24,89 bB	26,84 aAB	28,03 aA	27,09
	Orlândia	26,45 abA	27,54 aA	22,67 bB	27,03 abA	25,92
	Média	25,07	25,68	23,87	26,85	-
MSPL (mg)	Mauá da Serra	14,43 aB	15,81 aA	15,93 aA	13,65 aB	14,95
	Londrina	10,96 cB	11,80 cAB	12,29 cA	12,25 bA	11,82
	Ponta Grossa	12,59 bC	14,24 bB	16,04 aA	13,25 abBC	14,03
	Orlândia	11,14 cB	11,32 cB	14,66 bA	9,91 cC	11,76
	Média	25,17 bA	24,98 bA	21,88 bB	25,10 bA	24,28
EC (%)	Mauá da Serra	68 bcB	87 aA	76 aAB	93 aA	81
	Londrina	62 cB	90 aA	77 aAB	91 aA	80
	Ponta Grossa	87 aA	92 aA	78 aA	90 aA	86
	Orlândia	84 abA	89 aA	84 aA	87 aA	86
	Média	75	90	79	90	-
IVE	Mauá da Serra	3,45 bcB	5,18 aA	4,18 aAB	5,19 aA	4,50
	Londrina	3,19 cB	5,35 aA	4,69 aA	5,33 aA	4,64
	Ponta Grossa	4,83 aA	5,06 aA	4,34 aA	5,44 aA	4,92
	Orlândia	4,74 abA	5,61 aA	4,61 aA	4,74 aA	4,93
	Média	4,05	5,30	4,45	5,18	-
VE	Mauá da Serra	10,40 bB	8,60 abA	9,30 aAB	9,15 Aa	9,31
	Londrina	9,98 Bb	8,64 abA	8,47 aA	8,82 aAB	9,00
	Ponta Grossa	9,12 abA	9,38 bA	9,46 aA	8,40 aA	9,13
	Orlândia	8,55 aAB	8,09 aA	9,40 aB	9,46 aB	8,88
	Média	9,56	8,63	9,13	9,00	-

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Conforme a Tabela 5, independentemente da variedade, sementes oriundas de Mauá da Serra produziram plântulas com massa de matéria seca superior, sem diferir de sementes das cultivares BRS 232 e BRS 245RR provenientes de Ponta Grossa. No entanto, Vanzolini et al. (2007), avaliando três lotes de sementes de soja Embrapa 48, embora sem mencionar as suas respectivas procedências, não constataram diferença significativa entre eles quando avaliaram a massa de matéria seca de plântulas do teste de germinação.

As diferenças quanto aos resultados obtidos nos testes de comprimento e massa da matéria seca de plântulas de soja podem ser justificadas pela ausência de correlação entre ambas as avaliações. Todavia, verificou-se correlação significativa entre a massa de cem sementes e a massa de matéria seca de plântulas. Também Dan et al. (1987) verificaram maior transferência de matéria seca dos cotilédones, resultando em plântulas com maior massa de matéria seca, em sementes maiores e de maior massa.

Os valores de emergência de plântulas em campo, índice de velocidade de emergência e velocidade de emergência (Tabela 5) indicaram ausência de diferença estatística entre locais de produção para as cultivares BRS 232 e BRS245RR; ambas e mais a cultivar BRS 184 tiveram maiores valores médios nos dois primeiros testes, semelhantemente ao observado para esta última cultivar para o teste de velocidade de emergência.

Quanto à análise dos dados de emergência de plântulas em campo e índice de velocidade de emergência para variedades em cada local de produção, não foram observados comportamentos fisiológicos distintos entre as variedades BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR, produzidas nas quatro localidades, e entre a cultivar Embrapa 48 oriunda de Ponta Grossa e Orlândia, diferentemente do observado por Flor et al. (2004) e Agüero et al. (1997) que, avaliando diferentes cultivares de soja, constataram que houve efeito do material utilizado na avaliação da emergência de plântulas em campo.

Quanto à velocidade de emergência, constatou-se uniformidade de resultados quando as localidades foram avaliadas isoladamente. Cabe ressaltar ausência de diferença entre cultivares produzidas em Ponta Grossa e entre localidades para a cultivar BRS 184.

O corte transversal do tegumento de sementes de soja possibilitou a distinção de quatro camadas: cutícula, epiderme (células paliádicas ou macroesclerídeos),

hipoderme (células em ampulheta, ou células pilares ou osteoesclerídeos) e células parenquimatosas (SWANSON et al., 1985). Cada uma delas diferem em número camadas de células e em espessura (PEREIRA & ANDREWS, 1985; NOODÉN et al., 1985). A espessura do tegumento das sementes de soja das diferentes cultivares e locais e produção constou da determinação das medidas das camadas mais internas do tegumento, quais sejam a camada paliçádica, a hipoderme e o parênquima lacunoso.

De acordo com a Tabela 6, referente às análises das espessuras da camada paliçádica, da hipoderme e total do tegumento das sementes de soja, não foram constatadas significâncias dos fatores estudados ou da interação entre eles, não sendo possível destacar, portanto, tratamentos estatisticamente diferentes em quaisquer combinações. Diferentemente, Arantes et al. (1994) e Giurizatto et al. (2003) constataram diferenças de espessura entre tegumentos de cultivares de soja, considerando as referidas camadas de células.

Silva (2003), em avaliação da camada paliçádica do tegumento de sementes de soja, cultivares Monsoy 8400 e Monsoy 8411, observou valores médios de 55,00 e 49,59 μm de espessura, respectivamente, valores próximos aos observados neste trabalho. Quanto à hipoderme, Duangpatra (1976) constatou variação na espessura desta camada de células de 30 a 70 μm dependendo da cultivar; os valores de espessura encontrados são coincidentes ao citado intervalo. Também Silva (2003) observou os valores referenciados em avaliação da hipoderme de dois cultivares de soja.

Entretanto, considerando-se a espessura do parênquima lacunoso, observou-se efeito significativo de cultivares (Tabela 6). Esta camada de células é amorfa e encontra-se abaixo dos osteoesclerídeos (SILVA, 2003). Também Silva (2003) constatou diferentes valores de espessura desta camada de células para as duas cultivares avaliadas.

Os tegumentos das sementes de soja com parênquimas mais e menos espessos foram os das cultivares BRS 232 e BRS 245RR, respectivamente; valores intermediários foram constatados em tegumentos das sementes das cultivares Embrapa 48 e BRS 184, sem diferença estatística entre eles, além de não diferirem dos das demais cultivares.

Tabela 6. Espessuras da camada paliçádica (CP, μm), hipoderme (HIP, μm), parênquima lacunoso (PL, μm) e total (ET, μm) e teor de lignina (LIG, %) do tegumento, índice de velocidade de hidratação (IVH) e teor de proteína (PT, %) de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.

Avaliação	Localidades	Cultivares				Média
		Embrapa 48	BRS 184	BRS 232	BRS 245RR	
CP (μm)	Mauá da Serra	42,25 ^{1,2}	41,25	41,86	46,27	42,91
	Londrina	49,61	39,76	45,58	45,72	45,17
	Ponta Grossa	41,28	39,98	45,89	46,30	43,36
	Orlândia	43,86	40,73	46,34	40,55	42,87
	Média	44,25	40,43	44,92	44,71	-
HIP (μm)	Mauá da Serra	49,90	48,87	46,47	45,48	47,68
	Londrina	54,04	55,65	55,57	48,28	53,39
	Ponta Grossa	43,56	44,66	45,22	56,01	47,36
	Orlândia	45,80	54,97	54,16	46,71	50,41
	Média	48,33	51,04	50,36	49,12	-
PL (μm)	Mauá da Serra	15,29	16,03	15,33	14,37	15,26
	Londrina	17,60	14,80	16,52	12,73	15,41
	Ponta Grossa	14,50	12,90	18,15	14,60	15,04
	Orlândia	15,74	14,97	18,19	15,54	16,11
	Média	15,78 AB	14,68 AB	17,05 A	14,31 B	-
ET (μm)	Mauá da Serra	107,44	106,16	103,68	106,12	105,85
	Londrina	121,26	110,21	117,67	106,72	113,97
	Ponta Grossa	99,34	97,54	109,26	116,92	105,77
	Orlândia	105,40	110,66	118,68	102,79	109,38
	Média	108,36	106,14	112,32	108,14	-
LIG (%)	Mauá da Serra	2,02	1,91	1,99	2,22	2,03
	Londrina	1,89	2,08	2,16	1,99	2,03
	Ponta Grossa	1,94	1,88	1,85	2,22	1,97
	Orlândia	1,93	1,95	2,06	2,02	1,99
	Média	1,94	1,95	2,01	2,11	-
IVH	Mauá da Serra	0,292	0,316	0,263	0,291	0,290 c
	Londrina	0,259	0,263	0,249	0,277	0,262 ab
	Ponta Grossa	0,275	0,318	0,260	0,284	0,284 bc
	Orlândia	0,264	0,239	0,235	0,237	0,244 a
	Média	0,272 AB	0,284 B	0,252 A	0,272 AB	-
PT (%)	Mauá da Serra	32,35	33,82	34,22	32,51	33,22
	Londrina	31,26	33,45	34,21	36,03	33,74
	Ponta Grossa	32,46	33,64	31,37	33,54	32,75
	Orlândia	32,18	30,67	33,43	32,79	32,27
	Média	32,06	32,90	33,31	33,72	-

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

² Ausência de letras indica ausência de significância

Conforme a Tabela 6, o teor de lignina não foi influenciado pelos fatores avaliados ou interação entre ambos; os valores foram próximos aos constatados pelo

National Research Council (2001), que observou 2,5% deste componente no tegumento das sementes de soja. Todavia, embora sem significância estatística, os dados médios por cultivar mostraram maior teor de lignina do tegumento em sementes da variedade BRS 245RR, intermediário em sementes da BRS 232 e inferiores em sementes das cultivares Embrapa 48 e BRS 184. Santos et al. (2007) verificaram variações no conteúdo de lignina em sementes de soja com colorações distintas do tegumento, porém sem variações entre cultivares.

Os dados do índice de velocidade de hidratação (Tabela 6) indicaram efeitos isolados do fator local de produção e da cultivar. Assim, as sementes oriundas de Mauá da Serra e de Ponta Grossa tiveram valores superiores aos das produzidas em Londrina e em Orlândia. Para as cultivares, sementes do genótipo BRS 184 tiveram maior índice, não diferindo dos valores obtidos com as cultivares Embrapa 48 e BRS 245RR; estas, por sua vez, não diferiram da cultivar BRS 232, cujas sementes tiveram menor índice. A existência de diferença na velocidade de absorção de água por sementes de diferentes cultivares de soja foi assinalada por Costa et al. (2002) sem, contudo, precisar a característica distinta entre elas que torna suas sementes mais ou menos permeáveis à água.

Os valores informados por Embrapa Soja (2007), quanto ao teor de proteína das sementes, são 39,10%; 38,98%; 40,90% e 39,60%, para as cultivares Embrapa 48, BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR, respectivamente. Os valores obtidos neste trabalho (Tabela 6) foram inferiores, mas próximos aos relatados naquela referência, não sendo possível destacar tratamentos superiores devido à não significância dos fatores em estudo ou da interação entre eles, semelhantemente ao observado por Yamada et al. (2003), Costa et al. (2005b), Mandarino et al. (1996) e Ávila et al. (2007).

Considerando os dados de caracterização dos materiais, foi verificado que as sementes de diferentes cultivares e locais de produção apresentaram comportamentos distintos.

As variações observadas quanto aos dados qualitativos das sementes, conforme os testes empregados, reitera a dificuldade assinalada por Cavariani (1996) para a escolha dos mesmos. Assim, foi considerado o número de superioridades estatísticas (testes) de variedades e locais de produção, para possibilitar possíveis relações de características fisiológicas com a ocorrência de dano por embebição.

Neste sentido, a análise das localidades, quando as cultivares foram avaliadas separadamente, permitiu destacar sementes oriundas de Londrina como de qualidade fisiológica inferior; as demais localidades mostraram-se adequadas à produção de sementes de soja de qualidade satisfatória, embora aquelas produzidas em Orlândia tenham apresentado resultados superiores na maioria das avaliações, possivelmente influenciados pelos teores iniciais de água das sementes mais elevados, em comparação aos demais locais de produção. Também Costa et al. (1988, 2003) verificaram que sementes de soja provenientes de diferentes locais de produção possuem padrões de qualidade fisiológica distintos. Em determinadas regiões produtoras de soja podem ocorrer limitações à produção de sementes de qualidade, como naquelas situadas ao norte do paralelo 24°LS (COSTA et al., 2005a), caso de todas as localidades contempladas nesta pesquisa, com exceção de Ponta Grossa.

A interação significativa existente entre cultivares e locais destacou, adicionalmente, variedades com comportamentos distintos em cada localidade. Sementes da cultivar BRS 245RR tiveram melhor desempenho fisiológico, assim como sementes da cultivar BRS 232, exceto quando produzida em Londrina, fato que confirma as referências à esta localidade como menos adequada, comparativamente às demais, à produção de sementes de melhor qualidade. As cultivares Embrapa 48 e BRS 184 apresentaram variações de desempenho dependentes do local de produção.

Na Tabela 7 são apresentadas as significâncias do teste de correlação linear simples entre os dados de massa de cem sementes, dano mecânico, qualidade fisiológica, características do tegumento, índice de velocidade de hidratação e teor de proteína de sementes de soja. Infere-se que as correlações entre os dados podem auxiliar quanto às justificativas dos resultados de dano por embebição na presente pesquisa, considerando que apresentam influência na velocidade de absorção de água pelas sementes.

Muito embora constatadas correlações entre as diversas determinações realizadas, foram consideradas, para efeito de análise, somente aquelas cuja literatura assinala possível relação com os danos por embebição, como a ocorrência de danos mecânicos (COSTA et al., 2005b; MARCOS FILHO, 2005), a condutividade elétrica (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988) e as características do tegumento (POPINIGIS, 1985) das sementes.

A condutividade elétrica correlacionou-se com o dano mecânico e o índice de velocidade de hidratação; estes também se correlacionaram. De acordo com Tao (1978) e Rodrigues et al. (2006), a condutividade elétrica pode ser relacionada a danos por embebição, ou seja, a quantidade de exsudatos liberados pelas sementes durante o processo de absorção de água. Estes mesmos autores, em concordância com Loeffler et al. (1988), também relataram possível influência de sementes danificadas mecanicamente nos resultados de condutividade elétrica. Desta maneira, é esperada a absorção mais rápida de água por sementes que apresentam rachaduras e trincas, o que pode ser prejudicial devido à redução da integridade das membranas celulares, e decorrente perda de nutrientes essenciais.

No presente trabalho, a cultivar BRS 232 apresentou menor porcentagem de sementes danificadas e valores inferiores de condutividade elétrica, o que justificaria o menor índice de velocidade de hidratação de água.

Dentre outros fatores, a velocidade com que a água é absorvida pela semente depende da permeabilidade e integridade do tegumento (POPINIGIS, 1985). Portanto, infere-se a possibilidade, na presente pesquisa, de existir relação entre os valores de espessura do parênquima lacunoso e a velocidade de absorção de água pelas sementes. As sementes da cultivar BRS 232, com maior espessura, tiveram menor índice de velocidade de hidratação e seriam menos sensíveis à absorção rápida de água. Com dados médios associados a um desempenho intermediário, as sementes das cultivares Embrapa 48 e BRS 245RR destacaram-se. Finalmente, constatou-se maior índice para a cultivar BRS 184. Houve equivalência de comportamento entre os materiais BRS 184 e BRS 245RR, que não diferiram estatisticamente entre si; portanto, o fato de que ambas apresentaram ranqueamento contrário quanto à espessura do parênquima e velocidade de absorção de água não deve ser considerado.

4.3. Velocidade de hidratação das sementes

Quando se refere aos fatores que influenciam a ocorrência de danos por embebição em sementes, ressaltam-se aqueles que afetam, principalmente, a velocidade e a intensidade de absorção de água. As diferenças acentuadas entre potenciais hídricos da semente e do meio fornecedor de água constituem na principal causa da absorção

demasiadamente rápida de água e conseqüente ocorrência de anormalidades nas plântulas de soja, já que a velocidade de penetração de água é afetada pela disponibilidade hídrica (OBENDORF & HOBBS, 1970; VERTUCCI & LEOPOLD, 1983).

Na Tabela 8 estão dispostos os dados de teor de água de sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção, relevantes na determinação da velocidade de hidratação, antes de quaisquer ajustes no teor de água. Os valores de teor de água das sementes apresentaram-se baixos, provavelmente devido ao efeito do equilíbrio higroscópico com o ambiente (TOLEDO, 1969).

Tabela 8. Teor de água (%) das sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção previamente à hidratação. Botucatu, 2006/2007.

Localidades	Cultivares			
	Embrapa 48	BRS 184	BRS 232	BRS 245RR
Mauá da Serra	6,82	6,75	6,92	6,78
Londrina	6,76	6,64	6,98	6,96
Ponta Grossa	7,03	6,54	6,87	6,80
Orlândia	6,84	6,75	6,76	6,79

Quanto à evolução do processo de absorção de água, foi observada, até a oitava hora, diferenciação entre os tratamentos quanto ao ganho percentual cumulativo no teor de água em cada hora (Tabela 9). Menor e maior acréscimos foram constatados, em todos os períodos, por sementes das cultivares BRS 232 e BRS 245RR, respectivamente, independente do local de produção. Também Costa et al. (2002) constataram variações na velocidade de absorção de água entre cultivares até a oitava hora do período de absorção.

Conforme a Tabela 10, referente às elevações percentuais do teor de água em cada momento, a velocidade de absorção de água mostrou diferenças entre os tratamentos na primeira e terceira hora. Na primeira hora, as diferenças entre os tratamentos foram mais acentuadas e permitiram discriminar níveis quanto à velocidade de absorção; menor velocidade foi verificada em sementes da cultivar BRS 232, independentemente do local de produção. Dias & Marcos Filho (1996), empregando o método do substrato umedecido, referiram-se aos primeiros momentos da absorção de água como muito críticos, pois ocorre uma rápida e intensa liberação de eletrólitos até atingir um ponto de equilíbrio quando as membranas celulares se reorganizam (BEWLEY & BLACK, 1994).

A análise da resposta das cultivares na terceira hora de hidratação permitiu constatar variações conforme os locais de produção; a resposta da cultivar BRS 232 em apresentar sementes com menor velocidade se manteve até a terceira hora, porém somente para as oriundas de Mauá da Serra. Da mesma maneira, sementes da cultivar Embrapa 48 que tiveram valor superior quanto ao acréscimo no teor de água na primeira hora, mantiveram idêntico comportamento quando oriundas de Londrina. Sementes da cultivar BRS 245RR, com acréscimos elevados no teor de água até a primeira hora, não mais se diferenciaram das sementes das demais cultivares na terceira hora de absorção.

As reduzidas variações de velocidade de hidratação observadas para cada tratamento, considerando a elevação percentual em água em cada período (Tabela 10), permitem inferir que a metodologia da atmosfera úmida proporcionou às sementes maior lentidão do processo de absorção, similarmente ao constatado por Rodrigues et al. (2006). Rossetto et al. (1995) empregaram o mesmo método e também observaram necessidade de um período prolongado de absorção de água para atingir os graus de umidade pretendidos.

Mediante trabalho para avaliação de diferentes épocas de colheita de soja, Vieira et al. (1982a) verificaram variações na quantidade de água absorvida nas seis primeiras horas de hidratação, decorrente do aumento de rachaduras e enrugamento das sementes. No presente trabalho foi constatada correlação entre o índice de velocidade de hidratação e o dano mecânico (Tabela 7), que apontou as sementes da cultivar BRS 232 com menor porcentagem de sementes danificadas, justificativa dos resultados quanto à menor absorção de água. Também esta cultivar foi a que apresentou menor índice de velocidade de hidratação, fato que permite inferir maior lentidão no processo de absorção.

A espessura do tegumento também exerce importante papel na regulação do processo de absorção de água pelas sementes (CALERO et al., 1981; McDONALD et al., 1988b). Apesar da ausência de diferença estatística entre os tratamentos para a espessura total do tecido de cobertura, foi possível a separação dos cultivares quanto à espessura do parênquima lacunoso, que possui de 6 a 8 camadas de células (SILVA, 2003), e, portanto, pode contribuir para reduzir a velocidade de absorção. Este fato é corroborado pela correlação significativa entre a espessura do parênquima e o índice de velocidade de hidratação de água pelas sementes, a 5% de probabilidade. Neste sentido, menor e maior velocidades de absorção foram verificadas em sementes das cultivares BRS 232 e BRS

245RR, respectivamente (Tabela 6), em razão da maior e menor espessuras da referida camada de células, também de modo respectivo. Em um contexto físico, a água teria, em uma camada mais espessa de células, uma distância bem maior a percorrer (SILVA, 2003).

Nas Figuras 5, 6, 7 e 8 constam os ajustes dos dados de teor de água atingido pelas sementes de soja das diferentes cultivares, oriundas das localidades de Mauá da Serra, Londrina, Ponta Grossa e Orlândia, respectivamente, quando do processo de hidratação.

Diferentemente do verificado por Costa et al. (2002), a resposta das cultivares, quanto à capacidade de absorção de água pelas sementes em função do tempo foi linear, indicativa de acréscimos gradativos na quantidade de água absorvida. Santos et al. (2007), em sementes das cultivares Embrapa 48 e BRS 133, avaliadas até 24 horas de hidratação, também verificaram ajuste linear dos dados. Rodrigues et al. (2006), em estudo sobre tratamentos de pré-hidratação de sementes de soja, verificaram acréscimo acentuado no teor de água nas três primeiras horas; a partir das seis horas houve, praticamente, estabilização no acréscimo dos teores de água.

O padrão de absorção de água pelas sementes proposto por Labouriau (1983) e por Bewley & Black (1994) é trifásico; no entanto, este ajuste não foi observado devido à metodologia utilizada, que permite que as sementes absorvam água até atingirem somente a fase II do processo, estabilizando-se neste momento. Rossetto et al. (1997), que constatarem comportamento trifásico de absorção de água por sementes de soja, analisaram a marcha de absorção, sob diferentes tensões, até os períodos de 42 e 48 horas, quando se observou emissão da raiz primária; estes mesmos autores delimitaram o final da fase I após, um período de, aproximadamente, 12 horas, com as sementes atingindo teores de água entre 40 e 45%, porém utilizando a técnica do substrato umedecido para modificar os teores de água iniciais das sementes de soja.

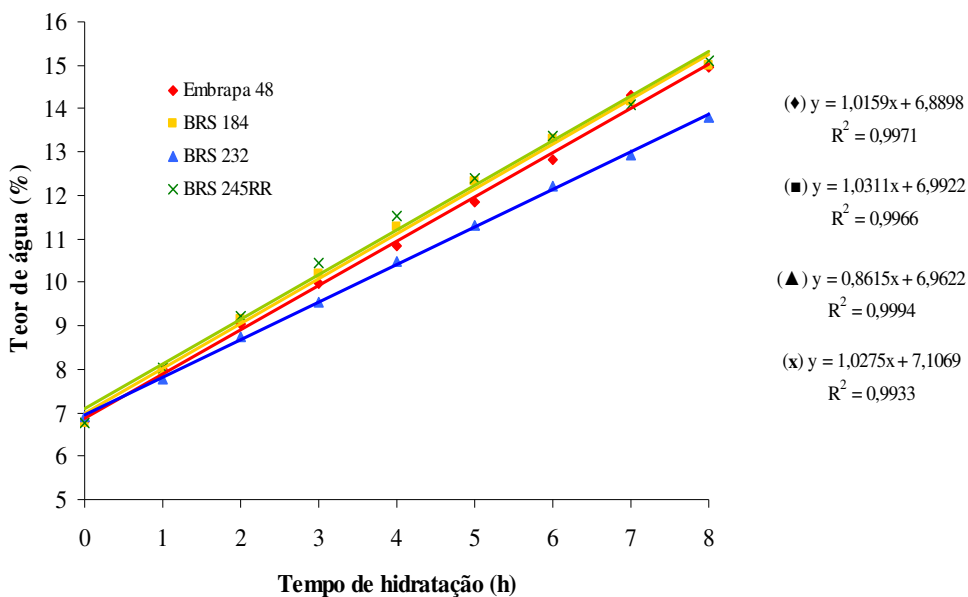


Figura 5. Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Mauá da Serra-PR. Botucatu-SP, 2006 e 2007.

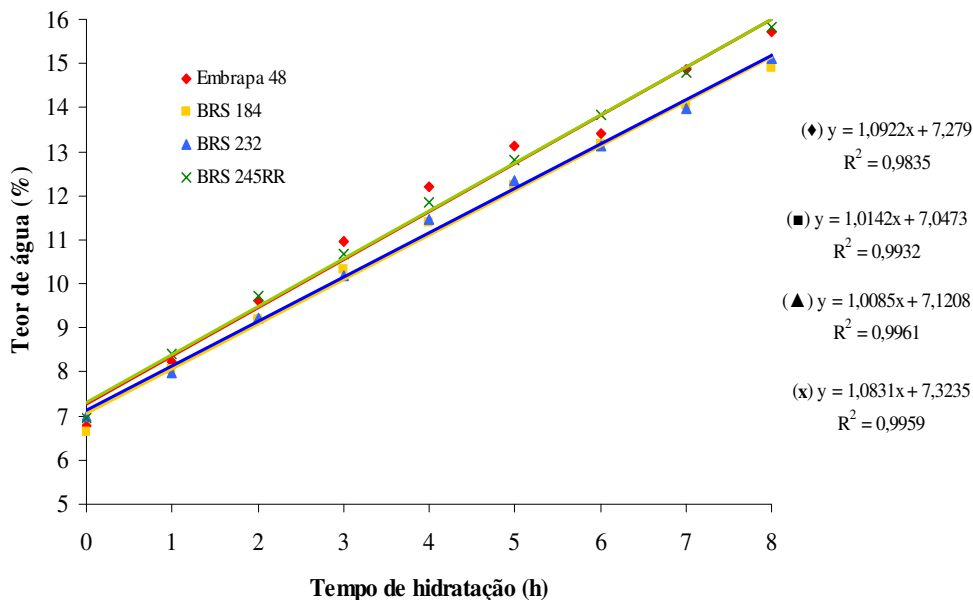


Figura 6. Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Londrina-PR. Botucatu-SP, 2006 e 2007.

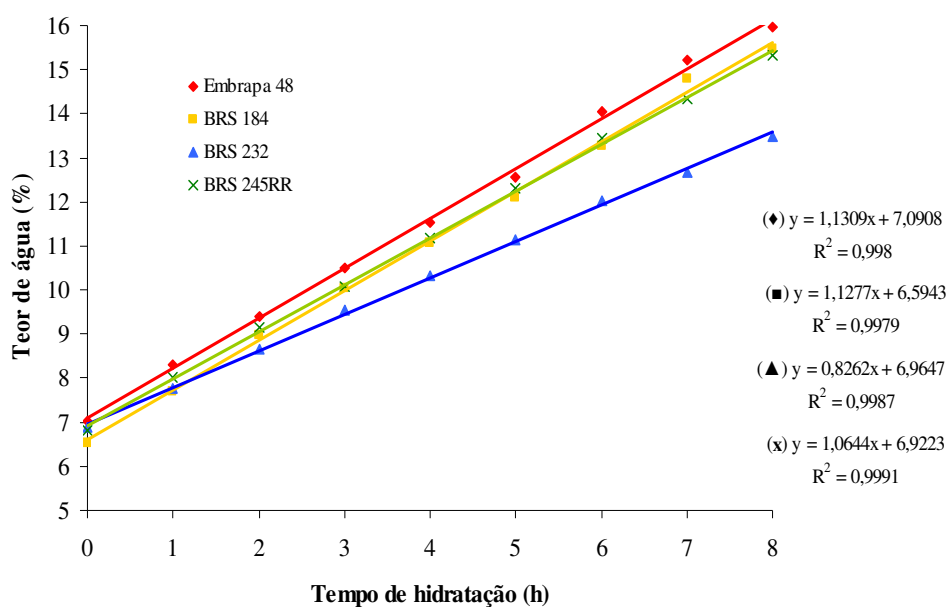


Figura 7. Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Ponta Grossa-PR. Botucatu-SP, 2006 e 2007.

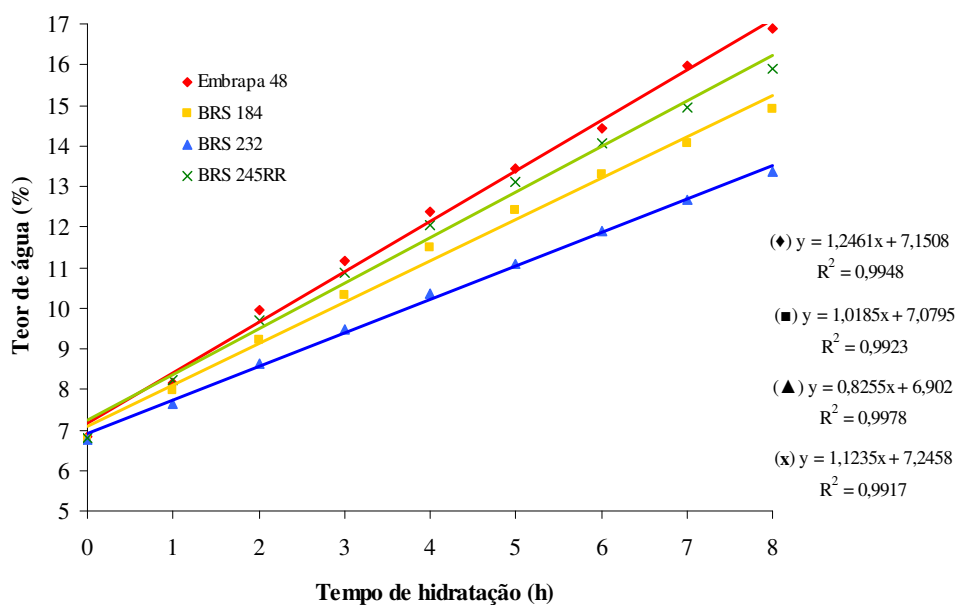


Figura 8. Velocidade de hidratação de sementes de soja de diferentes cultivares oriundas de Orlandia-SP. Botucatu-SP, 2006 e 2007.

4.4. Dano por embebição em sementes de soja

Os valores de teor de água das sementes de soja, previamente ao ajuste dos graus de umidade para avaliação de danos por embebição, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Teor de água (%) das sementes de soja de diferentes cultivares e locais de produção previamente ao ajuste para avaliação de danos por embebição. Botucatu, 2006/2007.

Localidades	Cultivares			
	Embrapa 48	BRS 184	BRS 232	BRS 245RR
Mauá da Serra	7,05	7,08	7,21	7,25
Londrina	7,13	7,20	7,24	7,30
Ponta Grossa	7,36	6,97	7,18	7,14
Orlândia	6,99	6,85	7,06	7,04

De acordo com os resultados da análise de variância dispostos na Tabela 12, não foi constatado, considerando a porcentagem de plântulas normais, efeito da interação teor de água x cultivar para a localidade de Orlândia, mas sim efeito isolado da cultivar, diferentemente dos demais locais de produção. Quando avaliados os resultados de plântulas anormais, também não foram verificados efeitos significativos da interação para os locais Londrina e Ponta Grossa; em ambos os casos, significâncias isoladas dos fatores cultivar e teor de água foram constatadas.

Tabela 12. Coeficientes de variação e valores de F da análise de variância dos dados de plântulas normais e anormais (%) de diferentes cultivares de soja em função do teor de água inicial e local de produção. Botucatu-SP, 2006/2007.

Avaliação	Localidade	Valores de F			C.V. (%)
		Cultivar	Teor de água	Interação	
Plântulas normais (%)	Mauá da Serra	13,217**	7,329**	3,597**	4,97
	Londrina	85,428**	3,306*	2,699**	6,28
	Ponta Grossa	30,373**	11,092**	2,706**	4,30
	Orlândia	8,513**	1,048 ^{ns}	1,086 ^{ns}	5,80
Plântulas anormais (%)	Mauá da Serra	6,857**	1,754 ^{ns}	1,912*	12,60
	Londrina	45,823**	6,034**	1,434 ^{ns}	10,43
	Ponta Grossa	12,139**	5,848**	1,535 ^{ns}	11,23
	Orlândia	5,810**	1,311 ^{ns}	2,345*	12,78

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ns: não significativo

Conforme os dados constantes na Tabela 13 sobre porcentagens de plântulas normais do teste de germinação de sementes de soja, em função do teor inicial de água e localidade de produção, foram observados comportamentos distintos para as diferentes cultivares.

As variações da porcentagem de plântulas normais observadas entre cultivares, em todas as localidades, tenderam à redução a partir de 15% de água, exceto para as variedades Embrapa 48 e BRS 232 produzidas em Londrina e BRS 184 produzida em Ponta Grossa. Este fato pode ser justificado pela menor diferença entre o potencial hídrico da semente e do substrato ocasionar redução da velocidade de absorção de água, já que, quando as variações são demasiadamente grandes, há interferência no restabelecimento das organelas celulares, principalmente das membranas, devido à entrada rápida de água (MARCOS FILHO, 2005). França Neto et al. (1998b) desenvolveram trabalho com soja e recomendaram ajuste para que o grau de umidade das sementes atingisse níveis superiores a 15%, quando os danos por embebição não são mais manifestados.

Dentre as sementes produzidas em Mauá da Serra, somente as da cultivar BRS 232 apresentaram resultados influenciados pelo ajuste dos teores de água. As porcentagens de plântulas normais foram crescentes com a elevação do grau de umidade das sementes. Também Rossetto (1995) observou diminuição da velocidade de absorção de água e dos danos por embebição com o aumento do teor de água das sementes. Os valores percentuais de plântulas normais observados em cada teor de água para esta cultivar e para sementes das cultivares BRS 184 e BRS 245RR não diferiram dos verificados em sementes sem ajuste do grau de umidade. Para a cultivar BRS 232, entretanto, as diferenças entre as porcentagens de plântulas normais observadas, quando ajustados os teores de água das sementes para 15% e 17%, em relação ao constatado com os teores iniciais, foram igual e superior, respectivamente, à 6%, valor citado por França Neto et al. (1998a) como mínimo para caracterizar os danos por embebição, desde que acompanhado de redução de mesmo valor na porcentagem de plântulas anormais. Considerando as sementes da cultivar Embrapa 48, constatou-se que todos os valores médios obtidos com a elevação do teor de água diferiram dos observados antes do ajuste, inferindo benefícios positivos desta técnica já com 9% de água. No entanto, não foram observados acréscimos gradativos na porcentagem de plântulas normais com a elevação dos teores ajustados de água das sementes.

Quando produzidas em Londrina, porcentagem inferior de plântulas normais foi apresentada por sementes da cultivar Embrapa 48, com teor de água ajustado para 9%, em relação às verificadas quando graus de umidade superiores foram considerados. Adicionalmente, quando as sementes tiveram seus teores de água ajustados, para que qualquer teor de água fosse atingido, foi constatado acréscimo na porcentagem de plântulas normais. França Neto et al. (1998a), ao avaliar quatro cultivares de soja suscetíveis ao dano por embebição, destacaram a cultivar Embrapa 48 como a de resposta mais marcantes à elevação do teor de água, com registros de incrementos médio de 14,5% e máximo de 38,5% na germinação. Sementes das cultivares BRS 184, BRS 232 e BRS 245RR não revelaram efeito dos teores de água ajustados. Cabe ressaltar, porém, elevação de 12% na porcentagem de germinação de sementes da cultivar BRS 232, em relação ao valor original, quando o teor de água foi ajustado para 9%, embora diferença estatística somente tenha sido observada a 13%. A cultivar BRS 245RR apresentou maiores valores, considerando cada teor de água avaliado, em comparação com os demais materiais.

Foram observados acréscimos do número de plântulas normais do teste de germinação, com a elevação do teor de água a partir de 9 e 11%, de sementes das cultivares BRS 184 e BRS 232, respectivamente, oriundas de Ponta Grossa. Adicionalmente, houve acréscimo na porcentagem de germinação com o crescente aumento do teor de água. França Neto et al. (2007) constataram, na safra 2007/08, baixos teores de água das sementes armazenadas, muitas vezes inferiores a 9%, que determinaram para os lotes avaliados, reduzidas porcentagens de germinação devido à ocorrência de danos por embebição. As sementes das cultivares Embrapa 48 e BRS 245RR não acusaram efeito dos teores de água analisados, provavelmente em decorrência da elevada porcentagem de germinação inicial. Também França Neto et al. (1998a, 1998c), avaliando a sensibilidade de sementes de cultivares de soja aos danos durante a embebição no teste de germinação, verificaram que somente sementes de algumas delas responderam positivamente ao aumento no grau de umidade.

Com referência às sementes produzidas em Orlândia, constatou-se ausência de efeito da elevação do teor de água. Ressalta-se, todavia, a observação de maiores porcentagens de plântulas normais, cultivar Embrapa 48, quando as sementes tiveram seus teores ajustados para 15% e 17% de água. O mesmo ocorreu com sementes da cultivar BRS

232, mas somente em grau de umidade ajustado de 15%, em relação às sementes sem pré-condicionamento.

Os resultados percentuais de plântulas anormais do teste de germinação em função dos teores de água das sementes de soja e diferentes cultivares são apresentados na Tabela 14.

Não foram constatadas reduções na porcentagem média de plântulas anormais com a elevação do teor de água, entre os ajustados, em sementes das cultivares oriundas de Mauá da Serra, em comparação àquelas com grau de umidade original. No entanto, os valores referentes à cultivar Embrapa 48 revelaram-se estatisticamente inferiores ao verificado com sementes sem ajuste do teor de água, à semelhança do observado quando avaliadas as plântulas normais. Para as sementes da cultivar BRS 232, que não apresentou valores estatisticamente superiores quando do ajuste do grau de umidade, apesar dos acréscimos significativos na porcentagem de plântulas normais verificadas com a elevação do teor de água, não foram constatadas reduções percentuais de plântulas anormais, não caracterizando, deste modo, a ocorrência de minimização dos danos por embebição com o ajuste dos graus de umidade (FRANÇA NETO et al., 1998a).

A análise das sementes das cultivares produzidas em Londrina não revelou efeito da interação entre os fatores, mas sim dos mesmos isoladamente, sem, contudo, haver referências que justifiquem os resultados médios dos teores de água ajustados. O ajuste do teor de água das sementes da cultivar Embrapa 48 e BRS 232, independente do teor de água, promoveu reduções na porcentagem de plântulas anormais em relação às sementes com o grau de umidade inicial, quando foram empregados os teores de água de 13% e de 13% e 15% para ambas, respectivamente.

Apenas efeitos isolados de cultivares e de teores de água das sementes foram constatados com sementes produzidas em Ponta Grossa, quanto à porcentagem de plântulas anormais. Deste modo, e tendo em vista o fator teor de água, os valores médios observados, quando empregado 11% de água, foram superiores aos demais, estatisticamente. Para sementes das cultivares BRS 184 e BRS 232 observou-se redução na porcentagem de plântulas anormais do teste de germinação quando os valores médios referentes a teores de água igual ou superior de 11% e 13%, respectivamente, foram comparados com o grau de umidade inicial.

O dano por embebição é amenizado quando sementes pré-condicionadas revelam elevação da porcentagem de plântulas normais e, concomitantemente, redução da porcentagem de plântulas anormais no teste de germinação (FRANÇA NETO et al., 1998a). Portanto, com base estatística, não é possível a afirmativa que sementes das cultivares BRS 184 e BRS 232 tiveram benefícios decorrentes do condicionamento a partir de 11% de água, pois não foram verificadas, de modo concomitante, reduções das anormalidades a partir deste grau de umidade. Todavia, quando as porcentagens em cada teor de água foram analisadas em relação às sementes sem ajuste, verifica-se que, para a cultivar BRS 232, houve incremento na porcentagem de germinação e redução na porcentagem de plântulas anormais quando do grau de umidade das sementes a partir de 13%; as duas condições referidas, características da minimização dos danos por embebição, foram observadas em sementes da cultivar BRS 184 a partir de 11%.

Conforme os dados percentuais de plântulas anormais obtidos com sementes produzidas em Orlândia, constatou-se que as cultivares Embrapa 48, BRS 184 e BRS 245RR tiveram desempenho satisfatório em quaisquer teores de água. A elevação do teor de água das sementes não proporcionou variações na porcentagem de plântulas anormais em relação a sementes com grau de umidade original, exceto para a cultivar BRS 232 com teor de água ajustado para 15%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os locais de produção de sementes de soja, avaliados separadamente, foram constatados comportamentos distintos em função da cultivar e do teor inicial de água na ocorrência do dano por embebição. Quando desta avaliação, elevadas porcentagens de germinação foram apresentadas por sementes de todas as cultivares, independentemente da localidade de produção, quando com teores de água igual ou acima de 15%, consoantes aos relatos verificados por França Neto et al. (1998b).

Quanto às avaliações de plântulas normais e anormais, as sementes oriundas de Orlândia, independentemente da cultivar, apresentaram menor suscetibilidade ao dano por embebição. Este fato pode ser justificado pelos menores índices de velocidade de hidratação, porcentagem de danos mecânicos e condutividade elétrica das sementes, fatores influenciadores da integridade e estruturação das membranas e, conseqüentemente, da qualidade e do vigor. As sementes provenientes da referida localidade tiveram alta qualidade fisiológica, assim como as oriundas de Mauá da Serra e Ponta Grossa, de acordo com superioridades estatísticas constatadas com os testes empregados.

A ocorrência acentuada de danos por embebição em sementes produzidas em Londrina foi somente constatada para a cultivar Embrapa 48, tendo em vista os incrementos crescentes na germinação quando da elevação do teor de água, além dos valores percentuais terem diferido estatisticamente dos de sementes sem ajuste do grau de umidade. Considerando o comportamento geral, de acordo com as avaliações de germinação e vigor,

qualidade inferior foi apresentada por sementes produzidas em Londrina. Independentemente da cultivar, as sementes tiveram maior porcentagem de danos mecânicos e maior porcentagem de água absorvida até a terceira hora do processo de hidratação.

Os dados de porcentagem de plântulas normais e anormais produzidas em Mauá da Serra e Ponta Grossa, quando da avaliação dos danos por embebição, revelaram resposta positiva de algumas cultivares à elevação do teor de água. Os resultados de qualidade fisiológica de sementes oriundas de ambos os locais de produção foram variáveis, conforme a cultivar; deste modo, a verificação de danos por embebição nestes materiais genéticos parecem estar relacionados à características inerentes a cada um deles.

Regiões caracterizadas por altitudes elevadas, onde geralmente há predomínio de temperaturas mais amenas no período de maturação, são mais adequadas para produção de sementes de qualidade (COSTA et al., 1994), razão para Costa et al. (2005a) terem afirmado que regiões situadas geograficamente em altitudes superiores a 700 m são reconhecidas, tradicionalmente, como produtoras de sementes de soja de maior qualidade. No entanto, as sementes de algumas cultivares produzidas em Mauá da Serra e Ponta Grossa, localidades nas quais ocorrem tais condições, tiveram resposta positiva à elevação do teor de água, sendo possível inferir relação entre dano por embebição e suscetibilidade do material genético.

Efeitos positivos da elevação do teor de água foram constatados em sementes da cultivar BRS 232 produzidas em Mauá da Serra e Ponta Grossa, como destacado anteriormente. As sementes deste genótipo não foram as que tiveram maior qualidade fisiológica. Todavia, maior espessura do parênquima lacunoso e menores índice de velocidade de hidratação, porcentagem de danos mecânicos e condutividade elétrica das sementes foram observados e, ainda, menores porcentagem cumulativa de água absorvida e teores absorvidos na primeira e terceira hora do processo de embebição, este último na localidade Mauá da Serra. Assim, a qualidade fisiológica das sementes pode também determinar resposta ao ajuste do teor de água, e não somente características físicas relacionadas à integridade e permeabilidade do tecido de cobertura.

Resposta positiva aos teores de água ajustados foi apresentada por sementes das cultivares Embrapa 48 e BRS 184, dependendo do local de produção. De maneira geral, as sementes destas cultivares tiveram elevadas porcentagens de danos

mecânicos e velocidade de absorção de água. Variações de resposta à elevação do grau de umidade, segundo o local de produção, também foram constatadas por França Neto et al. (1998a), que não verificaram, em sementes de soja cultivar Embrapa 48, resposta positiva de 31,8% dos lotes avaliados, apesar desta cultivar ser considerada suscetível aos danos por embebição.

A ausência de resposta aos ajustes do teor de água de sementes da cultivar BRS 245RR pode ser atribuída à elevada qualidade fisiológica inicial das sementes e maior teor de lignina, apesar de terem apresentado menor espessura do parênquima lacunoso, que pode ter contribuído para o maior acúmulo de água em cada hora do processo de absorção, e maiores diferenças no grau de umidade na primeira hora.

Como pode ser observado pelos dados de caracterização dos materiais associados à ocorrência de danos por embebição, a qualidade fisiológica das sementes destacou-se como maior influenciadora na resposta à elevação do teor de água ou incrementos na germinação em relação às sementes com teores originais de água, à exemplo das cultivares BRS 232 e BRS 245RR. As características físicas das sementes, relacionadas principalmente à integridade e permeabilidade das membranas, parecem não influenciar, até certo ponto, na ocorrência dos danos por embebição.

Assim, as sementes das cultivares Embrapa 48 produzidas em Mauá da Serra e Londrina e as da BRS 184 produzidas em Ponta Grossa responderam positivamente à elevação do teor de água, com acréscimos na porcentagem de germinação e respectiva diminuição no número de plântulas anormais. Algumas cultivares apresentaram incrementos na germinação, porém não seguidos de redução efetiva da porcentagem de plântulas anormais, como as sementes dos materiais BRS 232, BRS 184 e Embrapa 48 oriundas de Mauá da Serra, Londrina e Ponta Grossa, respectivamente. Apesar da ausência de diferença estatística entre alguns dados iniciais de germinação e aqueles obtidos em sementes com os teores de água elevados, as sementes de algumas cultivares apresentaram concomitante acréscimo e redução na porcentagem de plântulas normais e anormais, respectivamente, o que caracteriza a ocorrência dos danos por embebição, a exemplo da cultivar BRS 232 produzida em Londrina, Ponta Grossa e Orlândia. As sementes da cultivar BRS 245RR e as oriundas da localidade Orlândia destacaram-se positivamente em relação às demais quanto às características fisiológicas das sementes, que contribuíram para minimizar os danos por embebição em soja.

6. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados apresentados e discutidos no presente trabalho, concluiu-se que:

1. As respostas à elevação do teor de água das sementes na avaliação de danos por embebição são variáveis em função da qualidade das sementes e da cultivar.
2. O dano por embebição não é detectado em sementes com teores iniciais de água iguais ou superiores a 15%.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUERO, J. P.; VIEIRA, R. D.; BITTENCOURT, S. R. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p. 254-259, 1997.

ALPERT, P.; OLIVER, M. J. Drying without dying. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. (Eds). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 4-43.

ALVAREZ, P. J. C. **Relação entre o conteúdo de lignina no tegumento da semente de soja e sua relação ao dano mecânico**. 1994. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual de Londrina/Empresa Agropecuária Brasileira/Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, 1994.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15ed. Arlington: AOAC, 1990. 684p.

ARANTES, H. A. G. et al. Espessura do tegumento, embebição em água e qualidade fisiológica da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 234, p. 126-132, 1994.

ARMSTRONG, H.; McDONALD, M. B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 20, p. 391-400, 1992.

ÁVILA, M. R. et al. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007.

BECKERT, O. P.; MIGUEL, M. H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 671-675, 2000.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BRADFORD, K. J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, Y.; GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. cap. 3, p. 351-356.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agritempo**: sistema de monitoramento agrometeorológico. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 23 ago. 2006a.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 23 ago. 2006b.

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

BURTON, J. W. et al. Effects of defoliation on seed protein concentration in normal and high protein lines of soybean. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 172, n. 1, p. 131-139, 1995.

CALERO, E.; WEST, S. H.; HINSON, K. Water absorption of soybean seed and associated causal factors. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 926-933, 1981.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, N. M.; SILVA, J. R.; FALEIROS, R. R. S. Influência da origem sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) da cultivar Santa Rosa. **Científica**, Jaboticabal, v. 5, n. 1, p. 35-39, 1977.

CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar**. 1996. 85 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

CAVINESS, C. E.; SIMPSON, A. M. Jr. Influence of variety and location on seed coat thickness of mature soybean seed. **Proceedings of the Association of Seed Analysts**, Lansing, v. 64, p. 102-108, 1974.

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

COSTA, A. F. et al. Avaliação da qualidade de sementes de soja produzidas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 10, n. 1, p. 9-19, 1988.

COSTA, J. A. et al. Variedades de soja diferem na velocidade e capacidade de absorver água. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 91-96, 2002.

COSTA, N. P. et al. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 128-132, 2003.

COSTA, N. P. et al. Validação do zoneamento ecológico do estado do Paraná para produção de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2005a.

COSTA, N. P. et al. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 1-6, 2005b.

COSTA, N. P. et al. Efeito da colheita mecânica da soja sobre as características físicas, fisiológicas e químicas das sementes produzidas em três estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.

COSTA, N. P. et al. Zoneamento ecológico do estado do Paraná para produção de sementes de cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 12-19, 1994.

DAN, E. L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 9, n. 3, p. 45-55, 1987.

DEL GIÚDICE, M. P. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1996. 130 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, p. 31-42, 1996.

DUANGPATRA, J. J. **Some characteristics of the impermeable seed coat in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1976. 91 f. Dissertation (PhD)-Mississippi State University, Starkville, 1976.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, n. 2, p. 428-434, 1958.

EGLI, D. B.; TEKRONY, D. M. Germination and water relations of immature soybean seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 1, p. 139-148, 1993.

Embrapa Soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=299&cod_pai=171>. Acesso em: 25 out. 2007.

FERNANDES, E. J.; CARVALHO, N. M.; MELO, W. J. Efeitos da origem sobre o comportamento das sementes de três cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 243-247, 1983.

FLOR, E. P. O. et al. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P.; KRZYZANOWSKI, F. C. Efeito do pré-condicionamento do grau de umidade de sementes de soja sobre a expressão do dano de embebição no teste de germinação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 20., 1998, Londrina. **Atas e Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 1998b. p. 400-401. (Documentos, 121).

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **DIACOM**: diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Londrina: Embrapa Soja, 1992. 22 p. (Circular técnica, 10).

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C. Seed production and technology for the tropics. In: Embrapa Soja. **Tropical soybean**: improvement and production. Roma: FAO, 1994. p. 217-240.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Metodologia alternativa para a avaliação da germinação de sementes de soja BR 16. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 8., 1993, Foz do Iguaçu. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 162, 1993.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1998d. 72 p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Dano de embebição: um problema comum no teste padrão de germinação em sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 8., 1993, Foz do Iguaçu. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 10, 1993.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Avaliação da suscetibilidade de cultivares de soja ao dano de embebição no teste padrão de germinação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10., 1997, Foz do Iguaçu. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 127, 1997.

FRANÇA NETO, J. B. et al. **Suscetibilidade das principais cultivares de soja utilizadas no Brasil ao dano de embebição no teste de germinação**. Londrina: Embrapa Soja, 1998a. 10 p. (Comunicado técnico, 60).

FRANÇA NETO, J. B. et al. **Metodologia alternativa para a avaliação da germinação de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 4 p.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Avaliação da suscetibilidade das principais cultivares de soja utilizadas no Brasil ao dano de embebição no teste padrão de germinação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 20., 1998, Londrina. **Atas e Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 1998c. p. 403. (Documentos, 121).

GERRITS, P. O. **The application of glycol methacrylate in histotechnology**: some fundamental principles. Netherlands: Department of Anatomy and Embryology State University Groningen, 1991. 80 p.

GIURIZATTO, M. I. K. et al. Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 771-779, 2003.

HOBBS, P. R.; OBENDORF, R. I. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, Madison, v. 13, p. 664-667, 1972.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 4 p. (Circular técnica, 37).

KRZYZANOWSKI, F. C.; GILIOLI, J. L.; MIRANDA, L. C. Produção de sementes nos Cerrados. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 465-522.

KRZYZANOWSKI, F. C.; MIRANDA, Z. F. S. Relatório do comitê de vigor da ABRATES. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 7-25, 1990.

LABOURIAU, L. G. **Germinação das sementes**. Washington, DC: OEA, 1983. 174 p. (Coleção de monografias científicas: biológicas, 24).

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

LOPEZ, A.; GRABE, D. F. Effect of protein content on seed performance in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Proceedings of the Association of Seed Analysts**, Lansing, v. 63, p. 106-116, 1973.

LOWE, L. B.; RIES, S. K. The effect of environment on the relationship between seed protein and seedling vigor in wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 52, p. 157-164, 1972.

LUZZATT, V.; HUDSON, F. The structure of the liquid-crystalline phases of lipid-water systems. **The Journal of Cell Biology**, New York, v. 12, p. 207-219, 1962.

MAEDA, J. A. et al. Influência de cultivares, espaçamentos e localidades na qualidade da semente de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 5, p. 515-518, 1983.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.

MANDARINO, J. M. G. et al. Chemical composition and amino acid profile of high protein Brazilian soybean. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING UTILIZATION CONFERENCE, 2., 1996, Bangkok. **Proceedings...** Kasetsart: Institute of Food Research and Product Development, 1996. p. 102-108.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 1-24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MAYER, A. M.; MAYBER, A. P. **The germination of seeds**. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press, 1978. 192 p.

McDONALD, M. B. Jr.; VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. C. Soybean seed imbibition: water absorption by seed parts. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 993-997, 1988a.

McDONALD, M. B. Jr.; VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. C. Seed coat regulation of soybean imbibition. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 987-992, 1988b.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 1, p. 1-24.

NAKAGAWA, J. et al. Intensidade de dormência durante a maturação de sementes de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 165-170, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381 p.

NOODÉN, L. D.; BLAKLEY, K. A.; GRZYBOWSKI, J. M. Control of seed coat thickness and permeability in soybean. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 79, p. 543-545, 1985.

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell wall by toluidine blue. **O Protoplasma**, Vienna, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.

OBENDORF, R. L.; HOBBS, P. R. Effect of seed moisture on temperature sensitives during imbibition of soybean. **Crop Science**, Madison, v. 10, p. 563-566, 1970.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds: I - effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, p. 621-627, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e sua relação com o conteúdo de lignina no tegumento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10., 1997, Foz do Iguaçu. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 173, 1997.

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

PARRISH, D. J.; LEOPOLD, A. C. Transient changes during soybean imbibition. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 59, p. 1111-1115, 1977.

PEREIRA, L. A. G.; ANDREWS, C. H. Comparison of non-wrinkled and wrinkled soybean seed coats by scanning electron microscopy. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 13, p. 853-860, 1985.

- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289 p.
- POWELL, A. A. Seed improvement by selection and invigoration. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 126-133, 1998. Número especial.
- PRETE, C. E. C.; CÍCERO, S. M.; FOLEGATI, M. V. Emergência de plântulas de soja no campo e sua relação com a embebição e condutividade elétrica das sementes. **Semina**, Londrina, v. 15, p. 32-37, 1994.
- PUTEH, A. B.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Influence of temperature and water uptake on the expression of cotyledon necrosis in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, p. 739-748, 1995.
- RIES, S. K. The relationship of size and protein content of bean seed with growth and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 96, p. 557-560, 1971.
- RIES, S. K.; EVERSON, E. H. Protein content and seed size relationships with seedling vigor of wheat cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 884-886, 1973.
- ROCHA, V. S. et al. **A qualidade da semente de soja**. Viçosa: UFV, 1990. 76 p.
- RODRIGUES, M. B. C. et al. Pré-hidratação em sementes de soja e eficiência do teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 168-181, 2006.
- ROSSETTO, C. A. V. **Estudos sobre a absorção de água e o desempenho de sementes de soja**. 1995. 144 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- ROSSETTO, C. A. V.; FERNANDEZ, E. M.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 17, n. 1, p. 171-178, 1995.
- ROSSETTO, C. A. V. et al. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1/2, p. 106-115, 1997.

SANTOS, E. L. et al. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

SANTOS, M. R. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de genótipos de soja colhidas em três regiões de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 62-71, 2000.

SILVA, M. A. D. **Morfologia da testa e potencial fisiológico de sementes de soja**. 2003. 84 f. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SIMON, E. W.; MILLS, L. K. Imbibition, leakage and membranes. In: NOZZOLILLO, C.; LEA, P. J.; LOEWIS, F. A. (Eds.). **Mobilization of reserves in germination, recent advances in phytochemistry**. New York: Plenum Press, 1983. v. 17, cap. 2, p. 9-27.

SIMON, E. W.; RAJA-HARUM, R. M. Leakage during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-1085, 1972.

SOUZA, L. A. et al. **Morfologia e anatomia vegetal: técnicas e práticas**. Ponta Grossa: UFGP, 2005. 194 p.

SWANSON, B. G.; HUGHES, J. S.; RASMUSSEN, H. Seed microstructure: review of water imbibition in legumes. **Food Microstructure**, Chicago, v. 4, p. 115-124, 1985.

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

TAVARES, D. Q. et al. Características estruturais do tegumento de sementes de linhagens de soja permeável e impermeável. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 10, p. 147-153, 1987.

TAVARES, D. Q. et al. Compostos fenólicos no tegumento de sementes de linhagens de soja permeável e impermeável. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 167-171, 1986.

TECNOLOGIAS de produção de soja: Paraná 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006a. 217 p. (Sistemas de produção, 10).

TECNOLOGIAS de produção de soja – região central do Brasil 2007. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2006b. 225 p. (Sistemas de produção, 11).

TEIXEIRA, J. P. F. et al. Efeito da localidade, adubação e anos consecutivos de plantio sobre o teor de proteínas em sementes de soja cv. Santa Rosa. **Científica**, Jaboticabal, v. 7, n. 3, p. 343-346, 1979.

TEKRONY, D. M. et al. Effect of date of harvest maturity on soybean seed quality and *Phomopsis* sp. seed infection. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 1, p. 189-93, 1984.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; PHILLIPS, A. D. Effects of field weathering on the viability and on vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 749-53, 1980.

TILDEN, R. L.; WEST, S. H. Reversal of the effects of ageing in soybean seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 77, p.584-586, 1985.

TOLEDO, F. F. **Produção de sementes**. Piracicaba: USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1969. 59 p. (Boletim didático, 11).

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, Washington, DC, v. 51, p. 780-785, 1968.

VANZOLINI, S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

VASQUEZ, G. H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento**. 1995, 138 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

VERTUCCI, C. W. The kinetics of seed imbibition. In: CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Seed moisture**. Madison, 1989. p. 93-115. (CSSA special publication, 14).

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, A. C. Dynamics of imbibition of soybean embryos. **Plant Physiology**, Bathesda, v. 72, p. 190-193, 1983.

VIEIRA, R. D. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1980. 76 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. 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. cap. 4, p. 1-26.

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

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

VIEIRA, R. D. et al. Estudo da qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar UFV-1, em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília, DF. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1982b. v. 1, p. 633-644 (Documentos, 1).

WESTGATE, M. E. et al. **Temperature regulation of uptake and metabolism of protein and oil precursors by developing soybean embryos**. Madison: American Soybean Association, 1995. 106 p. (Agronomy abstracts)

YAMADA, L. T. P. et al. Composição química e conteúdo de ferro solúvel em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 406-413, 2003.