

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

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES,  
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE SOJA**

**TIAGO ALEXANDRE DA SILVA**

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

BOTUCATU - SP

Julho – 2013

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

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES,  
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE SOJA**

**TIAGO ALEXANDRE DA SILVA**

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Ap. Amaral da Silva

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

BOTUCATU – SP

Julho -2013

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

Silva, Tiago Alexandre da, 1988-  
S586c      Condicionamento fisiológico de sementes, componentes de produção e produtividade de soja / Tiago Alexandre da Silva. - Botucatu : [s.n.], 2013  
viii, 63 f., il. color, grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013  
Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva  
Inclui bibliografia

1. Soja - Sementes. 2. Potencial osmótico. 3. Sementes - Deterioração. I. Silva, Edvaldo Aparecido Amaral da. II. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES, COMPONENTES  
DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE SOJA”

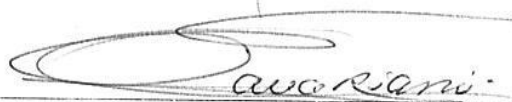
ALUNO: TIAGO ALEXANDRE DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

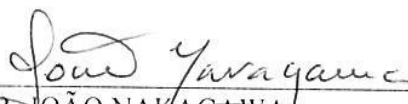
APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA



PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI



PROF. DR. JOÃO NAKAGAWA

Data da Realização: 31 de julho de 2013.

“Porque virá tempo em que os homens já não suportarão a sã doutrina da salvação. Levados pelas próprias paixões e pelo prurido de escutar novidades, ajuntarão **mestres** para si. Apartarão os ouvidos da verdade e se atirarão às fábulas. Tu, porém, sê prudente em tudo, paciente nas tribulações, cumpre a missão de pregador do evangelho, consagra-te ao teu ministério”

II Timóteo 4,5-8

Aos meus pais, **Francisco Alexandre e Marli Vicente**, pelo amor e dedicação, e por estarem ao meu lado em todos os momentos importantes da minha vida.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Se você está lendo esta página é porque eu consegui. E não foi fácil chegar até aqui. Do processo seletivo, passando pela aprovação até a conclusão do Mestrado, foi um longo caminho percorrido. Nada foi fácil, nem tampouco tranquilo.

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização

Em primeiro lugar, quero agradecer de forma especial a Deus, pelo cuidado, pela presença forte em toda essa etapa da minha vida, pelo seu amor e por insistir em mim, mantendo-me forte nos meus princípios, nos meus ideais.

Aos meus pais Francisco Alexandre e Marli Vicente e toda a minha família, que nunca mediram esforços para eu alcançar meus objetivos, estiveram sempre ao meu lado, sendo meu apoio em todos os momentos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Edvaldo Ap. Amaral dos Santos, pela liberdade e confiança referente ao presente trabalho, além da indiscutível amizade e compreensão em momentos difíceis.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Aos Profs. Dr. João Nakagawa, Cláudio Cavariani e Martha Maria Mischan, pela atenção, sugestões e valiosos ensinamentos durante o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudos durante o curso.

A todos os professores do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/ Botucatu pela atenção e ensinamentos.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura (Valéria Giandoni, Vera Cereda e Amanda Bedetti) e aos funcionários do setor do campo (Célio Mariano, Casimiro Alves, Aparecido da Silva, Milton Mateus, e Ciro de Oliveira), pela amizade e essencial contribuição nas atividades do experimento.

Aos amigos do Ministério Universidades Renovadas, que sem dúvida, foram um refúgio para minha alma, em especial a galera do Grupo de Oração Universitário (GOU) Frutos e toda galera da cidade de Botucatu que me acolheram como uma família, principalmente as pessoas do Grupo de Oração Cenáculo.

A todos os amigos de república, Rafael Ferraz (chaves), Raphael Travaglini (Ata) e Felipe Renzi (Banheta) e aos amigos do curso de pós-graduação, em especial aos do Laboratório de Análise de Sementes pela ajuda nos trabalhos, pelos conhecimentos divididos e pela amizade acima de tudo: Pedro Bento da Silva, Rubiana Falopa Rossi, Camila Aquino Tomaz, Hellen Sígla Demétrio, Wilson Dourado, Bruna Luiza de Souza, Denise Basso, Bárbara Panoff, Alexandre Carneiro da Silva, Daiane Ajala, Juliana Lima, Patrícia Silveira, Lilian Silveira, Leonel G. Pereira Neto, Vítor Oliveira e Ailton Rodrigues.

**Muito obrigado!**

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| LISTA DE TABELAS .....  | VI   |
| LISTA DE FIGURAS .....  | VIII |
| SUMMARY .....   | 3    |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 4    |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA.....                                     | 7    |
| 2.1. Cultura da soja .....  | 7    |
| 2.2. Vigor de sementes .....                                      | 9    |
| 2.3. Condicionamento fisiológico .....                            | 11   |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 17   |
| 3.1. Caracterização qualitativa inicial das sementes .....        | 18   |
| 3.1.1. Teor de água.....  | 18   |
| 3.1.2. Teste de germinação .....                                  | 19   |
| 3.1.3. Índice de velocidade de germinação (IVG).....              | 19   |
| 3.1.4. Teste de envelhecimento acelerado .....                    | 19   |
| 3.1.5. Teste de condutividade elétrica .....                      | 20   |
| 3.1.6. Teste de comprimento de plântulas .....                    | 20   |
| 3.2. Caracterização dos níveis de vigor das sementes .....        | 21   |
| 3.3. Caracterização do potencial osmótico da solução de PEG ..... | 21   |
| 3.4. Instalação e condução do experimento no campo .....          | 22   |
| 3.5. Avaliações no campo.....                                     | 27   |
| 3.5.1. Emergência de plântulas em campo.....                      | 27   |
| 3.5.2. Índice de Velocidade de Emergência (IVE).....              | 27   |
| 3.5.3. Florescimento .....  | 27   |
| 3.5.4. Ciclo.....   | 27   |
| 3.5.5. Altura média das plantas .....                             | 28   |



|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.5.6.  | Altura média da inserção da primeira vagem .....  | 28 |
| 3.5.7.  | Número médio de vagens por planta.....  | 28 |
| 3.5.8.  | Número médio de sementes por planta .....   | 28 |
| 3.5.9.  | Número médio de sementes por vagem .....  | 29 |
| 3.5.10. | Produtividade de sementes .....   | 29 |
| 3.5.11. | Massa de 100 sementes .....   | 29 |
| 3.6.    | Análise estatística .....   | 29 |
| 4.      | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 31 |
| 4.1.    | Caracterização qualitativa das sementes de soja .....   | 31 |
| 4.2.    | Florescimento e ciclo da cultivar M721 IRR .....  | 33 |
| 4.3.    | Efeitos do condicionamento osmótico sobre a emergência e o índice de velocidade de emergência das plântulas ..... | 34 |
| 4.4.    | Efeitos do condicionamento osmótico sobre a altura da planta e a altura da inserção da primeira vagem .....       | 38 |
| 4.5.    | Efeitos do condicionamento osmótico sobre a número de vagens/planta e no número de sementes/planta.....           | 41 |
| 4.6.    | Efeitos do condicionamento osmótico sobre o número de sementes/vagem e a produtividade da cultura da soja .....   | 44 |
| 4.7.    | Efeito do condicionamento osmótico sobre a massa de 100 sementes .....  | 49 |
| 5.      | CONCLUSÕES.....   | 51 |
| 6.      | REFERENCIAS .....   | 52 |

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1.** Principais características da cultivar de soja M7211RR.....18
- Tabela 2.** Concentrações de polietilenoglicol 6000 para valores de potencial osmótico à temperatura de 25°C (VILLELA et. al, 1991).....21
- Tabela 3.** Resultado da Análise química do solo da área experimental. Botucatu-SP, 2012/2013.....24
- Tabela 4.** Caracterização qualitativa de sementes de soja da cultivar M7211RR. Botucatu/SP, 2012. Teor de água (U), germinação (G), Envelhecimento acelerado 48h (EA), condutividade elétrica (CE), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de 100 sementes (M100), comprimento de plântula-raiz (CPR) e comprimento de plântula – parte aérea (CPPA).....31
- Tabela 5.** Caracterização qualitativa de sementes de soja da cultivar M7211RR condicionada em soluções de PEG de diferentes potenciais osmóticos. Botucatu/SP, 2012. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula-raiz (CPR) e comprimento de plântula – parte aérea (CPPA).....32
- Tabela 6.** Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula-raiz (CPR) e comprimento de plântula – parte aérea (CPPA) após 36 horas (médio vigor) e 48 horas (baixo vigor) de envelhecimento acelerado (E.A).Botucatu-SP, 2012.....33
- Tabela 7.** Emergência e IVE, em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis vigor das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.....37

- Tabela 8.** Altura média de plantas e altura média de inserção da primeira vagem, em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis vigor das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.....40
- Tabela 9.** Número de vagens/planta e número de sementes/planta em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.....43
- Tabela 10.** Número de sementes/vagem e produtividade, em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis vigor das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.....48
- Tabela 11.** Número Massa de 100 sementes em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.....49

**LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1.** Condicionamento osmótico de sementes de soja.....22
- Figura 2.** Estaqueamento da área, formação dos blocos para semeadura de sementes de soja condicionadas da cultivar M7211RR.....23
- Figura 3.** Ciclo da cultura (dias após a semeadura). Dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas de 22/11/2012 a 04/04/2013. (S=semeadura; C=colheita; VE, R1 - estádios de crescimento, segundo Fehr; Caviness (1977)).....25
- Figura 4.** População de plântulas estabelecidas no campo, antes do desbaste.....26
- Figura 5.** Início do florescimento nas plantas de soja da cultivar M7211RR, 51 dias após a semeadura.....34

## RESUMO

A cultura da soja apresenta importância comercial extremamente relevante, sendo hoje, o complexo soja considerado como a principal cadeia produtiva do agronegócio mundial. O condicionamento fisiológico das sementes é uma técnica de melhoria da qualidade fisiológica de sementes, sobretudo daquelas submetidas a condições de estresse. Dentro desse contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento agrônomo em plantas oriundas de sementes de soja condicionado em diferentes potenciais osmóticos em função dos níveis de vigor, em condições de campo. Inicialmente, as sementes foram qualitativamente avaliadas em laboratório. A partir da caracterização qualitativa, as sementes, então consideradas de alto vigor, foram artificialmente envelhecidas para obtenção das sementes com médio e baixo vigor (36 e 48h). As amostras de sementes com médio e baixo vigor foram submetidas ao condicionamento osmótico, por um período de 12 horas, contados a partir da instalação do tratamento. O experimento foi disposto em blocos ao acaso, em esquema fatorial,  $3 \times 2 + 1$ , correspondendo a três potenciais osmóticos (Testemunha (sementes envelhecidas não condicionadas), -1,0 e -1,2 MPa) e dois níveis de vigor (médio e baixo), e uma testemunha adicional de sementes secas de alto vigor sem condicionamento, com três repetições. Cada

unidade experimental foi constituída por cinco fileiras de 3 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m de cada uma de suas extremidades e uma fileira de cada lado da unidade experimental. Foram avaliadas os componentes de produção da soja e a produtividade. O condicionamento fisiológico influencia nos componentes de produção, em exceção da altura de plantas, produtividade e massa de 100 sementes. Os níveis de vigor diferiram estatisticamente no número de vagens/planta.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L. Merrill, vigor, condicionamento osmótico

SEED PRIMING, COMPONENTS OF PRODUCTION AND YIELD OF SOYBEAN PLANTS. Botucatu, 2013. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: TIAGO ALEXANDRE DA SILVA

Adviser: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

## SUMMARY

The soybean has relevant commercial importance and is considered as the main agribusiness chain worldwide. Seed priming is a technique used to improve seed quality, especially those subjected to stress conditions. Thus, this research aimed at to evaluate the agronomic performance of soybean seeds “primed” under different osmotic potentials, from seed with different levels of vigor. Initially, the seeds quality was assessed in laboratory. Following, the seeds were artificially aged to obtain seeds with medium and low vigor (36 and 48h). Seeds were subjected to priming, for a period of 12 hours. The experiment was arranged in a randomized block design in a factorial scheme 3x2+1, corresponding to three osmotic potential, control, -1.0 and -1.2 MPa and two levels of vigor (medium and low), and a treatment corresponding to dry seeds of high vigor without conditioning. In the field each experimental unit consisted of five rows of 3 m length each. For the evaluations were considered the three central lines, disregarding 0.50 m from each of its ends and a row on each side of the plot. We evaluated the components of soybean production and productivity. Priming influences the components of production, except for plant height, yield and weight of 100 seeds. The levels of vigor differed significantly in the number of pods / plant.

**Keywords:** *glycine Max* L. Merrill, vigor, osmopriming

## 1. INTRODUÇÃO

A produtividade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é crescente gradativamente graças a fatores como: a utilização de tecnologia adequada por parte dos produtores, o fomento da pesquisa e a obtenção de novas cultivares mais produtivas e menos susceptíveis às condições adversas que acometem a cultura. Atualmente, os produtores brasileiros de soja dispõem de tecnologia de produção agrícola perfeitamente adaptada às condições brasileiras, fazendo com que alcancem rendimentos de 3.000 a 6.000 kg ha<sup>-1</sup>(50 a 100 sacas ha<sup>-1</sup>) (CÂMARA, 1998).

A área plantada com a oleaginosa na safra 2012/13 teve um incremento de 10,7% em comparação com o verificado na safra 2011/12, e atingiram 27.715,5 mil hectares. Em todos os estados da Federação o comportamento foi semelhante, com exceção do Distrito Federal que permaneceu com 55,0 mil hectares. Esse aumento está relacionado ao elevado nível das cotações da oleaginosa no mercado interno e externo e ao bom desempenho com relação à comercialização realizada de forma antecipada, que nessa safra atingiu níveis recordes.

Os efeitos dessas ocorrências no cômputo geral da safra brasileira de soja apontaram para este exercício uma produção de 81.281,4 mil toneladas, um incremento de 22,4%, comparado com 66.383,0 mil toneladas produzidas na safra 2011/12 (CONAB, 2013).

Algo que tem sido observado é o desempenho da semente, relacionada ao seu histórico e às condições de ambiente com o qual interage após a semeadura. Com isso, mesmo lotes de sementes sadias e vigorosas podem ter



comportamento deficiente no campo, pois sob condições de ambientes subótimos, a porcentagem de emergência de plântulas pode não corresponder à de germinação obtida no laboratório. O progresso da deterioração é acentuado pela sensibilidade das sementes viáveis a condições adversas em campo, resultando em problemas, pois sempre é desejável o estabelecimento do estande formado por plantas vigorosas, sob ampla variação ambiental (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Delouche (1963), a deterioração é inevitável; após a maturidade, o potencial fisiológico das sementes podem permanecer relativamente inalterado durante certo período ou decrescer rapidamente, com velocidade e intensidade determinadas pelas condições do ambiente e as práticas de manejo, não sendo possível recuperar a qualidade individual da semente.

De acordo com Bewley e Black (1982), diversos tipos de técnicas pré-semeadura têm sido sugeridos para beneficiar a germinação e a emergência de plântulas. Dentre tais técnicas, o condicionamento fisiológico envolve a absorção de água pela semente, sob condições controladas, com favorecimento ao metabolismo das sementes durante as fases I e II da embebição, sem que ocorra a protrusão da raiz primária. Desse modo, ativa-se a digestão das reservas, translocação e assimilação, alcançando assim estado metabólico relativamente uniforme quando o acesso de água é interrompido. A semeadura em campo pode ser realizada logo após o tratamento, ou após secagem seguida por armazenamento até o momento favorável para a instalação da cultura (MARCOS FILHO, 2005).

A solução de polietilenoglicol (PEG) tem sido usada como meio osmótico para simular o estresse hídrico que poderia induzir a dormência secundária. Porém é necessário que a semente alcance determinado nível de água, cujo teor é variável com a espécie (BORGES et al. 2002). Diversos benefícios têm sido relatados com o emprego do osmocondicionamento, dentre eles a maior probabilidade de obtenção de melhores germinação de sementes e emergência de plântulas, particularmente em condições de estresse (WARREN E BENNETT 1997; MOHAMMADI 2009).

Dentro desse contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento agrônômico de plantas oriundas de sementes de soja condicionadas em diferentes potenciais osmóticos em função dos níveis de vigor em condições de campo.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tem como provável progenitor a espécie *Glycine ussuriensis* (COSTA, 1996).

A soja apresenta como centro de origem e domesticação o nordeste da Ásia (China e regiões adjacentes) (CHUNG e SINGH, 2008) e a sua disseminação do Oriente para o Ocidente ocorreu através de navegações.

O primeiro relato no Brasil sobre o surgimento da soja através de seu cultivo é de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Ao passar dos anos foi levada por imigrantes japoneses para São Paulo e somente em 1914 foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul, onde as cultivares oriundas dos Estados Unidos melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo (BONETTI, 1981).

Segundo Mondine *et al.* (2001), cada cultivar possui um fotoperíodo crítico, o qual se desenvolve vegetativamente de maneira adequada, quando o comprimento do dia atinge um determinado valor. A soja floresce somente quando o fotoperíodo do ambiente de cultivo passa a ter valor inferior ao fotoperíodo crítico. A melhor época, na teoria, para a semeadura da soja seria de 30 a 45 dias antes do solstício de verão (outubro/novembro), proporcionando tempo suficiente para a planta desenvolver-se

vegetativamente (período juvenil) com porte e altura compatíveis à alta produtividade. O florescimento seria induzido em janeiro, coincidindo com o aumento do nictoperíodo. A duração em torno de 13 horas de insolação geralmente é considerada como fotoperíodo crítico (FIELTZ e RANGEL, 2004).

Nos dias atuais a soja é considerada um dos principais produtos de exportação do Brasil e uma das principais *commodities* do mundo. Sua proteína é grandemente utilizada na alimentação animal e seu óleo na alimentação humana. Acrescenta-se a isto o fato de que cresce aceleradamente a sua participação na alimentação humana e na obtenção de outros produtos como adubos, revestimentos, papel, tintas e até combustível (EMBRAPA TRIGO, 2004)

Dentre os grandes produtores mundiais, o Brasil apresenta a maior capacidade de multiplicar a atual produção, tanto pela elevação da produtividade, quanto pelo potencial de expansão da área cultivada. Até 2020, a produção brasileira deve ultrapassar a barreira dos 100 milhões de toneladas, podendo assumir a liderança mundial na produção do grão (VENCATO et al., 2010).

Nesse cenário, atualmente o estado do Mato Grosso é campeão na produção de soja no Brasil. O município de Sorriso com apenas 60 mil habitantes, a 420 quilômetros ao norte da capital Cuiabá, é o maior município produtor do grão no país. Vale destacar que dos 20 municípios líderes em soja no Brasil, 13 são de Mato Grosso, tendo entre os cinco primeiros Nova Mutum, Sapezal, Campo Novo de Parecis e Diamantino (IBGE, 2013).

Moraes et al. (2004) consideram que o estudo das características agronômicas em cultivares de soja fundamenta-se na análise de características morfológicas dos indivíduos, como o número total de vagens, número total de grãos e massa de 1000 grãos. Para Peluzio et al. (2005), essas características diferem entre os cultivares e são modificadas pelas condições ambientais, as quais variam entre épocas e entre as densidades de semeadura. Portanto, as características agronômicas são bons indicadores fenotípicos quando se pretende conhecer o desempenho de cultivares em um determinado agroecossistema.

As características quantitativas, como os componentes de produção da planta, que respondem pela produtividade são diretamente influenciados pelos fatores

de manejo da área agrícola, compreendendo-se como tal, o conjunto de fatores aplicados na área de produção, que visam obter o máximo rendimento econômico (Garcia, 1992).

## 2.2. Vigor de sementes

Sementes de alto vigor propicia maior velocidade nos processos metabólicos, resultando na emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação, maiores taxas de crescimento e, portanto, plântulas com maior tamanho inicial (SCHUCH et al., 1999). Vanzolini e Carvalho (2002) verificaram em soja, que as sementes mais vigorosas produziram plântulas com maior comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas.

O comitê de vigor da International Seed Testing Association (ISTA) elaborou, após vários anos de debates, conceito aceitável de vigor de sementes. Ao contrário da germinação, uma propriedade mensurável, o conceito de vigor envolve várias características, todas associadas com aspectos do comportamento da semente durante o processo da germinação e do desenvolvimento da plântula; Assim é que em 1977, no congresso daquela entidade, a seguinte definição: “O vigor da semente é a soma de todas as propriedades da semente as quais estão associadas com diversos aspectos do desempenho da semente ou do lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula”. Outro conceito definido pela mesma associação de analistas de sementes considerou: “vigor de sementes é a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial da atividade e desempenho de uma semente ou lote de sementes, durante a germinação e a emergência da plântula” (ISTA, 1981). Para a Association of Official Seed Analysts (AOSA) (1983), “vigor de sementes abrange aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais, sob uma ampla diversidade de condições ambientais, incluindo condições ótimas e sob estresse”.

Embora esses conceitos envolvam expressões relativamente subjetivas como “soma total de propriedades”, “conjunto de características”, “robustez natural”, permitem estabelecer uma idéia central para a compreensão da interação do vigor sobre o comportamento das sementes. O vigor é reconhecido como parâmetro para a

caracterização do potencial fisiológico das sementes, apontando os lotes com maior ou menor probabilidade de sucesso após a semeadura no campo ou durante o armazenamento, sob condições diferentes do ambiente, ampliando as informações disponíveis sobre a viabilidade das sementes (avaliada sob condições subótimas) (MARCOS FILHO, 2005).

O baixo vigor das sementes, de um modo geral, tem sido relacionado a reduções na porcentagem, velocidade e uniformidade de emergência de plântulas, e no tamanho inicial das plântulas, refletindo, inclusive, no desempenho da cultura ao longo do seu ciclo. Esse efeito no desenvolvimento inicial da cultura pode influenciar na produção de sementes (PINTHUS; KIMEL, 1979; TEKRONY et al., 1987).

O efeito do vigor das sementes sobre o rendimento de grãos é demonstrado em alguns trabalhos. Scheeren (2002) observou estreita relação entre o vigor de sementes de soja e a produtividade, constatando aumento de 9% pelo uso de sementes de alto vigor. Também Kolchinski et al. (2005), avaliando plantas individuais de soja, observaram redução de 35% no rendimento de grãos em decorrência da utilização de sementes de menor vigor.

Sementes envelhecidas e deterioradas são as mais sensíveis aos danos de embebição, já que as membranas plasmáticas encontram-se enfraquecidas, perdem sua integridade e tornam mais suscetíveis à rápida entrada de água. O envelhecimento de sementes ocasiona alterações metabólicas durante o processo germinativo, modificando o metabolismo respiratório e a funcionalidade das membranas, a síntese de proteínas e ácidos nucléicos e o metabolismo de DNA (BASAJAVARAJAPPA, et. al., 1991). Com o envelhecimento há um declínio na atividade de enzimas que removem os peróxidos, como a catalase, contribuindo com o processo de deterioração (BRANDÃO JÚNIOR, 1996).

Sementes em estágio avançado de deterioração vêm mostrando uma resposta positiva ao incremento na velocidade de germinação, quando submetidas ao condicionamento fisiológico, permitindo um melhor aproveitamento dessas sementes. Melhoria no vigor após o condicionamento osmótico tem sido correlacionada com processos de reparo macromolecular durante o tratamento, bem como um balanço metabólico mais favorável das sementes pré-condicionadas no início da germinação (LANTERI et. al., 1998).

### 2.3. Condicionamento fisiológico

O condicionamento fisiológico é uma técnica usada para acelerar e uniformizar a germinação, consistindo na hidratação parcial das sementes sem que ocorra a protrusão da radícula (BRADFORD, 1986).

O umedecimento pode ser realizado por outros métodos, além da imersão direta das sementes em água. São eles: o equilíbrio com atmosfera úmida, a embebição em substrato úmido e o contato com soluções de potencial osmótico conhecido (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977). Dependendo do procedimento escolhido, o tratamento é denominado condicionamento hídrico (hidrocondicionamento), condicionamento osmótico (osmocondicionamento), condicionamento mátrico (matricondicionamento) ou, ainda, *priming* (KHAN et al., 1980-81)

Para o condicionamento, a embebição controlada envolve a limitação do tempo de embebição ou da quantidade de água disponível para a semente, sob temperatura determinada. A hidratação não ocorre uniformemente em todas as partes da semente. Caracteriza-se a entrada gradativa de água e a existência de uma fronteira nítida separando as partes secas e as partes úmidas da semente, a “frente de umedecimento”; esta se movimenta para as partes secas, ao mesmo tempo em que há aumento contínuo do grau de umidade nos tecidos já umedecidos. Portanto, as partes da semente poderão apresentar diferentes níveis de hidratação, até que, no seu interior, a água esteja distribuída uniformemente (MARCOS FILHO, 2005).

Evidentemente, quando a água é fornecida em quantidade limitada, deve ser definido previamente se as sementes serão mantidas úmidas até o período da semeadura ou submetidas a secagem até alcançarem nível seguro para o armazenamento. Esses processos envolvem grandes riscos, tanto pela manutenção da semente úmida durante período prolongado, quanto a secagem em si, que podem comprometer os eventuais benefícios advindos do tratamento.

As sementes para germinarem, exigem a satisfação de necessidades hídricas, térmicas e aeração. A captação da água segue um padrão trifásico, com uma embebição inicial rápida, seguida por período de relativa estagnação e por uma terceira fase de intensa hidratação, após a protrusão da raiz primária. As sementes toleram a

dessecação apenas durante as duas primeiras fases, em ritmo decrescente com o progresso de embebição.

Bewley e Black (1994) consideraram que a fase I caracteriza-se pela rápida absorção de água e possui um período de duração curto. Como independe de atividade metabólica da semente, pode ocorrer em condições anaeróbicas, sob baixas temperaturas (de modo mais lento), em sementes viáveis, dormentes (exceto as com tegumento impermeável), em tecidos vivos ou não. De modo geral, sementes de soja e de outras espécies nas quais predominam as reservas cotiledonares atingem 35-40% de água cerca de 1 a 2 horas após o início do processo, enquanto as endospermáticas (trigo, milho, cevado, triticale, centeio), nesse mesmo período, alcançam 25-30%.

Já na fase II ocorre uma redução acentuada na absorção de água e da intensidade de respiração, cuja duração é variável de acordo com a espécie considerada. Nesta fase acontece um transporte ativo das reservas desdobradas na fase anterior, do tecido de reserva para o tecido meristemático. O eixo embrionário, contudo, não obstante estar recebendo algum nutriente, ainda não consegue crescer nessa fase. As sementes de soja, ervilha, feijão, alface e milho podem permanecer nesta fase cerca de 8 a 10 vezes mais tempo do que a fase I.

A fase III é associada com o reinício do crescimento do embrião, as sementes exibem novamente absorção de água e atividade respiratória significativas. O aumento respiratório característico desta fase é atribuída principalmente a facilidade de acesso ao oxigênio, graças a ruptura do tegumento. Esta pode ser resultante da pressão exercida durante o aumento do volume da semente (embebição) e da alongação do eixo embrionário. Esta fase também é denominada de fase da germinação.

O osmocondicionamento consiste no controle de embebição das sementes que, em contato com soluções de determinadas substâncias, hidratam-se até o alcance do equilíbrio entre os potenciais, sendo ativado o processo bioquímico preparatório para a germinação. As soluções com os potenciais osmóticos podem ser preparadas com a utilização de sais inorgânicos, como nitrato de potássio ( $KNO_3$ ), cloreto de sódio (NaCl), cloreto de magnésio ( $MgCl_2$ ), sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ),  $KH_2PO_4$  (ortofosfato de potássio), sulfato de manganês ( $MnSO_4$ ) ou de outras substâncias solúveis em água, como manitol e glicerol. No entanto, predomina a utilização de polietilenoglicol (PEG), polímero de elevado peso molecular, não tóxico, inerte, que não penetra nas células das sementes; é



encontrado com pesos moleculares de 4000, 6000, 8000 e 12000 dalton, sendo os mais comuns de 6000 e 8000; este é preferível porque suas moléculas maiores não atravessam as membranas celulares, garantindo que as sementes absorvam apenas água (MARCOS FILHO, 2005).

Durante o condicionamento osmótico, a hidratação lenta das sementes permite um maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, possibilitando que os tecidos desenvolvam-se de maneira mais ordenada e com redução dos riscos de ocorrência de danos ao eixo embrionário causados pela rápida embebição. Várias mudanças fisiológicas e bioquímicas ocorrem nas sementes durante o tratamento ou em consequência do condicionamento osmótico. Essas mudanças incluem a síntese de macromoléculas, aumento da atividade de várias enzimas, aumento do poder germinativo e vigor e superação da dormência (MARCOS FILHO, 2005).

Diversos trabalhos têm demonstrado que o vigor das sementes é o componente da qualidade fisiológica mais influenciado pelo *priming*. Por essa razão, o tratamento tem sido comumente designado na literatura como um revigoramento de sementes. O vigor das sementes, com frequência, mostra-se elevado com o condicionamento osmótico, bem como a taxa, a sincronia e a porcentagem de emergência de plântulas, revelando resultados superiores àqueles obtidos com sementes não tratadas de várias espécies, particularmente sob condições adversas na semeadura tais como baixas e altas temperaturas, déficit hídrico ou salinidade (PILL et al., 1991).

Sung e Chang (1993) verificaram que o condicionamento osmótico de sementes de milho-doce aumentou a porcentagem e a uniformidade de emergência de plântulas, especialmente em baixas temperaturas. De acordo com Braccini et al. (1996), o aumento do período de envelhecimento acelerado influenciou negativamente o desempenho de sementes de soja, mas o tratamento com PEG-6000 foi satisfatória para garantir a qualidade das mesmas. Carvalho e Nakagawa (2000), por sua vez, aplicaram o condicionamento osmótico em sementes de sorgo e constataram aumento na velocidade de emergência e capacidade de estabelecimento das plântulas, sendo que as sementes envelhecidas e não envelhecidas comportaram-se de maneira diferente quanto a germinação e ao vigor. Perez e Jardim (2005) relataram em sua pesquisa com sementes condicionadas de paineira (*Chorisia speciosa* St.-Hil), maior velocidade de germinação sob estresses salino e térmico.

Diversos trabalhos mostraram melhores efeitos na utilização da técnica do condicionamento osmótico em lotes de sementes de médio e baixo vigor. Como constatados por Brocklehurst e Dearman (1984), em quatro lotes de alho poro condicionados em PEG; os melhores resultados ocorreram em lotes de baixo vigor.

A possível necessidade de aeração artificial se destaca como a principal desvantagem para a utilização da solução de polietilenoglicol, pois a solubilidade do oxigênio é inversamente proporcional à concentração de PEG; o baixo nível de oxigênio, induzindo a anaerobiose, favorece a produção de etanol, tóxico à semente. Com isso, existem autores que defendem a utilização de sais, considerando-os mais vantajosos em relação ao PEG, porque não reduzem a disponibilidade de oxigênio, além de ressaltarem os benefícios do  $\text{KNO}_3$  à germinação, provocados por  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (BROCKLEHURST; DEAMAN, 1984). Ao mesmo tempo, agentes condicionadores como o manitol e outros de peso molecular mais baixo podem ser absorvidos e metabolizados durante a germinação e promover efeitos tóxicos (PARMAR; MOORE, 1996).

As pesquisas, em sua maioria, sugerem ou concluem que a hidratação controlada promove a atividade de mecanismo de reparo das membranas, de ácidos nucléicos, de outras macromoléculas e componentes de estrutura celular, sem, no entanto, identificá-los completamente, mas ressaltando a redução da liberação de exsudados durante a embebição e a menor ocorrência de microrganismos associados às sementes.

Vários trabalhos referem-se ao acréscimo da síntese de DNA, como Fu et al. (1988), Dell'Aquilla e Tritto (1990), Clarke e James (1991), Bino et al. (1992) e Bray (1995), contrariando as observações de Khan et al. (1980-81). Acréscimos na síntese e atividade enzimática tem sido relatados por diferentes autores, como Khan et al. (1980-81), Fu et al. (1988), Copeland e McDonald (1995), Trigo et al. (2000), confirmando as conclusões de Savino et al. (1979), segundo as quais a mobilização geral das reservas durante o condicionamento fisiológico permite a antecipação do início da síntese de “novo” RNA-m, de proteínas e de enzimas fundamentais para o reparo do sistema de membranas.

Foi também enfatizado pelos pesquisadores a intensidade da síntese de RNA, além dos incentivos à atividade respiratória e aumento na produção de ATP, com liberações de maiores quantidades de energia, favorecendo a germinação subsequente

(CHOJNOWSKI et al., 1997). Pill (1995) destacou a importância dos efeitos do condicionamento fisiológico sobre os ajustes do potencial osmótico celular, o acréscimo do turgor radicular e a ação de enzimas que promovem o enfraquecimento de tecidos que restringem a expansão da radícula durante a germinação. No entanto, maior ênfase tem sido dirigida para os efeitos do condicionamento que contribuem para a diminuição da peroxidação de lipídeos e a recuperação estrutural do sistema de membrana (McDONALD, 1999).

Diversos eventos metabólicos são ativados durante o *priming* e contribuem com a melhoria da germinação subsequente. Os benefícios têm sido associados a ativação de mecanismos de reparos macromolecular e do sistema de membranas, incremento nas atividades enzimáticas, mobilização de açúcares e proteínas (Srinivasan et al., 1999; McDonald, 1998) e, também, superação de dormência (Marcos Filho, 2005). Bradford (1986), sugeriu que o *priming* promove um acúmulo de solutos no decorrer do processo, resultando em um maior potencial de turgor do embrião durante a reidratação das sementes, o que resultaria na emergência da radícula em menor tempo. Além disso, alguns autores têm demonstrado que o condicionamento osmótico pode reverter os efeitos da deterioração nas sementes (Burgass & Powell, 1984; Dell'Aquila & Taranto, 1986; Fujikura & Karssen, 1992; Barbedo et al., 1997; Baylly et al., 1998; Lanteri et al., 1998b; Trigo et al., 1999; Kikuti et al., 2002; Jeller & Perez, 2003).

Diversos trabalhos mostram melhores efeitos na utilização da técnica do condicionamento osmótico em lotes de sementes de médio e baixo vigor (HEYDECKER et al., 1975). Como constatados por BROCKLEHURST & DEARMAN (1984), em quatro lotes de sementes de alho-poró condicionadas em PEG; os melhores resultados ocorreram em lotes de baixo vigor. Resultados similares foram obtidos por Carvalho et al. (2000) em sementes de sorgo, cv. EA-166, submetidas ao condicionamento fisiológico com PEG-6000. Em adição, OLIVEIRA & GOMES-FILHO (2010) constataram que o envelhecimento artificial afetou negativamente o desempenho das sementes de sorgo, mas tais efeitos deletérios podem ser parcialmente revertidos pelo condicionamento osmótico, de modo que, em detrimento dessa técnica não ter influenciado os parâmetros que os autores usaram para avaliar a germinação, o *priming* promoveu benefícios significativos no vigor das sementes previamente envelhecidas.

Baseados em dados obtidos por Heydecker et al. (1975), pioneiros neste tipo de estudo, a aceleração da velocidade de germinação ou de emergência de plântulas é a observação mais frequente após o tratamento. No entanto, se for incluído o período necessário para o tratamento (embebição controlada), a duração do processo de germinação é ampliada. Assim, os benefícios à rapidez de germinação devem ser analisados apenas a partir do período em que as sementes são colocadas em ambiente favorável à germinação.

Atuando na redução de injúrias durante a embebição, o condicionamento age na reestruturação do sistema de membranas determinando a manutenção da permeabilidade seletiva, sendo assim, a organização das membranas não permite a rápida entrada de água nem a excessiva liberação de exsudados.

Uma das principais vantagens do condicionamento é a tolerância a estresse após a sementeira ou durante a germinação, conferindo resistência a queda acentuada ou a elevação de temperatura, à deficiência hídrica e ao aumento da concentração salina, evidenciados frequentemente na literatura. Como exemplos têm-se apresentados resultados obtidos por Aguiar (1979), demonstrando benefícios ao desempenho de sementes de arroz, sob estresse salino, e por Eira e Marcos Filho (1990), pesquisando em sementes de alface os efeitos do condicionamento osmótico com PEG e manitol.

Segundo Sivritepe et al. (2003) o osmocondicionamento de sementes pode ser adotado como ferramenta tecnológica útil quando se pretende cultivar espécies sob condições de salinidade e, também, em ensaios de avaliação de tolerância de espécies a estresse abiótico como a salinidade do meio de cultivo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi instalado e conduzido durante o ano agrícola de 2012/2013 no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (DPMV) e na área da Fazenda Experimental Lageado pertencentes Faculdades de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho”, Campus de Botucatu-SP (UNESP/FCA).

Foram utilizadas sementes da cultivar M7211RR, cuja as principais características estão relacionadas na tabela 1:

Tabela 1. Principais características da cultivar de soja M7211RR (BREJEIRO, 2012)

| Características         | M7211RR            |
|-------------------------|--------------------|
| Porte (cm)              | 90                 |
| Hábito de crescimento   | Indeterminado      |
| Coloração do hipocótilo | Roxo               |
| Cor da pubescência      | Marrom             |
| Florescimento (dias)    | 42                 |
| Cor da flor             | Roxa               |
| Cor do hilo             | Preta              |
| Grau de maturação       | 7,2                |
| Ciclo (dias)            | 108 a 115          |
| Época de semeadura      | 20 de out a 30 dez |

### 3.1. Caracterização qualitativa inicial das sementes

Inicialmente, as sementes foram qualitativamente avaliadas, em laboratório, mediante as determinações e testes de teor de água, massa de 100 sementes, germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado (41 °C; 48 h; 100% UR), condutividade elétrica, crescimento de plântulas, segundo metodologias constantes em BRASIL (2009), com adaptações em Marcos Filho (1999); Nakagawa (1994); e Vieira; Krzyzanowski (1999).

#### 3.1.1. Teor de água

Para determinação do teor de água das sementes, foram empregadas duas sub-amostras de 20 sementes e o método da estufa elétrica de desidratação, sem ventilação forçada, a  $105 \pm 3$  °C durante 24 horas (BRASIL, 2009), com expressão dos resultados percentuais em base úmida.

### 3.1.2. Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes, dispostas em substrato de papel toalha do tipo germitest, 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 (espessura de 0,033mm) fechados mantidos em um germinador regulado à temperatura de 25°C. As leituras foram efetuadas aos cinco e oito dias após a semeadura, computando-se as porcentagens de plântulas normais, anormais e de sementes mortas (BRASIL, 2009).

### 3.1.3. Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado mediante contagem diária de sementes germinadas durante oito dias, onde foi realizado separadamente do teste de germinação, contendo 4 repetições de 25 sementes em caixas do tipo gerbox, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962); onde:

$$IVG = (G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n), \text{ onde:}$$

IVG = índice de velocidade de germinação

$G_1$ ,  $G_2$  e  $G_n$  = número de plântulas germinadas determinado na primeira, na segunda, ...e na última contagem.

$N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  = número de dias da “semeadura” à primeira, à segunda, ...e à última contagem.

### 3.1.4. Teste de envelhecimento acelerado

Conforme metodologia descrita em Marcos Filho (1999), o teste de envelhecimento acelerado consistiu da disposição das sementes sobre tela no interior de caixas de plástico (11 x 11 x 3,5 cm), contendo 200 sementes em camada única, sem entrarem em contato com os 40 mL de água destilada contidos no fundo. As caixas foram

fechadas e mantidas no interior de sacos de plástico a 41 °C por 48 horas em câmara de envelhecimento. Imediatamente após o término do período de envelhecimento, foi realizado teste de germinação como descrito no item 3.1.3. Avaliando-se, porém, a porcentagem de plântulas normais aos cinco dias após a instalação. Foi determinado também, após o período de envelhecimento, o teor de água das sementes conforme o método descrito no item 3.1.1.

### **3.1.5. Teste de condutividade elétrica**

A avaliação da condutividade elétrica consistiu da disposição de quatro sub-amostras de 50 sementes, com massas conhecidas, em recipientes de plástico, adicionando-se 75 mL de água destilada. Os recipientes foram mantidos em temperatura de 25 °C por 24 horas para, a seguir, proceder-se a leitura com condutímetro (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), modelo Digimed D31. O resultado foi expresso em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , dividindo-se a leitura pela massa das sementes.

### **3.1.6. Teste de comprimento de plântulas**

Foram aplicados os procedimentos descritos por Nakagawa (1999), adaptado de AOSA (1983). Foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes de soja. Uma linha foi traçada no terço superior do papel toalha de germinação no sentido longitudinal. Os papéis foram umedecidos previamente com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes de soja foram posicionadas de forma que a micrópila estivesse voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador por oito dias a 25°C. Ao final deste período, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e hipocótilo) utilizando-se uma régua. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros.

Os resultados das avaliações de caracterização qualitativa estão na tabela 4.



### 3.2. Caracterização dos níveis de vigor das sementes

A partir da caracterização qualitativa inicial, as sementes, então consideradas de alto vigor, foram artificialmente envelhecidas para obtenção das sementes com médio e baixo vigor. Para tanto, foram realizados vários pré-testes, em tempos de exposição de 24; 36 e 48 horas às condições de envelhecimento a 41°C. Após cada período de envelhecimento, as sementes foram novamente avaliadas quanto à porcentagem de germinação, ao índice de velocidade de germinação e ao crescimento de plântulas, conforme metodologias descritas nos itens; 3.1.3., 3.1.4. e 3.1.7.. Aquelas envelhecidas por 36 e 48 horas foram consideradas como de médio e baixo vigor, respectivamente (Tabela 3).

### 3.3. Caracterização do potencial osmótico da solução de PEG

Para iniciar definição do potencial osmótico que melhorasse a germinação das sementes e o desenvolvimento das estruturas das plântulas, foram conduzidos pré-testes avaliando-se os potenciais de -0,6MPa, -0,8MPa, -1,0MPa, -1,2MPa, -1,4MPa, de acordo com as concentrações de PEG 6000 dispostas na Tabela 4; considerando ainda, o hidrocondicionamento e uma testemunha, no qual não foi condicionada (Tabela 5).

Tabela 2. Concentrações de polietilenoglicol 6000 conforme o potencial osmótico à temperatura de 25°C (VILLELA et. al, 1991).

| Potencial Osmótico | Concentração de PEG 6000 (g/l) |
|--------------------|--------------------------------|
| -0,6               | 223,664                        |
| -0,8               | 261,948                        |
| -1,0               | 295,713                        |
| -1,2               | 326,261                        |
| -1,4               | 354,365                        |

Para a aplicação dos tratamentos de condicionamento osmótico as amostras de sementes foram dispostas em caixas plásticas transparentes (11x11x3,5cm) (Figura 2), contendo duas folhas de papel-toalha (germitest), umedecidas com 10 ml da solução de polietilenoglicol (PEG 6000) com potencial osmótico ajustado (tabela 4), de

acordo com a equação proposta por Michel e Kaufmann (1973), sendo o tempo de troca da solução monitorado por um refratômetro manual modelo 103 da BIOBRIX, onde a troca da solução foi realizada antes da redução do potencial, nos intervalos de: uma hora, nas três primeiras horas de embebição; após 3 horas e após 6 horas de embebição. As caixas plásticas foram mantidas em estufa incubadora do tipo B.O.D., a 25°C, por um período de 12 horas, contados a partir da instalação do tratamento, conforme Sadeghi et al. (2011).



**Figura 1.** Condicionamento osmótico de sementes de soja

Após o período de condicionamento osmótico, as sementes foram lavadas superficialmente em água corrente, com a finalidade de eliminar o excesso de PEG 6000, sendo imediatamente submetidas às avaliações de sua qualidade fisiológica. As sementes foram avaliadas pelos dos testes de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântula (Tabela 5), onde foram determinados os potenciais que foram utilizados nas sementes de médio e baixo vigor.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### **3.4. Instalação e condução do experimento no campo**

Para uma grande quantidade de sementes, foram realizados as mesmas caixas de plásticos transparentes (11x11x3,5cm) tanto para o envelhecimento

quanto para o condicionamento fisiológico, usando a mesma metodologia conforme os itens 3.2. e 3.3.. Logo após o envelhecimento nos períodos de exposição de 36 e 48h (médio e baixo vigor, respectivamente), as sementes foram condicionadas à -1,0 e -1,2MPa, em seguida as sementes foram lavadas em água corrente e colocadas em bandejas contendo papel toalha por duas horas e levadas em saco de papel para o campo.

A localização da área experimental está definida pelas coordenadas geográficas 22° 49' Latitude Sul e 48° 25' Longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 810 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, definido como clima temperado (mesotérmico), região constantemente úmida (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994), com precipitação pluvial média anual em torno de 1600 mm, e temperaturas médias do mês mais quente superior à 23 °C e do mês mais frio de 17 °C.



Figura 2. Estaqueamento da área, formação dos blocos para semeadura de sementes de soja condicionadas da cultivar M7211RR

Os dados climáticos de precipitação pluvial e temperatura foram coletados, diariamente, no posto meteorológico da Fazenda Experimental Lageado, localizado próximo da área experimental, cujas médias estão graficamente representadas na Figura 4.

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho Estruturado (EMBRAPA, 1999) cujos resultados da análise química, realizada em amostra coletada na profundidade de 0-20 cm antes da instalação do experimento, são apresentados na Tabela 3.

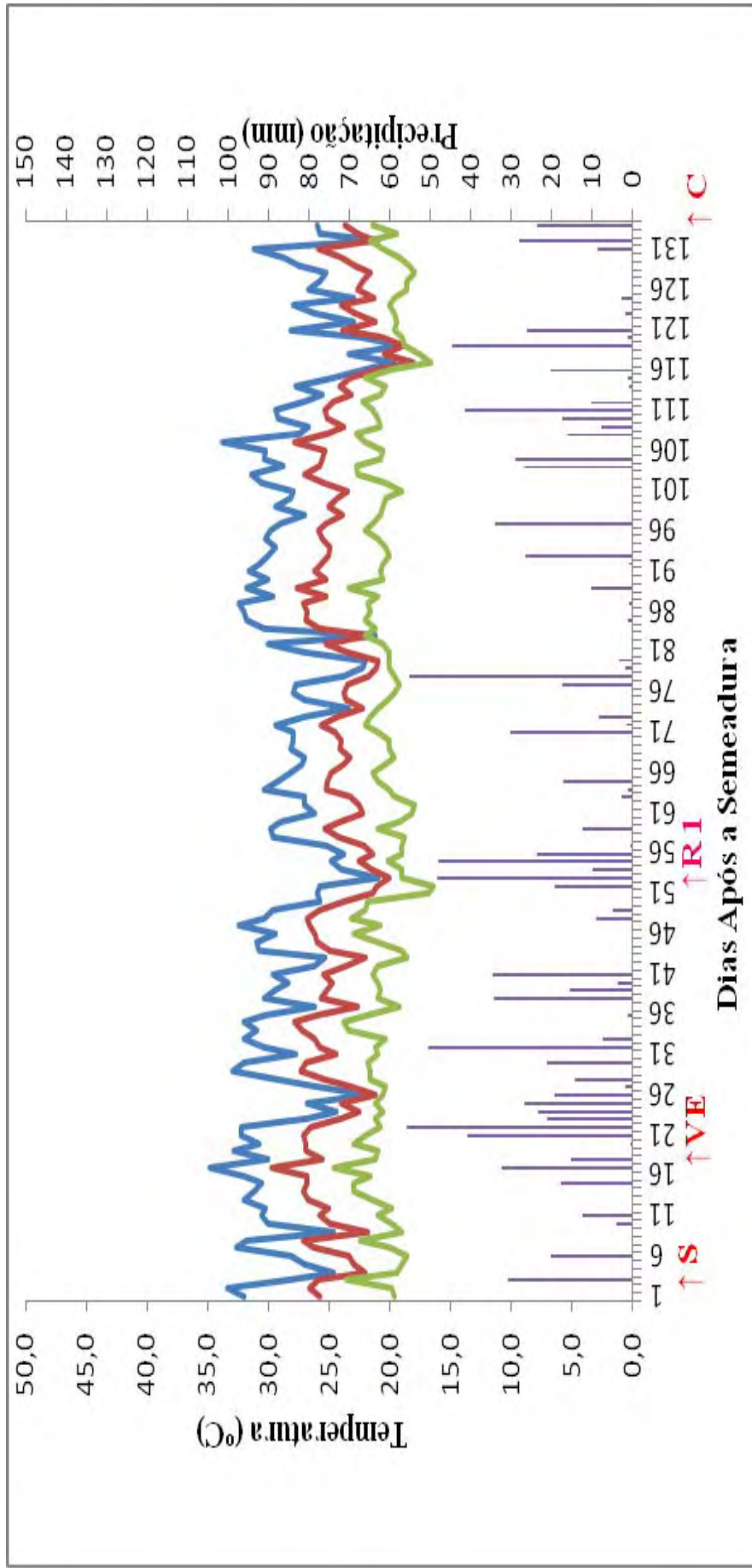
Tabela 3. Resultado da análise química do solo da área experimental. Botucatu-SP, 2012/2013

| Ph                | M.O.              | P <sub>resina</sub> | Al <sup>3+</sup>                              | H+Al | K   | Ca | Mg | SB | CTC | V% |
|-------------------|-------------------|---------------------|---|------|-----|----|----|----|-----|----|
| CaCl <sub>2</sub> | g/dm <sup>3</sup> | mg/dm <sup>3</sup>  | -----mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ----- |      |     |    |    |    |     |    |
| 4,8               | 34                | 17                  | ---   | 42   | 2,1 | 29 | 15 | 46 | 89  | 52 |

Foi realizada a calagem, na quantidade de 1000 kg. ha<sup>-1</sup> de calcário para elevação da saturação de bases (V%) para 60%, conforme recomendações para o estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997).

A adubação de semeadura foi realizada de acordo com Raij et.al., (1997) e baseando-se nos resultados da análise química do solo, considerando uma produtividade esperada de 4000 kg. ha<sup>-1</sup>, e constou da aplicação de 2 kg. ha<sup>-1</sup> de N, 20 kg. ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 kg. ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O

O solo foi sulcado e adubado mecanicamente com emprego de uma semeadora de cinco linhas espaçadas de 0,45 m. As sementes foram distribuídas manualmente, a uma profundidade de 0,05 m, em quantidade superior a três vezes à recomendada para posterior realização do desbaste.



**Figura 3.** Ciclo da cultura (dias após a semeadura). Dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas de 22/11/2012 a 04/04/2013. (S=semeadura; C=colheita; VE, R1 - estádios de crescimento, segundo Fehr; Caviness (1977)).

A instalação do experimento ocorreu em 22 de novembro de 2012, em área anteriormente cultivada com aveia preta (*Avena strigosa*) no período da entressafra.

A inoculação com estirpes *Bradyrhizobium* sp. foi realizada pela aplicação de solução (inoculante + água) no sulco de semeadura, seis vezes superior à dose indicada para as sementes. O fechamento dos sulcos e a compactação sobre as sementes também foram realizados manualmente.

O desbaste foi realizado 25 dias após a emergência de todas as plântulas, considerando a densidade populacional desejada de 13 pl.m<sup>-1</sup>, e de modo a proporcionar equidistância entre as plantas na linha (Figura 6).



**Figura 4.** População de plântulas estabelecidas no campo, antes do desbaste

Durante a condução do experimento foram aplicados tratamentos fitossanitários, baseado em indicações do monitoramento regular de insetos-pragas e doenças, e, conforme recomendações da tecnologia de produção de soja (EMBRAPA, 2010).

### 3.5. Avaliações no campo

#### 3.5.1. Emergência de plântulas em campo

Dezesseis dias após a semeadura foi efetuada a contagem por linha de semeadura de todas as plântulas da parcela útil e efetuado o cálculo de emergência de plântulas em campo, expressa em porcentagem.

#### 3.5.2. Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) foi determinado mediante contagem diária do número de plântulas emersas durante 16 dias após a semeadura e o índice determinado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962);

$$\text{IVE} = (E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n), \text{ onde:}$$

IVE = índice de velocidade de emergência

$E_1, E_2$  e  $E_n$  = número de plântulas emersas a cada dia;

$N_1, N_2$  e  $N_n$  = número de dias decorridos da semeadura da primeira até a última contagem.

#### 3.5.3. Florescimento

O dia de florescimento correspondeu ao número de dias compreendido entre a emergência das plântulas e a presença de 50% das plantas da área útil de cada parcela experimental no estágio R1, ou seja, com pelo menos uma flor aberta na haste principal, conforme escala proposta por Fehr e Caviness (1977).

#### 3.5.4. Ciclo

O ciclo de cada tratamento referiu-se ao número de dias compreendido entre a emergência das plântulas e a presença de 50% das plantas da área

útil de cada parcela experimental no estágio R8 (maturação plena), conforme escala proposta por Fehr e Caviness (1977).

### **3.5.5. Altura média das plantas**

A altura média das plantas foi calculada no final do ciclo da cultura, medindo-se a distância entre a superfície do solo e o ápice do caule de 10 plantas da área útil de cada parcela experimental.

### **3.5.6. Altura média da inserção da primeira vagem**

A altura média da inserção da primeira vagem foi determinada no final do ciclo da cultura, medindo-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem presente na planta, avaliando-se 10 plantas da área útil de cada parcela.

### **3.5.7. Número médio de vagens por planta**

O número médio de vagens por planta foi obtido pela relação entre o número de vagens de cada planta, avaliando-se 10 plantas da área útil de cada parcela.

### **3.5.8. Número médio de sementes por planta**

O número médio de sementes por planta foi obtido pela relação entre o número total de sementes e a quantidade de plantas retirada para a amostra, sendo assim 10 plantas por parcela.



### **3.5.9. Número médio de sementes por vagem**

O número médio de sementes por vagem foi obtido pela relação entre o número total de sementes e o número total de vagens, avaliando-se 10 plantas por parcela.

### **3.5.10. Produtividade de sementes**

A produção de sementes, em quilos por hectare, foi determinada após colheita das plantas da área útil de cada parcela experimental, com auxílio de colhedora mecânica de parcelas, e posterior pesagem das sementes e padronização do grau de umidade para 13% em base úmida, determinado pelo do método de estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009); foram consideradas, também, a produção das 10 plantas coletadas anteriormente para outras avaliações.

### **3.5.11. Massa de 100 sementes**

Para avaliação da massa de 100 sementes foram separadas, conforme prescrições estabelecidas pela RAS (BRASIL, 2009), oito sub-amostras de 100 sementes de cada parcela, após a colheita, cujas massas foram determinadas em balança de precisão, com correção do teor de água para 13%. Os resultados foram expressos em gramas.

## **3.6. Análise estatística**

O experimento foi disposto em blocos ao acaso (Figura 3), em esquema fatorial,  $3 \times 2 + 1$ , correspondendo a três potenciais osmóticos (Testemunha (sementes envelhecidas não condicionadas), -1,0 e -1,2 MPa) e dois níveis de vigor (médio e baixo), e uma testemunha adicional de sementes secas de alto vigor sem condicionamento, com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por cinco fileiras de 3 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as três linhas

centrais, desprezando-se 0,50 m de cada uma de suas extremidades e uma fileira de cada lado da unidade experimental. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), e a testemunha adicional foi comparada com os demais tratamentos pelo teste de Dunnett.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização qualitativa das sementes de soja

Conforme pode-se observar na Tabela 4, as sementes de soja da cultivar M7211RR teve alta qualidade fisiológica, onde é caracterizada pela germinação e pelo vigor. O emprego de sementes de soja com a germinação e o vigor comprometidos pode propiciar a obtenção de população de plantas inadequada, o que pode reduzir a produtividade.

**Tabela 4.** Caracterização qualitativa de sementes de soja da cultivar M7211RR. Botucatu/SP, 2012. Teor de água (U), germinação (G), Envelhecimento acelerado 48h (EA), condutividade elétrica (CE), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de 100 sementes (M100), comprimento de plântula-raiz (CPR) e comprimento de plântula – parte aérea (CPPA).

| Características | U.<br>----- | G<br>-----(%)---- | EA<br>----- | CE<br>μS.cm <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> | IVG  | CPR<br>cm | CPPA<br>cm |
|-----------------|-------------|-------------------|-------------|--|------|-----------|------------|
| M7211RR         | 7,9         | 93                | 59          | 75,9                                       | 12,1 | 7,3       | 5,8        |

De acordo com Vieira et al. (1993), o componente fisiológico pode ser influenciado pelo ambiente em que as sementes se formam. Portanto, deve-se considerar germinação e o vigor, procurando-se diferenciar sementes com maior potencial fisiológico, em função de tratos culturais aplicados (ANDRADE et al., 1999).

As sementes da cultivar M7211RR, considerada como de alto vigor, obtiveram maiores resultados quando condicionadas ao potencial osmótico de -1,0 e -1,2Mpa, diferindo significativamente da testemunha (semente não condicionada) para as características índice de velocidade de germinação e crescimento de plântulas da parte radicular e aérea (tabela 5), sendo esses dois potenciais osmóticos escolhidos para serem utilizados nas sementes de médio e baixo vigor semeadas no campo.

**Tabela 5.** Caracterização qualitativa de sementes de soja da cultivar M7211RR condicionada em soluções de PEG de diferentes potenciais osmóticos. Botucatu/SP, 2012. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula-raiz (CPR) e comprimento de plântula – parte aérea (CPPA).

| Potencial Osmótico | G (%)   | IVG     | C.R (cm) | C.P.A. (cm) |
|--------------------|---------|---------|----------|-------------|
| Testemunha         | 93,00a  | 12,14c  | 7,31c    | 5,80d       |
| 0,0 MPa            | 67,00c  | 15,83ab | 16,98a   | 13,21ab     |
| -0,6MPa            | 82,00b  | 18,02ab | 15,31a   | 12,60bc     |
| -0,8MPa            | 88,00ab | 16,72ab | 17,62a   | 12,01bc     |
| -1,0MPa            | 90,00ab | 18,96a  | 17,91a   | 13,06abc    |
| -1,2MPa            | 93,00a  | 18,49ab | 17,70a   | 14,60a      |
| -1,4MPa            | 87,00ab | 15,25bc | 11,91b   | 11,16c      |

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O hidrocondicionamento e o potencial de -0,6MPa reduziu a germinação, diferindo significativamente da testemunha (sementes sem condicionamento); as sementes condicionadas a -1,2Mpa apresentou a mesma porcentagem de germinação da testemunha, sendo que as condicionadas a -0,8 , -1,0 e -1,4MPa não diferenciaram significativamente do controle, observando que a diminuição da germinação ocorre quando o potencial osmótico ultrapassa -1,2MPa, não ocorrendo um aumento proporcional da germinação em relação ao potencial osmótico (tabela 5).

Segundo Marcos Filho (2005), tendo como objetivo principal a uniformização do comportamento das sementes, não seria coerente estimar uma resposta ampla de lotes altamente vigorosos, já que não é normal o aprimoramento de algo ótimo.

As sementes de médio e baixo vigor condicionadas aos potenciais -1,0 e -1,2MPa demonstraram aumento na germinação e no índice de velocidade de germinação comparada com as sementes que não receberam o condicionamento, sendo observado os resultados na tabela 6.

**Tabela 6.** Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula-raiz (CPR) e comprimento de plântula – parte aérea (CPPA) após 36 horas (médio vigor) e 48 horas (baixo vigor) de envelhecimento acelerado (E.A). Botucatu-SP, 2012.

| Caractrísticas    | Alto vigor | Médio vigor | Baixo vigor |
|-------------------|------------|-------------|-------------|
| G(%)              | 93         | 74          | 59          |
| G (%) -1,0 MPa    | 90         | 85          | 74          |
| G (%) -1,2 MPa    | 93         | 88          | 74          |
| IVG               | 12,13      | 11,81       | 10,57       |
| IVG -1,0 MPa      | 18,96      | 14,25       | 13,92       |
| IVG -1,2MPa       | 18,49      | 13,84       | 13,91       |
| C.R. (cm)         | 7,31       | 16,78       | 14,15       |
| C.R. (cm)-1,0MPa  | 17,91      | 12,79       | 14,06       |
| C.R. (cm) -1,2MPa | 17,70      | 14,85       | 14,86       |
| C.P.A. (cm)       | 5,80       | 12,16       | 11,61       |
| C.P.A (cm)-1,0MPa | 13,06      | 11,86       | 11,06       |
| C.P.A (cm)-1,2MPa | 14,59      | 12,13       | 11,17       |

#### 4.2. Florescimento e ciclo da cultivar M7211RR

O florescimento das plantas ocorreu 51 dias após a emergência das plântulas (figura 7) e não foi influenciado pelos fatores avaliados, vigor e condicionamento osmótico, pois essa característica é afetada por fatores ambientais, principalmente disponibilidade hídrica, temperatura do ar e fotoperíodo. A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima da temperatura base, que para as cultivares

brasileiras estimada de 13 °C, fato ocorrido durante a condução do experimento, além da sensibilidade ao período de escuro (nictoperíodo), para a indução e formação do botões florais.



**Figura 5.** Início do florescimento nas plantas de soja da cultivar M7211RR, 51 dias após a semeadura

O ciclo das plantas da cultivar M7211RR foi mais longo que o descrito. A referente variedade é classificada como precoce pela Monsanto (108 a 115 dias), enquanto que foi verificado 134 dias. Essa variação é dependente das condições climáticas e, principalmente, da altitude de cada local de produção.

#### **4.3. Efeitos do condicionamento osmótico sobre a emergência e o índice de velocidade de emergência das plântulas**

Para as sementes condicionadas a -1,0MPa houve diferença significativa entre os níveis de vigor, onde nas sementes de média vigor foram observados uma maior porcentagem de emergência de plântulas.

A porcentagem de emergência de plântulas foi superior quando sementes de médio vigor foram condicionadas a -1,0MPa, diferenciando das sementes condicionadas a -1,2MPa, sem diferir, porém, da testemunha. Para o condicionamento

osmótico das sementes de baixo vigor, não produziu benefícios à emergência de plântulas (Tabela 7).

Esse resultado vai ao encontro à afirmação de Marcos Filho (2005), segundo qual lotes com desempenho muito deficiente seriam constituídos por proporção elevada de sementes em estágio avançado de deterioração que demandariam consumo significativo de energia para probabilidade de sucesso do condicionamento. Aliás, como destacaram Finch-Savage e McKee (1990), o parâmetro mais adequado para avaliar a eficiência do condicionamento fisiológico é a sua habilidade para atenuar diferenças no desempenho das sementes componentes do lote.

Para a emergência de plântulas, a testemunha adicional (alto vigor) foi superior significativamente aos tratamentos de sementes de médio vigor não condicionada e condicionada a  $-1,2\text{MPa}$ ; superando ainda, as sementes de baixo vigor condicionadas a  $-1,0$  e  $-1,2\text{MPa}$  (Tabela 7).

Borges et al. (1994), com sementes de quaresminha e Braccini et al. (1996) com sementes de soja, observaram diminuição da germinação de sementes em potencial hídrico mais negativo ( $-0,5\text{MPa}$  e  $-0,6\text{MPa}$ , respectivamente). Esses autores consideraram que a diminuição acentuada da germinação das sementes em maiores concentrações osmóticas tem sido atribuída à menor quantidade de água absorvida pelas sementes, com a redução do potencial osmótico das soluções. Esta relação também foi verificada por Smith et al. (1989), ou seja, redução da germinação de sementes de sorgo e milho de modo uniforme com a diminuição do potencial osmótico, sendo que no potencial osmótico de  $-1,2\text{MPa}$  não ocorreu a germinação.

Já para o IVE, o condicionamento em sementes de médio vigor não beneficiou a velocidade de emergência. Nas sementes de baixo vigor o IVE foi superior aquelas sementes de médio vigor, tendo uma maior velocidade de emergência; segundo Copeland e McDonald (1985) descrevendo uma série de sintomas relacionados a alterações no desempenho das sementes devido a progressão na deterioração, comentaram que um dos primeiros sintomas a se manifestar é um retardamento na emergência, seguido decréscimos na emergência e crescimento mais lento de plântulas, caso não observado neste resultados.

A testemunha adicional apresentou diferença significativa apenas no tratamento constituído por sementes de médio vigor à  $-1,2\text{MPa}$ , observando um IVE

superior. Heydecker et al. (1975) declara que uma das principais vantagens do condicionamento das sementes seria favorecer a rápida e uniforme emergência das plântulas no campo, sob uma ampla diversidade de fatores ambientais, permitindo uma melhor população inicial, fato não observado nestes resultados.

Porém em sementes de baixo vigor, o desempenho do IVE foi superior para o tratamento condicionado a  $-1,0\text{MPa}$ , diferindo significativamente, tanto para os potenciais osmóticos quanto para os níveis de vigor (Tabela 7). Resultados semelhantes, em condições de campo, foram observados por Gimenez et al. (1993), ao trabalharem com sementes osmocondicionadas de pimentão, que tiveram velocidade e percentagem final de emergência superiores às obtidas com as sementes não submetidas ao condicionamento osmótico. Portanto, esses resultados estão de acordo com outros trabalhos encontrados na literatura, onde os tratamentos realizados com polietilenoglicol, como agente osmocondicionador, oferecem vantagens por aumentar o vigor das sementes, estimado a partir do índice de velocidade de emergência ou peso fresco e/ou peso seco das plântulas.

De um modo geral, entende-se que, durante a fase de plântula e início do desenvolvimento da planta, o vigor pode ser responsável por considerável impulso ao crescimento. No entanto, o dimensionamento da persistência desse efeito inicial é menos evidente durante as fases subsequentes do desenvolvimento; portanto, à medida que os estádios se sucedem, essa influência tende à redução gradativa, até se tornar pouco expressiva, a partir do início da fase reprodutiva da planta (TEKRONY; EGLI, 1991).



**Tabela 7.** Emergência e IVE, em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis vigor das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.

| Tratamentos | Emergência (%) |          |          |        | IVE        |          |          |         |
|-------------|----------------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|---------|
|             | Testemunha     | -1,0 MPa | -1,2 MPa | Médias | Testemunha | -1,0 MPa | -1,2 MPa | Médias  |
| Médio vigor | 54,07 Aab      | 60,34 Aa | 47,56 Ab | 54,00  | 10,42      | 9,71     | 8,63     | 9,59 A  |
| Baixo vigor | 59,14 Aa       | 47,89 Bb | 48,22 Ab | 51,75  | 9,91       | 11,53    | 8,66     | 10,04 A |
| Médias      | 56,60          | 54,12    | 47,89    |        | 10,16 a    | 10,62 a  | 8,65 b   |         |
| C.V.        |                | 7,44     |          |        |            | 6,93     |          |         |

| Tratamentos | Emergência (%)    |                   |                   |        | IVE             |                 |                 |        |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
|             | Testemunha        | -1,0 MPa          | -1,2 MPa          | Médias | Testemunha      | -1,0 MPa        | -1,2 MPa        | Médias |
| Médio vigor | 54,07*<br>(21,08) | 60,34<br>(14,81)  | 47,56*<br>(27,59) |        | 10,42<br>(0,53) | 9,72<br>(1,23)  | 8,63*<br>(2,32) |        |
| Baixo vigor | 59,14<br>(16,01)  | 47,89*<br>(27,25) | 48,22*<br>(26,93) |        | 9,92<br>(1,03)  | 11,54<br>(0,59) | 8,67<br>(2,28)  |        |
| Adicional   |                   | 75,15             |                   |        |                 | 10,95           |                 |        |

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p≤0,05). \* difere da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett.

#### **4.4. Efeitos do condicionamento osmótico sobre a altura da planta e a altura da inserção da primeira vagem**

Nas sementes tidas como testemunhas (sementes envelhecidas não condicionadas) observa-se diferença significativa entre os níveis de vigor para a altura de planta.

Considerando altura de plantas, valores numéricos superiores foram constatados quando estas foram oriundas de sementes de baixo vigor submetidas ao condicionamento osmótico de -1,0 e 1,2, porém sem diferir significativamente daquelas que não receberam tratamento pré-semeadura. A testemunha adicional não diferenciou dos tratamentos para esta variável (Tabela 8).

Resultados semelhantes foram obtido por Nunes et. al (2002), avaliando os efeitos do condicionamento osmótico de sementes de soja sobre o desempenho da cultura e sua habilidade competitiva com as plantas daninhas; foi observado que várias características agrônômicas avaliadas (altura de plantas, número de nós, número de vagens por planta, número de sementes por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes) não alteraram-se devido ao condicionamento.

As alturas médias das plantas e da inserção da primeira vagem e ao arquitetura das plantas de soja, apesar características definidas geneticamente, podem sofrer influências de vários fatores, entre eles época de semeadura, espaçamento, densidade populacional, suprimento de água, temperatura e fertilidade do solo (BERGAMASCHI; BARNI, 1978, citado por Vazquez et al., 2008).

Houve diferença significativa entre os níveis de vigor em sementes condicionadas a -1,0 MPa (sementes de baixo vigor) e -1,2 MPa (sementes de médio vigor), observando uma maior altura de inserção da primeira vagem nas plantas de soja oriundas de tais sementes condicionadas.

Para a altura da inserção da primeira vagem, as sementes de médio vigor condicionadas a -1,2 MPa apresentaram desempenho superior, diferindo das não condicionadas. Todos os tratamentos apresentaram maior altura de inserção da primeira vagem comparada com a testemunha adicional, porém só o tratamento constituído por

sementes de médio vigor submetidas ao condicionamento de -1,2 MPa apresentaram diferença significativa (Tabela 8).

Segundo Sperotto et al. (1999), avaliando os efeitos do condicionamento osmótico e da aplicação de zinco sobre o desempenho de sementes e plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), observou que o condicionamento osmótico não alterou significativamente a altura da inserção da primeira vagem, discordando dos resultados obtidos.

A inserção da primeira vagem é uma característica importante, pois determina a regulagem da altura da barra de corte da colhedora, visando obter a máxima eficiência durante esse processo. Segundo Sediayama et al. (1999), para que não haja perda na colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana e de 15 cm, em terrenos mais inclinados.

**Tabela 8.** Altura média de plantas e altura média de inserção da primeira vagem, em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis vigor das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.

| Altura de plantas (cm) |                 | Altura de inserção da primeira vagem (cm) |                 |                 |                 |                  |          |        |
|------------------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------|--------|
| Tratamentos            | Testemunha      | Condicionamento                           |                 |                 | Condicionamento |                  |          |        |
|                        |                 | -1,0 MPa                                  | -1,2 MPa        | Médias          | Testemunha      | -1,0 MPa         | -1,2 MPa | Médias |
| Médio vigor            | 97,91           | 96,97                                     | 95,45           | 96,77 A         | 13,25 Ab        | 11,86 Bb         | 16,57 Aa | 13,89  |
| Baixo vigor            | 86,99           | 92,83                                     | 96,21           | 92,01 A         | 14,08 Aa        | 14,58 Aa         | 13,40 Ba | 14,02  |
| Média geral            | 92,45 a         | 94,90 a                                   | 95,83 a         |                 | 13,66           | 13,22            | 14,98    |        |
| C.V.                   |                 | 5,26                                      |                 |                 |                 | 9,55             |          |        |
| Altura de plantas (cm) |                 | Altura de inserção da primeira vagem (cm) |                 |                 |                 |                  |          |        |
| Tratamentos            | Testemunha      | Médias                                    |                 |                 | Médias          |                  |          |        |
|                        |                 | -1,0 MPa                                  | -1,2 MPa        | Médias          | Testemunha      | -1,0 MPa         | -1,2 MPa |        |
| Médio vigor            | 97,91<br>(2,68) | 96,97<br>(1,74)                           | 95,45<br>(0,22) | 13,25<br>(2,05) | 11,86<br>(0,66) | 16,57*<br>(5,37) |          |        |
| Baixo vigor            | 86,99<br>(8,24) | 92,83<br>(2,40)                           | 96,21<br>(0,98) | 13,08<br>(1,88) | 14,58<br>(3,38) | 13,40<br>(2,20)  |          |        |
| Adicional              |                 | 95,23                                     |                 |                 | 11,20           |                  |          |        |

¹médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \* difere da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett.

#### **4.5. Efeitos do condicionamento osmótico sobre a número de vagens/planta e no número de sementes/planta**

As sementes condicionadas em potencial osmótico de -1,0 e -1,2 MPa, tanto para as sementes de médio e baixo vigor, apresentaram diferença significativa em número de vagens/planta comparada com as sementes que não sofreram tratamento pré-semeadura. Para essa mesma variável, todos os tratamentos que receberam condicionamento demonstraram resultados superiores comparados com a testemunha adicional (Tabela 9).

Avaliando os efeitos do condicionamento osmótico e da aplicação de zinco sobre o desempenho de sementes e plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Sperotto et al. (1999) concluíram que os tratamentos com PEG 6000 e/ou zinco foram superiores no cultivar FT-120 e não diferiu da testemunha no cultivar Carioca, indicando a possibilidade do uso do condicionamento osmótico ou com zinco nas sementes de feijão, para melhorar o número de vagens por planta, principalmente em situações nas quais, devido à qualidade média das sementes, espera-se dificuldades no campo.

A soja é espécie agrícola cujas plantas têm característica de alta plasticidade, ou seja, capacidade de adaptação às condições ambientais e de manejo por meio de modificações na sua arquitetura e nos componentes de rendimento. Estudos avaliando a plasticidade da planta de soja quanto à sua adaptabilidade em diferentes arranjos populacionais demonstraram que o número de vagens é determinado durante os estádios vegetativos finais e reprodutivos iniciais. A interceptação de luz pela comunidade de plantas é fundamental para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, armazenamento de fotoassimilados e diminuição do aborto de flores e vagens (BOARD; HARVILLE, 1994).

Na soja, o número de vagens é o mais responsivo a alterações causadas pelo estresse da competição de espécies concorrentes (MIRANDA, 2004). Geralmente, a maioria dos ganhos na produção resultam de aumentos no número total de vagens por planta, principalmente quando se obtêm maiores rendimentos (FEHR; CAVINESS, 1981).

Para a variável sementes/planta, as sementes de ambos os níveis de vigor (médio e baixo) apresentam melhor desempenho quando foram condicionadas a -1,0 e -1,2 MPa. As sementes de baixo vigor condicionada a -1,2MPa, em comparação a todos

os outros tratamentos, incluindo a testemunha adicional (onde ocorreu diferença significativa, junto com as condicionadas a -1,0 MPa do mesmo vigor), obtiveram um maior número de sementes por planta (Tabela 9).

Os dados obtidos da variável número de sementes/planta, submetidos à análise de variância, por meio do teste F, revelaram que as sementes (médio e baixo vigor) quando submetidos ao condicionamento osmótico, apresentaram desempenho superior, diferindo significativamente dos tratamentos que não foram tratados com Polietilenoglicol 6000; sendo que o tratamento médio vigor condicionada à 1,0 e -1,2 MPa e o tratamento baixo vigor condicionada à -1,0 MPa e -1,2MPa tiveram uma aumento de 8,76%, 6,21%, 18,10% e 19,58%, respectivamente comparados com a testemunha adicional (alto vigor) (Tabela 9).

Se a comparação for feita dentro dos níveis de vigor, as sementes de médio vigor condicionadas a -1,0 e -1,2 MPa obtiveram um desempenho superior, de aproximadamente 40,6% e 38,97% respectivamente, em comparação com o tratamento de mesmo vigor que não recebeu tratamento pré-semeadura. Um aumento foi observado também nas sementes de baixo vigor que foram condicionadas a -1,0 e -1,2 MPa, comparando com as sementes que não foram condicionadas, esse números se tornam expressivos, respectivamente de 40,90% e 41,96% (Tabela 9).

Tal variável está estreitamente relacionado com o número de vagens/planta, quanto mais vagens são observadas nas plantas, maior será o número de sementes por planta. A quantidade de sementes de uma planta de soja é uma característica significativamente influenciada pelo ambiente e tem baixa herdabilidade, em torno de 40%. MORO (1990) verificou que essa característica é dependente de fatores ambientais quando a analisou na geração F2, recomendando que não seja usada no melhoramento de soja.

**Tabela 9.** Número de vagens/planta e número de sementes/planta em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013

| Tratamentos | Nº de vagens/planta |                   |                   |         | Nº de sementes/planta |                    |                    |          |
|-------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------|
|             | Condicionamento     |                   | Condicionamento   |         | Condicionamento       |                    | Condicionamento    |          |
|             | Testemunha          | -1,0 MPa          | -1,2 MPa          | Médias  | Testemunha            | -1,0MPa            | -1,2MPa            | Médias   |
| Médio vigor | 49,86               | 81,15             | 84,60             | 64,41 B | 92,70                 | 156,15             | 151,90             | 133,58 A |
| Baixo vigor | 60,08               | 89,55             | 89,90             | 68,00 A | 102,81                | 174,05             | 177,15             | 151,33 A |
| Médias      | 54,97 b             | 85,35 a           | 87,25 a           |         | 97,75 b               | 165,10 a           | 164,52 a           |          |
| C. V.       |                     | 9,30              |                   |         |                       | 12,55              |                    |          |
| Tratamentos | Nº de Vagens/Planta |                   |                   |         | Nº de sementes/Planta |                    |                    |          |
|             | Médias              |                   | Médias            |         | Médias                |                    | Médias             |          |
|             | Testemunha          | -1,0 MPa          | 1,2 MPa           |         | Testemunha            | -1,0MPa            | -1,2MPa            |          |
| Médio vigor | 49,86<br>(0,14)     | 81,15<br>(31,15)  | 84,60<br>(34,60)  |         | 92,70<br>(4,63)       | 156,15<br>(68,08)  | 151,90<br>(63,83)  |          |
| Baixo vigor | 60,08<br>(10,08)    | 89,55*<br>(39,55) | 89,90*<br>(39,90) |         | 102,81<br>(14,74)     | 174,05*<br>(85,98) | 177,15*<br>(89,08) |          |
| Adicional   |                     | 50,00             |                   |         |                       | 88,07              |                    |          |

¹ médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \* difere da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett.

#### **4.6. Efeitos do condicionamento osmótico sobre o número de sementes/vagem e a produtividade da cultura da soja**

O conhecimento da produtividade agrícola da soja pode ser obtido pelos seus componentes de produção. Conforme Navarro Júnior e Costa (2002), o número de vagens/planta e de sementes/ vagem são os dois componentes mais importantes da produtividade de grãos de soja, uma vez que alterações nesses componentes são responsáveis diretos pelo ajuste da produtividade. Entretanto, sabe-se que existe variabilidade em tais componentes entre indivíduos de uma população em função de vários fatores, que vão desde a implantação da cultura (influenciando o número de plantas por área), até a disponibilidade de assimilados (modificada pelo arranjo de plantas), que afetam os demais componentes (número de vagens/planta, número de grãos/vagem e a massa de grãos).

O condicionamento osmótico aumentou o número médio de sementes por vagem em sementes de médio e baixo vigor, porém só as sementes de médio vigor que foram condicionadas a -1,2 MPa diferenciou significativamente dos demais tratamentos, obtendo um maior desempenho. Em comparação com a testemunha adicional as sementes de médio vigor condicionadas a -1,2 MPa apresentaram diferença significativa (Tabela10).

Os resultados obtidos discordam com o trabalho de Nunes et. al. (2002), que avaliou os efeitos do condicionamento osmótico (-0,8 MPa) de sementes de soja sobre o desempenho da cultura e sua habilidade competitiva com as plantas daninhas; para os componentes de produção número de vagens por planta, número de sementes por planta, número de sementes/vagem e peso de 100 sementes, não houve diferença significativa entre os tratamentos de sementes com ou sem condicionamento osmótico.

Em relação a variável produtividade, o condicionamento osmótico favoreceu um aumento expressivo nas sementes de médio vigor. Fato diferente foi observado nas sementes de baixo vigor, onde houve uma diminuição da produtividade naquelas que foram condicionadas a -1,0 e -1,2 MPa, 0,28 e 1,13%, respectivamente, comparadas com as sementes que não receberam tratamento pré-semeadura (Tabela 10).

Para as sementes de médio vigor, o condicionamento favoreceu a produtividade, principalmente nas sementes que foram condicionadas a -1,0 MPa, porém



não apresentou diferença significativa dentro desse nível de vigor e se comparada a testemunha adicional. O condicionamento osmótico favoreceu um ganho de 7,72% para sementes condicionadas a -1,0 MPa e de 1,62% para as sementes condicionadas a -1,2MPa, em relação as sementes que não foram submetidas ao condicionamento (Tabela 10).

Resultados semelhantes foram encontrados por Nunes et. al. (2002), onde o condicionamento osmótico proporcionou resultados superiores para produtividade, quando comparado ao tratamento sem condicionamento, e com a utilização de sementes colhidas no estádio R8 . Esses resultados corroboram os obtidos por Helsel et al. (1986), os quais verificaram que a produção de soja foi significativamente superior com o condicionamento osmótico de sementes, na média de dois anos de experimento.

Em sementes de tomate, Alvarado e Bradford (1988) observaram que a técnica de condicionamento osmótico não influi positivamente somente na germinação e na emergência de plântulas em condições de campo, mas também no crescimento e acúmulo de matéria verde e matéria seca das plântulas. Igualmente, Duran (1998) afirmou que em condição de campo, além de aumentos na percentagem de emergência ocorrem aumentos no acúmulo de matéria fresca e matéria seca de plântulas oriundas de sementes osmocondicionadas. Esse é um fator de grande importância quando se deseja melhorias na qualidade das sementes produzidas.

Tais resultados podem ser explicados pela ação do condicionamento fisiológico que favorece tolerância em sementes em condições adversas. Segundo Bray (1995), a síntese de proteínas no condicionamento osmótico de sementes é menor que a síntese proporcionada pelas sementes embebidas em água, por igual período. No entanto, quando a germinação se processa pela eliminação do obstáculo hídrico, ocorre elevada capacidade de síntese protéica nas sementes condicionadas, sendo essa uma das razões pelas quais as sementes condicionadas podem suportar condições adversas.

Muitos componentes de produção, principalmente a produtividade, podem ser afetados por condições adversas do ambiente. A floração é severamente afetada pela deficiência de água no período de duas a quatro semanas que precede a diferenciação floral (SACCOL, 1975), mas o período de transferência de matéria seca é o mais crítico para a soja, em relação a esse fator, pois restringe a área foliar, induz o aborto de legumes, acelera a senescência das folhas e, conseqüentemente, a massa e o número dos grãos. A

menor disponibilidade de água promove decréscimo da fotossíntese e abrevia o período de enchimento dos grãos, com prejuízo à produção (FRANÇA NETO e KRZYZANOWSKI, 1990). Temperaturas elevadas, principalmente quando associadas a períodos com baixos índices pluviométricos durante a maturação, podem ocasionar maturação “forçada”, sendo produzidas, nessas condições, sementes de baixo vigor, em virtude de não se verificar a deposição natural de carboidratos, lipídios e proteínas (FRANÇA NETO et al., 1993), já que houve redução da translocação de fotossintatos para os grãos. Marcos filho (2005) afirma que temperaturas elevadas são consideradas as principais responsáveis pela maturação “forçada” em soja, provocando a translocação muito rápida das reservas, levando à inadequada maturação.

Segundo Marcos Filho (2013), sementes de soja com a mesma porcentagem de germinação podem apresentar desempenhos diferentes, dependendo da intensidade do estresse e do nível de vigor das sementes, onde tais sementes, em função de suas características morfológicas e fisiológicas, são propensas à deterioração e sensíveis a adversidades ambientais durante a maturação e a práticas de manejo de colheita, processamento e armazenamento.

Segundo McDonald (1998) o condicionamento osmótico constitui uma alternativa viável para favorecer o aumento no desempenho das sementes no campo, particularmente sob condições adversas, principalmente em lotes com baixa qualidade fisiológica.

A tolerância a estresse trata-se de uma das principais vantagens do condicionamento, conferindo assim resistência a queda acentuada ou a elevação de temperatura, à deficiência hídrica e ao aumento da concentração salina, evidenciados freqüentemente na literatura. Como exemplos são apresentados resultados obtidos por Aguiar (1979), demonstrando benefícios ao desempenho de sementes de arroz, sob estresse salino, e por Eira e Marcos Filho (1990), pesquisando efeitos do condicionamento osmótico de sementes de alface, com PEG e manitol.

Resultados obtidos por Cayuela et al. (1996) em sementes de tomate confirmam que as hipóteses de condicionamento fisiológico em sementes com NaCl induz alterações fisiológicas nas plantas, e essas alterações são mostrados mais claramente na estádios avançados.

Segundo Bruce et al (2007) um estresse inicial provocado pelo condicionamento fisiológico favorece uma resposta de tolerância para um futuro estresse que a planta possa vir passar; as plantas são capazes de expressar um tipo de “memória”, também chamada de “impressão do estresse”. Essa impressão, comumente traduzida por modificações genéticas e bioquímicas induzidas por uma primeira exposição ao estresse, aumenta a resistência a uma condição adversa subsequente.

**Tabela 10.** Número de sementes/vagem e produtividade, em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis vigor das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013.

| Tratamentos | Nº de sementes/vagem |                |                 |        |                     | Produtividade (Kg/ha) |                     |           |
|-------------|----------------------|----------------|-----------------|--------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
|             | Testemunha           | -1,0 MPa       | -1,2 MPa        | Médias | Testemunha          | -1,0 MPa              | -1,2 MPa            | Médias    |
| Médio vigor | 1,86                 | 1,87           | 2,40            | 2,04 A | 4112,84             | 4457,12               | 4180,84             | 4250,26 A |
| Baixo vigor | 1,72                 | 1,93           | 1,93            | 1,86 A | 4034,25             | 4022,61               | 3989,15             | 4015,33 A |
| Média geral | 1,79 b               | 1,90 ab        | 2,16 a          |        | 4073,5 a            | 4239,8 a              | 4085,0 a            |           |
| C.V.        |                      | 11,71          |                 |        |                     | 10,56                 |                     |           |
| Tratamentos | Nº de sementes/vagem |                |                 |        |                     | Produtividade (Kg/ha) |                     |           |
|             | Testemunha           | -1,0 MPa       | -1,2 MPa        | Médias | Testemunha          | -1,0 MPa              | -1,2 MPa            | Médias    |
| Médio vigor | 1,86<br>(0,06)       | 1,87<br>(0,11) | 2,47*<br>(0,67) |        | 4112,84<br>(124,55) | 4457,12<br>(468,83)   | 4180,84<br>(192,55) |           |
| Baixo vigor | 1,72<br>(0,08)       | 1,93<br>(0,07) | 1,93<br>(0,13)  |        | 4034,25<br>(45,96)  | 4022,61<br>(34,32)    | 3989,15<br>(0,86)   |           |
| Adicional   |                      | 1,80           |                 |        |                     | 3988,3                |                     |           |

† médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \* difere da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett.

#### 4.7. Efeito do condicionamento osmótico sobre a massa de 100 sementes

Segundo Brasil (2009), o peso de mil sementes é utilizado para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza, quando não especificado nas Regras de Análise de Sementes (RAS). É uma informação que dá idéia do tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade.

O condicionamento fisiológico não influenciou na massa de 100 sementes; o mesmo resultado é observado entre os níveis de vigor (baixo e médio), onde não apresentou diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%. Comparando o tratamento adicional com os demais tratamentos verifica-se ausência de significância pelo teste de Dunnett.

**Tabela 11.** Número Massa de 100 sementes em plantas de soja, da cultivar M7211RR, em função dos níveis das sementes (médio e baixo). Botucatu-SP, 2013

| Massa de 100 sementes |                  |                 |                 |         |
|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------|
| Condicionamento       |                  |                 |                 |         |
| Tratamentos           | Testemunha       | -1,0 MPa        | -1,2 MPa        | Média   |
| Médio vigor           | 14,73            | 15,18           | 14,88           | 14,93 A |
| Baixo vigor           | 14,44            | 14,39           | 15,01           | 14,61 A |
| Média                 | 14,58 a          | 14,78 a         | 14,95 a         |         |
| C.V.                  |                  | 3,04            |                 |         |
| Massa de 100 sementes |                  |                 |                 |         |
| Médias                |                  |                 |                 |         |
| Tratamentos           | Testemunha       | -1,0 MPa        | -1,2 MPa        |         |
| Médio vigor           | 14,73<br>(0,23)  | 15,18<br>(0,32) | 14,88<br>(0,38) |         |
| Baixo vigor           | 14,44<br>( 0,06) | 14,39<br>(0,11) | 15,01<br>(0,51) |         |
| Adicional             |                  | 14,50           |                 |         |

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \* difere da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett.

Tais resultados assemelham-se com os obtidos por Nunes (2002) avaliando o efeito do condicionamento osmótico de sementes de soja sobre a habilidade competitiva da cultura com as plantas daninhas, onde a massa de 100 sementes não foi influenciada quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico.

## **5. CONCLUSÕES**

1. O condicionamento fisiológico influencia nos componentes de produção, em exceção da altura de plantas, produtividade e massa de 100 sementes;
2. Os níveis de vigor diferiram estatisticamente no número de vagens/planta.

## 6. REFERENCIAS

AGUIAR, P. A. A. Pré-tratamento de sementes de arroz como meio de superar o efeito da salinidade na germinação e vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 65- 70, 1979.

ALVARADO, A. D.; BRADFORD, K. J. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seeds. I. Effects of storage, temperature on germination rate and viability. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 16, n. 23, p. 601-612, 1988.

ANDRADE, W. E. B.; SOUZA-FILHO, B. F.; FERNANDES, G. M. B.; SANTOS, J. G. C. **Avaliação da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro submetidas à adubação NPK**. Niteroi: PESAGRO-RIO, 1999. (Comunicado Técnico, 248).

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. (Contribution, 32).



BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Condicionamento osmótico e armazenamento de sementes de cedro rosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 355-361, 1997.

BASAJAVARAJAPPA, B. S.; SHETY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated aging of maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 2, n. 2, p. 279-286, 1991.

BAYLLEY, C.; BENAMAR, A.; CORBINEAU, F.; COME, D. Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. **Physiologia Plantarum**, Denmark, v. 104, p. 646-652, 1998.

BERGAMASCHI, H.; BARNI, N. A. Densidade de plantas e espaçamento entre linhas de soja: recomendações para o Rio Grande do Sul. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, n. 21, p. 57-62, 1978.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Springer-Verlag, 1982. v. 2.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. p. 367.

BINO, R. J.; DO VRIES, J. N.; KRAAK, H. L.; VAN PILJEN, J. G. Flow cytometric determination of nuclear DNA replication stages in tomato seeds during priming and germination. **Annals of Botany**, London, v. 69, n. 2, p. 231-236, 1992.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.1-18.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1103-1106, 1994.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo : origem, história e distribuição. In : MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 1-6.

BORGES, E. E. L.; PEREZ, S. C. J. G.; BORGES, R. C. G.; REZENDE, S. T.; GARCIA, S.R. Comportamento fisiológico de sementes osmocondicionadas de *Platymiscium*

pubescens Micheli (Tamboril-da-Mata). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 603-613, 2002.

BORGES, E. E. L.; SILVA, L. F.; BORGES, R. C. G. Avaliação do osmocondicionamento na germinação de sementes de quaresminha (*Miconia candolleana* Triana). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 90-94, 1994.

BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 10-16, 1996.

BRADFORD, K. J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **Hortscience**, Alexandria, v. 21, n. 31, p. 1105-1112, 1986.

BRANDÃO JUNIOR, D. E. **Eletroforese de proteína e isoenzima na avaliação da qualidade de sementes de milho Lavras**. 1996. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. p. 398.

BRAY, C. M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 767-789.

BREJEIRO. **Características da cultivar M7211RR**. Disponível em: <<http://www.brejeiro.com.br/sementes/m-7211-rr/>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

BROCKLEHURST, P. A.; DEARMAN, J. A. A comparison of different chemical of osmotic treatment of vegetable seed. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v. 105, n. 2, p. 391-398, 1984.

BRUCE, T. J. A.; MATTHES, M. C.; NAPIER, J. A.; PICKETT, J. A. Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. **Plant Science**, Limerick, v. 173, p. 603-608, 2007.

BURGASS, R. W.; POWELL, A. A. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. **Annals of Botany**, London, v. 53, p. 735-757, 1984.

CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia de produção**. Piracicaba: Publique, 1998.

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

CAYUELA, E.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; CARO, M.; BOLARIN, M. C. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 96, p. 231-236, 1996.

CHOJNOWSHI, M.; CORBINEAU, F.; COME, D. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. **Seed Science Research**, New York, v.7, n. 4, p. 323-331, 1997.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

CLARKE, N. A.; JAMES, P. E. The effects of priming and accelerated aging upon the nucleic acid content of leek seeds and their embryos. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 235, p. 261-268, 1991.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento**. Brasília, 2013.

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

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf, 1996. p.233,

DELL'AQUILA, A.; TARANTO, G. Cell division and DNA synthesis during osmopriming treatment and following germination in aged wheat embryos. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 14, n. 2, p. 333-341, 1986.

DELOUCHE, J. C. Seed deterioration. **Seed World**, Chicago, v. 92, n. 4, p. 14-15, 1963.

DURAN, J. M. Acondicionamento e revestimento de sementes. In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMENTES, 15, Gramado, 1998. **Resumos**. Gramado: CESM/RS e FELAS, p.107-115, 1998.

EIRA, M. T. S.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface: Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 9-27, 1990.

EMBRAPA Agropecuária Oeste. Dourados, 2004. 5p. (Comunicado Técnico, 89).

EMBRAPA TRIGO. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina – 2004/2005. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 32., 2004, Passo Fundo. **Atas e Resumos...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 412.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**: 2011. Londrina: EMBRAPA, 2010. p. 255.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. p. 11.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1981. (Special Report, 80).

FIELTZ, M. R.; RANGEL, M. A. S. **Efeito da deficiência hídrica e do fotoperíodo no rendimento de grãos da soja semeada na região de Dourados**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004.

FINCH-SAVAGE, W. E.; MCKEE, J. M. T. The influence of seed quality and pregermination treatment on cauliflower and cabbage transplant production and field growth. **Annals of Applied Biology**, Warwickhire, v. 116, n. 2, p. 365-369, 1990.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Sementes enrugadas: novo problema na soja**. Londrina: Embrapa soja, 1990. (Comunicado Técnico, 46).

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shiveling due to heat and drought stress during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 1, p. 107-116, 1993.

FU, J. R.; LU, X. H.; CHEN, R. Z.; ZHANG, B. Z.; LIU, Z. S.; LI, Z. S.; CAI, D. Y. Osmoconditioning of peanut seeds with PEG to improve vigor and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 116, n. 1, p. 197-212, 1988.

FUJIKURA, Y.; KARSSSEN, C. M. Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. **Seed Science Research**, New York, v. 2, p. 23-31, 1992.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: CÂMARA, G. M. S.; MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E. A. M. **Simpósio sobre cultura e produtividade da soja**. Piracicaba: FEALQ, 1992.

GIMENEZ-SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N. V.; RETAMAL, N.; DURAN, J. M. A. Acondicionamento osmótico de semillas. **Agricultura**, Madri, v. 12, n. 68, p. 124-127, 1993.

HELSEL, D. G.; HELSEL, Z. R.; MINOR, H. C. Field studies on osmoconditioning soybeans. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 14, p. 291-297, 1986.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 5, p. 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y. J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.3, p.881-888, 1975.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.sh> m >. Acesso em: 23 fev. 2013.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1981. p. 72.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1025-1034, 2003.

KHAN, A. A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, Edinburgh, v. 13, p. 131-181, 1992.

KHAN, A. A.; PECK, N. H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. **Israel Journal of Botany**, Jerusalém, v. 29, n. 1/4, p. 133-144, 1980/81.

KIKUTI, A. L. P.; OLIVEIRA, J. A.; MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A. C. Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 439-443, 2002.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intraespecífica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

LANTERI, S.; QUAGLIOTTI, L.; BELLETTI, P. Delayed luminescence and priming-induced nuclear replication of unaged and controlled deteriorated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, n. 2, p. 413-424, 1998.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, p. 168, 1994.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

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

MARCOS FILHO, J. M. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**. Londrina, v. 23, n 1, p. 21-24, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba: ESALQ, 1979. p. 180.

MARCOS-FILHO, J. Conceitos e testes de vigor para sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

MCDONALD, M. B. Seed quality assessment. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, p. 265-275, 1998.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 51, p. 914-916, 1973.

MIRANDA, D. M. **Bioensaios na detecção e quantificação de sementes de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato em amostras convencionais de sementes**. 2004. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

MOHAMMADI, G. R. The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Pakistan, v. 5, n. 5, p. 696-700, 2009.

MONDINE, M. L.; VIEIRA, C. P.; CAMBRAIA, L. A. **Época de semeadura: um importante fator que afeta a produtividade da cultura da soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. (Embrapa Agropecuária Oeste, 34).

MORAES, J. C. C.; PEIXOTO, C. P.; SANTOS, J. M. B.; BRANDELERO E.; PEIXOTO, M. F. S. P.; SILVA, V. Caracterização de dez cultivares de soja nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 16, n. 3, p. 33-41, 2004.

MORO, G. L. **Herança da precocidade, herdabilidade de alguns caracteres agrônômicos, correlações entre estes caracteres e heterose em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1990. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

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: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; ROSOLEM, C. A. Efeito da qualidade de semente sobre o estabelecimento da população e outras características da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 47-62, 1985.

NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Expressão do potencial de rendimentos de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 275-479, 2002.

NUNES, U. R.; SILVA, A. A.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, T. efeito do condicionamento osmótico de sementes de soja sobre a habilidade competitiva da cultura com as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 27-35, 2002.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 25-34, 2010.

PARMAR, M. T.; MOORE, R. P. Effect of simulate growth by polyethylene glycol solutions on corn germination and seedling development. **Agronomy Journal**, Madson, v. 58, p. 391-392, 1996.

PELUZIO, J. M.; FIDELIS, R. R. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantis, entressafra 2005. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 113-118, 2005.

PEREZ, S. C. J. G. A.; JARDIM, M. M. Viabilidade e vigor de sementes de paineira após armazenamento, condicionamento e estresses salino e térmico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 587-593, 2005.

PILL, W. G.; FRETT, J. J.; MORNEAU, D. C. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 26, p. 1160-1162, 1991.



PINTHUS, M. J.; KIMEL, U. Speed of germination as a criterion of seed vigor in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 219-292, 1979.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, p. 285, 1997.

SACCOL, A. V. Ecologia e época de semeadura da soja. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Cultura da soja**. Santa Maria: UFSM, 1975. p.50-62. (Boletim Técnico, 5).

SADEGHI, H.; KHAZAEI, F.; YARI, L.; SHEIDAEI, S. Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*glycine max* l.). **Journal of Agricultural and Biological Science**, Ipswich, v. 6, n. 1, p. 39-46, 2011.

SAVINO, G.; HAIGH, P. M.; DE LEO, P. Effects of presoaking upon seed vigor and viability during storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 7, n. 1, p. 57-64, 1979.

SCHEEREN, B. **Vigor de sementes de soja e produtividade**. 2002. 45 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H. O.; ERIS, A. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. **Scientae Horticulturae**, Amsterdam, v. 97, p. 229-237, 2003.

SMITH, R. L.; HOVELAND, C. S.; HANA, W. W. Water stress and temperature in relation to seed germination of pearl millet and sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 303-305, 1989.

SPEROTTO, C. C. I.; MENEZES, N. L.; STORCK, L. Desempenho de sementes e plantas de feijoeiro sob efeito do condicionamento osmótico e da aplicação de zinco. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 253-257, 1999.

SRINIVASAN, K.; SAXENA, S.; SINGH, B. B. Osmo and hidropriming of mustard seeds to improve vigour and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, p. 785-793, 1999.

SUNG, F. J. M.; CHANG, Y. H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, p. 97-105, 1993.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yeild: a review. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 816-822, 1991.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; WHITE, G. M. Seed production and techonology. In: WILCOX, J. R. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p. 295-353.

TRIGO, M. F. O. O.; NEDEL, J. L.; GARCIA, A.; TRIGO, L. F. Efeitos do condicionamento osmótico com soluções aeradas de nitrato de potássio no desempenho de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 139-144, 1999.

TRIGO, M. F. O.; NEDEL, J. L.; TRIGO, L. F. N. Alterações isoenzimáticas em sementes de cebola sob condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 170-183, 2000.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.

VENCATO, A. Z.; VENCATO, A. Z.; KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro da Soja 2010**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2010. p. 144.

VIEIRA, R. D. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p.1-26.

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. F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J. A. O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa: EPAMIG/EMBRAPA, 1993. p. 131.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

WARREN, J. E.; BENNETT, M. A. Seed hydration using the drum priming system. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 7, p. 1220-1221, 1997.