

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA
SUBMETIDAS AO HIDROCONDICIONAMENTO**

MARIA IZABEL KRÜGER GIURIZATTO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL**

2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA
SUBMETIDAS AO HIDROCONDICIONAMENTO**

MARIA IZABEL KRÜGER GIURIZATTO

Engenheira Agrônoma, MSc.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Dias Robaina

Tese apresentada a Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL - BRASIL

2006

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA
SUBMETIDAS AO HIDROCONDICIONAMENTO**

Por

Maria Izabel Krüger Giurizatto

Tese apresentada como parte das exigências para a obtenção do Título de Doutor em
Agronomia

Aprovada em 27/10/2006.

Prof. Dr. Antonio Dias Robaina
Orientador- UFGD

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
Membro da Banca- UFGD

Prof. Dr. Edson Talarico Rodrigues
Membro da Banca- UEMS

Prof.^a Dr.^a Marlene Estevão Marchetti
Membro da Banca- UFGD

Dr. Bruno Ricardo Scheeren
Membro da Banca- COOAGRI/UNIDERP

Primeiro agradeço a Deus por me permitir confiar em sua força e seu poder, por me dar paciência e sabedoria para que eu completasse esta jornada.

Gostaria de dedicar esta tese ao Márcio, amigo, esposo e companheiro; aos meus irmãos João Eder e Júnior e aos meus filhos Vitor e Débora; pelo apoio, carinho e compreensão.

Finalmente, gostaria de expressar minha gratidão pessoal a minha mãe Sirlei meu modelo permanente de ser humano, pois sem seu encorajamento, amor e fé em mim, esta pesquisa não poderia ter sido realizada.

Também gostaria agradecer ao Professor Dr. Antonio Dias Robaina, pela oportunidade de buscar este grau, pela amizade, pela orientação e apoio ao longo de minha pesquisa.

Estendo meu reconhecimento a Professora Dra. Marlene Estevão Marchetti e ao Professor Dr. Manoel Carlos Gonçalves pela sua paciência, seus conselhos inestimáveis, e pelo tempo gasto em minha co-orientação.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO | 01 |
| ABSTRACT | 02 |
| 1. INTRODUÇÃO | 03 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 10 |
| 2.1 FASE I | 10 |
| 2.1.1 Determinação do grau de umidade | 11 |
| 2.1.2 Teste de germinação | 11 |
| 2.1.3 Emergência de plântulas no campo | 11 |
| 2.1.4 Velocidade de Emergência de Plântulas | 11 |
| 2.1.5 Teste de Condutividade Elétrica | 12 |
| 2.1.6 Hidrocondicionamento das sementes | 12 |
| 2.2 FASE II | 14 |
| 2.2.1 Períodos de hidrocondicionamento das sementes | 14 |
| 2.2.2 Períodos de armazenagem das sementes | 14 |
| 2.2.3 Hidrocondicionamento das sementes | 15 |
| 2.2.4 Avaliação dos efeitos dos tratamentos | 15 |
| 2.3 Procedimento estatístico | 15 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 3.1 Germinação das sementes | 20 |
| 3.2 Condutividade elétrica das sementes | 25 |
| 3.3 Emergência a campo das sementes | 29 |
| 3.4 Velocidade de emergência a campo das sementes | 32 |
| 4. CONCLUSÕES | 36 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Superfície de resposta referente à germinação das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e armazenagem. Dourados-MS, 2006. | 21 |
| Figura 2. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a germinação das sementes de soja. Dourados-MS, 2006. | 22 |

- Figura 3. Superfície de resposta referente à condutividade elétrica das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e da armazenagem. Dourados-MS, 2006. 26**
- Figura 4. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a condutividade elétrica das sementes de soja. Dourados-MS, 2006. 27**
- Figura 5. Superfície de resposta referente à emergência a campo das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e armazenagem. Dourados-MS, 2006. 31**
- Figura 6. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a emergência a campo das sementes de soja. Dourados-MS, 2006. 32**
- Figura 7. Superfície de resposta referente à velocidade de emergência a campo, das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e armazenagem. Dourados-MS, 2006. 33**
- Figura 8. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a velocidade de emergência das sementes de soja a campo. Dourados-MS, 2006. 34**

LISTA DE QUADROS

| | Página |
|---|---------------|
| Quadro 1. Grau de umidade (U) e qualidade fisiológica inicial das sementes de soja, caracterizada pelos testes de germinação (GE), condutividade elétrica (CE), emergência | a |

a campo (EC) e velocidade de emergência a campo (VE).
Dourados-MS, 2006.

12

Quadro 2. Grau de umidade das sementes de soja em resposta aos períodos de hidrocondicionamento de 0, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 horas. Dourados-MS, 2006.

13

Quadro 3. Análise de variância dos dados de GE (Germinação), CE (Condutividade elétrica), EC (Emergência a campo) e VE (Velocidade de emergência) das sementes submetidas ao hidrocondicionamento e armazenagem para a avaliação da qualidade fisiológica.

18

Quadro 4. Valores médios do teste de germinação (GE), condutividade elétrica (CE), emergência a campo (EC) e velocidade de emergência a campo (VE) das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e da armazenagem. Dourados-MS, 2006.

19

Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao hidrocondicionamento

Autor: Maria Izabel Krüger Giurizatto

Orientador: Prof. Dr. Antonio Dias

Robaina

RESUMO

A técnica de hidratação controlada das sementes vem sendo utilizada como método de condicionamento fisiológico, tanto para sementes deterioradas como para sementes altamente sensíveis a embebição rápida, ou a interação entre ambas, objetivando melhorar o desempenho destas no campo. A hidratação pode ser seguida de secagem, se as sementes não tiverem atingido a fase III da germinação, facilitando o subsequente manuseio, armazenamento e semeadura com equipamentos convencionais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de períodos de hidrocondicionamento de sementes de soja de 20 e 24 horas, seguidos de secagem, sobre a qualidade fisiológica destas sementes armazenadas por 0, 90, 180 e 270 dias em condições de umidade e temperatura controlada. A técnica de hidrocondicionamento das sementes de soja adotada neste trabalho, teve efeito benéfico sobre a qualidade fisiológica destas sementes, sendo que as vantagens do hidrocondicionamento se tornaram mais evidentes com o envelhecimento natural das sementes durante o armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max*, armazenamento, viabilidade, vigor

Physiological quality of soybean seeds submitted to the hydro conditioning

Author: Maria Izabel Krüger Giurizatto

Adviser: Prof. Dr. Antonio Dias

Robaina

ABSTRACT

The technique of controlled hydration of the seeds has been used as method of physiologic conditioning, so much for seeds deteriorated as for seeds highly sensitive the fast soak, or the interaction among both, aiming at to improve the acting of these in the field. The hydration can be following by drying, if the seeds have not reached the phase III of the germination, facilitating the subsequent handling, storage and sowing with conventional equipments. The objective of the present work was to evaluate the effects of periods of hidrocondicionamento of seeds of soybean of 20 and 24 hours, following by drying, about the physiologic quality of these seeds stored by 0, 90, 180 and 270 days in humidity conditions and controlled temperature. The technique of hydro conditioning of the soybean seeds adopted in this work, had beneficial effect on the physiologic quality of these seeds, and the advantages of the hydro conditioning became more evident with the natural aging of the seeds during the storage.

Key words: *Glycine max*, storage, viability, vigour

1. INTRODUÇÃO

A produção de soja como qualquer outra cultura, é considerado um empreendimento de alto risco na agricultura moderna e tecnificada. E o uso de sementes de melhor qualidade para o plantio constitui-se em fator de extrema importância na obtenção de um estabelecimento adequado de plantas no campo e maiores rendimentos por unidade de área (Lucca & Reis, 1995).

Considerando que o desempenho das sementes está relacionado ao histórico de sua produção e processamento e ainda as condições de ambiente que esta encontra no solo; não são raras as observações quanto ao

comportamento deficiente de lotes após a semeadura no campo, refletindo as dificuldades encontradas pelas sementes quando expostas a estresses.

Devido a isso e a fragilidade natural das sementes de soja, de natureza morfológica e fisiológica, estão sendo feitos estudos com o objetivo de atenuar ou de solucionar problemas, dirigidos ao controle de qualidade, deterioração, colheita, armazenamento e tratamento de sementes, em benefício do comportamento destas após a semeadura.

Define-se como germinação o fenômeno pelo qual, sob condições apropriadas, o eixo embrionário dá prosseguimento ao seu desenvolvimento, que tinha sido interrompido por ocasião da maturidade fisiológica (Marcos Filho, 2005). Sendo que este é um processo biológico que consome energia, proveniente da degradação de substâncias de reserva da própria semente, utilizando o oxigênio para queimar esses produtos (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Durante a fase inicial do processo de germinação das sementes, ocorre o reparo metabólico dos componentes celulares e do citoplasma, as membranas se reorganizam, restabelecendo a permeabilidade seletiva e evitando a exsudação excessiva de eletrólitos (Larson, 1968; Abdul-Baki, 1980; Simon & Mills, 1983; Ferreira & Borghetti, 2004; Marcos Filho, 2005; Subedi & Ma, 2005).

Para que uma semente germine, é necessário que o meio forneça água suficiente, permitindo a ativação das reações químicas relacionadas ao metabolismo e, com isto, a retomada do processo do desenvolvimento do embrião. A embebição de água pela semente é um processo físico, relacionado com as propriedades dos colóides, e ocorre tanto em sementes vivas quanto mortas (Mayer & Mayber, 1978; Copeland & McDonald, 1995; Ferreira & Borghetti, 2004).

Bewley & Black (1994), sugerem três etapas principais durante a germinação das sementes que são aceitas atualmente no campo da fisiologia da germinação de sementes, que seriam a embebição, o processo bioquímico preparatório e a emergência propriamente dita. De acordo com esses autores as três etapas poderiam ser identificadas como: **Reativação**, que envolve a embebição, a ativação da respiração e as demais etapas do metabolismo;

Indução do crescimento, fase de repouso, como preparo para o crescimento; e **Crescimento**, protusão da raiz primária.

O padrão inicial de germinação para a maioria das sementes é trifásico, ou seja, ao se monitorar o conteúdo de água de sementes secas submetidas a embebição em água se observa um padrão trifásico de absorção de água e hidratação das sementes sob condições ideais de suprimento de água (Bewley & Black, 1994). Na Fase I, denominada embebição, que é um processo dirigido pelo gradiente de potencial hídrico entre a semente e seu ambiente, ocorre uma rápida entrada de água, em função da grande diferença de potencial entre as sementes e o substrato, independentemente do estado fisiológico das sementes (Bewley & Black, 1994; Ferreira & Borghetti, 2004; Marcos Filho, 2005).

Na Fase II, conhecida como intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo, a velocidade de absorção de água se torna mais lenta, tendendo para o equilíbrio entre os potenciais; ocorrendo diversas reações metabólicas preparatórias à emergência da raiz primária. Nesta fase, as células no interior das sementes não podem mais absorver água porque não podem mais se expandir e o potencial hídrico das sementes é nulo. Durante a Fase II, são ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e para a conclusão do processo germinativo e as sementes também tendem a se manter tolerantes a desidratação ou a dessecação (Ferreira & Borghetti, 2004; Marcos Filho, 2005).

A Fase III da embebição é marcada novamente por um aumento no conteúdo de água na semente, que acontece devido à absorção associada com a iniciação do crescimento do embrião. Na Fase III, com o metabolismo ativado e em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, ocorre uma redução no potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção de água do meio (Bewley & Black, 1994; Ferreira & Borghetti, 2004). A iniciação da emergência ou protusão da radícula geralmente marca um ponto sem retorno para a semente, que se encontra comprometida com a germinação e com o desenvolvimento da plântula.

Muitos estudos estão sendo realizados com o intuito de reduzir o tempo necessário entre a semeadura e a emergência das plântulas, e um dos procedimentos mais promissores é o tratamento pré-semeadura, envolvendo a

iniciação do metabolismo de germinação das sementes, por meio do controle da absorção de água pela semente, sem no entanto, permitir a protusão da radícula (Burgass & Powell, 1984; Bradford, 1986; Mandal & Basu, 1987; Dalianis, 1989; Taylor & Harman, 1990; Nath et al., 1991; Khan, 1992; Vasquez, 1995; Motta & Silva, 1997; Beckert, 2001; Marcos Filho, 2005).

Portanto, tratamentos de pré-semeadura como o condicionamento fisiológico das sementes, que induzem a iniciação metabólica mediante a hidratação das sementes, têm surgido com a finalidade de elevar a taxa e a velocidade de germinação, produzir uniformidade na emergência e elevar a capacidade das plântulas em resistir aos efeitos adversos do ambiente (Berrie & Drennan, 1971; Hanson, 1973; Hegarty, 1978; Dalianis, 1989; Saha et al., 1990; Motta, 1994; Nascimento, 2001; Marcos Filho, 2005).

O condicionamento fisiológico foi desenvolvido primeiramente por Heydecker et al. (1973), e apesar de fisiologicamente complexo, é simples em conceito. Pelo menos três técnicas são utilizadas para realizar o condicionamento fisiológico das sementes: a) a imersão em água, que consiste na hidratação das sementes diretamente na água; b) o osmocondicionamento, que envolve o condicionamento das sementes com soluções de baixo potencial osmótico, c) a umidificação, que consiste na hidratação das sementes em umidades relativas elevadas e c) o matrio-condicionamento, no qual há o controle de hidratação das sementes utilizando como substrato material sólido com baixo potencial mátrico como vermiculita, areia, turfa e papel, que neste trabalho está sendo denominado de hidrocondicionamento (Taylor & Harman, 1990; Khan, 1992; McDonald, 1998; Marcos Filho, 2005).

A técnica de condicionamento fisiológico é utilizada principalmente em sementes de hortaliças e de flores, com o objetivo de melhorar a velocidade de germinação, a uniformidade das plântulas e algumas vezes a percentagem de germinação, especialmente em condições edafo-climáticas adversas. Em geral, este tratamento não é padronizado, isto é, exige uma metodologia adequada para cada espécie, cultivar e até para lotes de sementes. Dependendo das condições de armazenamento, as sementes condicionadas fisiologicamente não suportam serem armazenadas por um longo período (Nascimento, 2000).

Nas condições de campo, as sementes estão sujeitas aos ciclos sucessivos de hidratação e desidratação e, dependendo da disponibilidade

hídrica, a germinação pode ser interrompida em diferentes estádios do processo. Considera-se, no entanto, que as sementes tornam-se mais sensíveis à desidratação com o avanço no processo de germinação e que a secagem, a partir da fase visível do processo denominada de fase III, normalmente expressada através da emissão da raiz primária, pode provocar danos irreparáveis ao embrião, a ponto da germinação não ocorrer quando a semente for reembebida (May et al., 1962; Chen et al., 1968; Deltour & Jacqmar, 1974; McKersie & Tomes, 1980).

A qualidade das sementes, representada pela soma dos atributos genético, físico, fisiológico e sanitário, é um pré-requisito para alcançar um estande adequado e conseqüentemente altas produtividades e alta qualidade dos produtos colhidos. A qualidade da semente é particularmente crítica quando são utilizados novos cultivares ou híbridos, onde o alto custo dos mesmos enfatiza a necessidade de melhores técnicas para se obter uma melhor emergência de cada semente. As sementes, durante o período de emergência, são normalmente expostas a diferentes condições edafoclimáticas, sobre as quais o produtor nem sempre tem controle (Nascimento, 2000).

O teste de germinação é o parâmetro mais utilizado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes em termos de viabilidade em condições controladas de umidade relativa e temperatura, para as espécies em geral, por se tratar de um teste confiável e reproduzível e realizado em condições favoráveis.

Enquanto a avaliação da condutividade elétrica baseada na quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes na água de embebição é utilizada para determinar a qualidade fisiológica de sementes em termos de vigor. O teste, além de ser considerado simples, rápido e preciso na determinação da qualidade fisiológica das sementes, vem também demonstrando uma alta correlação com a emergência no campo.

De acordo com Powell (1998), os principais fatores que afetam a qualidade de sementes de leguminosas são as injúrias durante a embebição, o envelhecimento e a interação entre esses fatores. Considera-se que a utilização de testes de vigor, principalmente o de condutividade elétrica, para a identificação de injúrias durante a embebição e o grau de envelhecimento,

permite a seleção de lotes para a comercialização e uso sob diferentes condições de campo.

A quantidade de exudatos liberada pelas sementes durante a embebição avaliada através da condutividade elétrica da solução está relacionada à germinação (Rosseto et al., 1997). No geral, a alta quantidade de íons liberados na solução, significa baixa germinação e baixo vigor, assim íons liberados podem ser considerados como uma medida do potencial fisiológico das sementes. Lotes de sementes com condutividade elétrica até 100-110 $\mu\text{mhos/cm/g}$ podem apresentar desempenho de campo satisfatório se condições ambientais forem adequadas (Colete et al., 2004), enquanto que a emergência de plântulas no campo aumenta os valores da condutividade elétrica diminuem.

A deterioração das sementes inclui toda e qualquer transformação degenerativa irreversível, após a semente ter atingido o seu nível de máxima qualidade, é considerada inexorável, irreversível, mínima na maturação e seu progresso é variável entre as espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote.

Sementes armazenadas durante longo período perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de solutos quando estas sementes são embebidas em água, essa ocorrência tem sido avaliada através da permeabilidade seletiva das membranas, geralmente detectada pela condutividade elétrica (Marcos Filho, 2005).

O envelhecimento é a soma dos processos deteriorativos, que em consequência, levam a morte da semente. O processo de deterioração consiste numa série de transformações físicas, químicas, fisiológicas e morfológicas que ocorrem após a maturidade fisiológica e conduzem a perda da qualidade da semente (Vasquez, 1995).

No processo de envelhecimento das sementes a alteração bioquímica inicial seria a desestruturação do sistema de membranas a nível celular. A causa desta desestruturação seria a ação de radicais livres, processo denominado de peroxidação de lipídios.

Sendo que o processo de envelhecimento resulta em uma desestruturação das membranas, com reflexos principais sobre sua capacidade de regular o fluxo de solutos tanto de dentro para fora como no sentido oposto

(Wilson Jr. & McDonald Jr., 1986). A desestruturação das membranas faz com que haja um aumento da permeabilidade destas, fato demonstrado em laboratório pelo teste de condutividade elétrica, amplamente utilizado na análise de vigor das sementes como já citado anteriormente (Carvalho, 1994).

Com a degeneração das membranas celulares e a redução das atividades bioquímicas devido aos processos deteriorativos de envelhecimento das sementes, manifestações fisiológicas acabam levando a semente à morte. A germinação e o crescimento inicial torna-se mais lento, ocorre uma redução do potencial de armazenamento, uma menor uniformidade de plântulas e menor emergência de plântulas a campo.

Considera-se que o grau de umidade da semente e a temperatura de armazenamento utilizada para o período em que as sementes ficam armazenadas, são os dois fatores de maior influência sobre a manutenção da viabilidade das sementes (Ward & Powell, 1983). Ressaltando que a possibilidade de armazenar as sementes em escala comercial por determinados períodos de tempo após tratamentos de condicionamento fisiológico já descritos, inclusive a técnica de hidrocondicionamento adotado neste estudo, sem a perda do benefício destes tratamentos, constitui um fato altamente desejável atualmente na tecnologia de sementes, com o objetivo de melhorar a velocidade de germinação, a uniformidade de plântulas e algumas vezes a percentagem de germinação, especialmente em condições edafoclimáticas adversas no campo.

Assim, diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da técnica de condicionamento fisiológico denominada no presente trabalho de hidrocondicionamento das sementes de soja, por períodos pré-determinados de 0, 20 e 24 horas, sobre a qualidade fisiológica (viabilidade e vigor) das sementes armazenadas por períodos de 0, 90, 180 e 270 dias, em condições de temperatura e umidade relativa controlada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes Oficial de Dourados/LASO/lagro, do Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, localizado no Município de Dourados/MS, situado em 22°14' de latitude Sul, 54°44' de longitude Oeste e altitude de 452 m.

Empregaram-se sementes de soja cultivar **BRS-181**, recomendada para o Estado de Mato Grosso do Sul e fornecida pelo Serviço de Produção de Sementes Básicas da Embrapa. Dividiu-se o trabalho em duas fases, sendo

FASE I a fase preliminar desenvolvida para a obtenção dos dados para a execução do trabalho e a FASE II, a fase de realização do experimento para a obtenção dos tratamentos, avaliação dos efeitos dos tratamentos e ainda os procedimentos estatísticos utilizados.

2.1 FASE I

Após a recepção das sementes no laboratório estas foram homogeneizadas em divisor mecânico de sementes e divididas em quatro partes iguais para representarem cada bloco do estudo. Os quatro blocos de sementes permaneceram armazenados em câmara seca com temperatura e umidade relativa controlada ($\pm 15^{\circ}\text{C}$ e 69% de UR) por aproximadamente 30 dias até serem submetidas à FASE II do trabalho.

Amostras de 600 g foram retiradas de cada bloco, separadas e submetidas aos testes descritos a seguir, para a caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes, determinação do grau de umidade e determinação dos períodos de hidrocondicionamento das sementes para a obtenção dos dados para a execução do trabalho.

2.1.1 Determinação do grau de umidade

Realizado pelo método estufa a $105^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}/ 24 \text{ h}$ (Brasil, 1992). O teor de água foi expresso com base no peso úmido das sementes.

2.1.2 Teste de germinação

Conduzido conforme os procedimentos descritos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), sob $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 5 dias, com quatro repetições de 50 sementes.

2.1.3 Emergência de plântulas no campo

Conduzido a campo, com a semeadura de quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em sulcos de 2,0 m de comprimento e 0,05 m de profundidade, distantes 0,3 m entre si, sendo que a cobertura das sementes foi efetuada com

aproximadamente 0,02 m de terra. Foi realizada irrigação manual freqüente e a contagem das plantas emersas foi realizada 21 dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem.

2.1.4 Velocidade de emergência de plântulas

Conduzido juntamente com a Emergência de plântulas no campo, fazendo-se contagens diárias das plântulas emergidas em cada repetição até que esse número ficasse constante. Calculou-se a seguir, o número de plântulas emergidas a cada dia e através da fórmula $IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$, obteve-se o índice de velocidade de emergência de plântulas.

Onde: IVE - índice de velocidade de emergência, E_1, E_2, \dots, E_n - número de plântulas emergidas, computadas na primeira, segunda, ..., última contagem, N_1, N_2, \dots, N_n - número de dias da semeadura a primeira, segunda, ..., última contagem. Foram consideradas plântulas emergidas aquelas que tiveram os cotilédones totalmente acima do solo.

2.1.5 Teste de condutividade elétrica

Conduzido com quatro repetições de 50 sementes por amostra, previamente pesadas em balança de precisão, que foram imersas em 75 ml de água deionizada e levadas ao germinador a 25°C por 24 horas, conforme Vieira (1994). A condutividade elétrica da água de embebição foi medida em condutímetro e o resultado expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de sementes.

Os dados da caracterização das sementes quanto à qualidade fisiológica inicial e umidade estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Grau de umidade (U) e qualidade fisiológica inicial das sementes de soja, caracterizada pelos testes de germinação (GE), condutividade elétrica (CE), emergência a campo (EC) e velocidade de emergência a campo (VE). Dourados-MS, 2006.

2.1.6 Hidrocondicionamento das sementes

O hidrocondicionamento das sementes foi conduzido com as amostras de 300g de sementes representativas dos blocos, que foram distribuídas entre duas camadas constituídas de seis folhas de papel Germitest umedecido com água, em um volume correspondente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, dispostas sobre peneiras de classificação de soja, sendo que cada camada de seis folhas de substrato úmido ocupava toda a superfície da peneira. Após as peneiras foram levadas para o germinador tipo Mangelsdorf a $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante períodos pré-determinados de 8, 16, 20, 24 e 28 horas de hidrocondicionamento. Ao término de cada período pré-determinado de hidrocondicionamento foram coletadas amostras de sementes para a caracterização quanto ao teor de água absorvido, sendo que estas foram submetidas ao teste de determinação do grau de umidade pelo método estufa descrito em 2.1.1.

| Bloco | U (%) | Qualidade Fisiológica | | | |
|-------|-------|-----------------------|---|------|------|
| | | GE (%) | CE ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) | EC % | VE |
| 1 | 9,9 | 81 | 84,9 | 74 | 7,92 |
| 2 | 9,8 | 79 | 79,6 | 74 | 7,58 |
| 3 | 10,0 | 84 | 80,5 | 76 | 7,74 |
| 4 | 10,1 | 84 | 80,9 | 76 | 8,25 |

O grau de umidade das sementes de soja após o término de cada período pré-definido de hidrocondicionamento de 0, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 horas está descrito no Quadro 2.

Quadro 2. Grau de umidade das sementes de soja em resposta aos períodos de hidrocondicionamento de 0, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 horas. Dourados-MS, 2006.

| Hidrocondicionamento (horas) | Grau de Umidade (%) | | | |
|---------------------------------|---------------------|------|------|-------|
| | Blocos | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 9,9 | 9,8 | 10 | 10,1 |
| 8 | 22,5 | 22,8 | 22,6 | 22,9 |
| 16 | 29,3 | 29,6 | 29,3 | 29,7 |
| 20 | 33,4 | 33,5 | 33,2 | 33,6 |
| 24 | 35,2 | 35,4 | 35,3 | 36,0 |
| 28 | 46,0 | 46,3 | 46,5 | 47,8* |

* protusão da radícula

De acordo com o Quadro 2, observou-se que as sementes submetidas ao hidrocondicionamento por períodos de 20 e 24 horas de hidratação atingiram em torno de 40% de umidade e no máximo a Fase II da germinação, não havendo protusão da radícula e podendo ser submetidas à secagem para o retorno a umidade inicial.

2.2 FASE II

Na FASE II do trabalho o arranjo dos tratamentos foi disposto em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por três períodos de hidrocondicionamento das sementes de 0, 20 e 24 horas e as subparcelas por quatro períodos de armazenamento das sementes de 0, 90, 180 e 270 dias.

Para a obtenção dos tratamentos, além da testemunha não hidrocondicionada, os seguintes procedimentos foram adotados:

2.2.1 Períodos de hidrocondicionamento das sementes

Os períodos de hidrocondicionamento das sementes de 20 e 24 horas que foram utilizados neste trabalho de acordo com a FASE I item 2.1.6 (Quadro 2), utilizando-se como critério o grau de umidade das sementes e também o estágio de desenvolvimento germinativo das sementes, observando-se a seqüência de eventos que ocorrem durante o processo de germinação descrito por Bewley e Black (1994), levando-se em consideração os períodos de em que as amostras hidrocondicionadas não apresentavam sementes com protusão da radícula, como indicativo de que estas não haviam atingido a Fase III da germinação e que apresentavam em torno de 40% de grau de umidade.

2.2.2 Períodos de armazenagem das sementes

As amostras de sementes hidrocondicionadas por 20 e 24 horas juntamente com uma testemunha sem hidratação foram armazenadas em câmara seca com temperatura e umidade controlada por períodos de 0, 90, 180 e 270 dias respectivamente, sendo submetidas após cada período de armazenagem a avaliação da qualidade fisiológica das sementes hidrocondicionadas e armazenadas, através dos testes descritos na FASE I em 2.1.2 a 2.1.5. Estes testes foram realizados imediatamente após a secagem das sementes e após os períodos de armazenagem de 90, 180 e 270 dias.

2.2.3 Hidrocondicionamento das sementes

Realizado conforme descrito no item 2.1.6 da FASE I do trabalho, sendo que nesta fase foram utilizadas 300g de sementes de cada tratamento por bloco com quatro repetições. Vencidos os períodos pré-determinados 20 e 24 horas de hidrocondicionamento as sementes foram submetidas à secagem em estufa com circulação e renovação de ar (MA037 Marconi) a 30°C constante até atingirem um grau de umidade constante em torno de 11%.

2.2.4 Avaliação dos efeitos dos tratamentos

Após os períodos de hidrocondicionamento das sementes de 0 (testemunha), 20 e 24 horas, seguidos da secagem em estufa, as sementes foram armazenadas por períodos de 0, 90, 180 e 270 dias em câmara seca com controle de temperatura e umidade relativa ($\pm 15^{\circ}\text{C}$ e 69% de UR), para a avaliação dos efeitos dos tratamentos de hidrocondicionamento e armazenagem sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Na avaliação dos efeitos dos tratamentos as sementes foram submetidas aos testes para a avaliação da qualidade fisiológica (viabilidade e vigor) sendo: teste de germinação, emergência de plântulas a campo, índice de velocidade de emergência a campo e condutividade elétrica e que estão descritos nos itens 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 e 2.1.5, utilizando-se quatro repetições por tratamento por bloco.

2.3 Procedimento Estatístico

O delineamento experimental utilizado para a avaliação do efeito dos tratamentos sobre a qualidade fisiológica das sementes foi blocos casualizados com quatro repetições. O arranjo dos tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos três períodos de hidrocondicionamento (0, 20 e 24 horas) e as subparcelas pelos quatro períodos de armazenagem (0, 90, 180 e 270 dias). O modelo estatístico e o esquema da análise de variância empregado para os dados dos testes de avaliação fisiológica realizados após o hidrocondicionamento estão descritos a seguir:

$Y_{ijk} = \mu + H_i + B_k + E_a + A_j + HA_{(ij)} + E_b$, onde, Y_{ijk} : observação do hidrocondicionamento i e armazenagem j no bloco k ; μ : média geral do experimento; H_i : efeito do hidrocondicionamento i ; B_k : efeito do bloco k ; E_a : resíduo (a); A_j : efeito do armazenagem j ; $HA_{(ij)}$: efeito da interação do hidrocondicionamento i com o armazenagem j e E_b : resíduo (b).

| Fontes de Variação | G L |
|--------------------------|-----|
| Blocos | 3 |
| Hidrocondicionamento (H) | 2 |
| Resíduo a | 6 |
| Armazenagem (A) | 3 |
| H x A | 6 |
| Resíduo b | 27 |

Após a análise de variância com base no delineamento proposto e verificada a significância do teste F para as interações em todas as características avaliadas, foi realizado o ajuste de superfícies de resposta destas características em função do período de hidrocondicionamento e do período de armazenamento. Para a análise de variância foi utilizado o aplicativo computacional SAEG (Ribeiro Junior, 2001).

A análise de regressão linear múltipla polinomial foi realizada utilizando-se como variáveis dependentes: a germinação (GE), a condutividade elétrica (CE), a emergência a campo (EC) e a velocidade de emergência a campo (VE) e variáveis independentes: o período de hidrocondicionamento das sementes em horas e o período de armazenagem das sementes em dias. Para a escolha do modelo de melhor ajuste foi utilizado como critério o valor mais elevado de R^2 , sendo que o modelo utilizado foi: $Z = a + b X + c X^2 + d Y + e Y^2 + f XY + \epsilon$, onde Z= variável dependente, X= período de hidrocondicionamento das sementes, Y= período de armazenagem das sementes e ϵ =erro.

Para estimar as superfícies de resposta foram ajustados os modelos escolhidos pelo maior valor de R^2 com base nas médias dos tratamentos. Cada componente do modelo foi testado até 5% de probabilidade, pelo teste F, utilizando-se o aplicativo computacional Statistica Versão 6.0 (Calado & Montgomery, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância empregada para os dados dos testes de avaliação da qualidade fisiológica está apresentada no Quadro 3.

Quadro 3. Análise de variância dos dados de GE (Germinação), CE (Condutividade elétrica), EC (Emergência a campo) e VE (Velocidade de emergência) para a avaliação da qualidade fisiológicas das sementes submetidas ao hidrocondicionamento e armazenagem.

| Fontes de Variação | GL | Quadrado Médio | | | |
|--------------------|----|----------------|----|----|----|
| | | GE | CE | EC | VE |

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Blocos | 3 | 17,85^{NS} | 223,86^{NS} | 10,05^{NS} | 0,08^{NS} |
| Hidrocondicionamento(H) | 2 | 191,68** | 14648,90** | 560,89** | 4,71** |
| Resíduo (a) | 6 | 13,60 | 1541,42 | 6,03 | 0,07 |
| Armazenagem (A) | 3 | 2462,97** | 161524,6** | 6221,38** | 75,23** |
| H x A | 6 | 422,71** | 18606,15** | 194,36** | 28,37** |
| Resíduo (b) | 27 | 7,26 | 930,27 | 4,19 | 0,07 |
| CV (%) | | 4,11 | 15,12 | 4,81 | 7,09 |

NS - Não Significativo

** Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F

| Períodos de Armazenagem (dias) | Períodos de Hidrocondicionamento (horas) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|----|----|---------------|-----|-----|-------------|----|----|-------------|------|------|
| | GE(%) | | | CE (µS/ cm/g) | | | EC(%) | | | VE | | |
| | 0 | 20 | 24 | 0 | 20 | 24 | 0 | 20 | 24 | 0 | 20 | 24 |
| 0 | 82 | 78 | 77 | 81 | 99 | 87 | 75 | 75 | 73 | 7,87 | 7,6 | 7,37 |
| 90 | 77 | 70 | 72 | 147 | 155 | 157 | 40 | 36 | 56 | 2,83 | 2,33 | 5,13 |
| 180 | 63 | 62 | 70 | 201 | 187 | 225 | 18 | 32 | 35 | 2,29 | 2,38 | 3,22 |
| 270 | 25 | 58 | 55 | 507 | 254 | 321 | 13 | 30 | 30 | 1,52 | 2,25 | 2,57 |
| CV(%) | 4,11 | | | 15,12 | | | 4,81 | | | 7,09 | | |

Os resultados indicam que todos os parâmetros apresentaram sensibilidade às causas de variação, sendo que os testes de germinação (GE), condutividade elétrica (CE), emergência a campo (EC) e velocidade de emergência a campo (VE), apresentaram diferenças significativas entre as causas de variação.

O Quadro 4 apresenta os dados médios que originaram o ajuste das superfícies de resposta entre as variáveis dependentes em função dos períodos de hidrocondicionamento e dos períodos de armazenagem das sementes.

Quadro 4. Valores médios do teste de germinação (GE), condutividade elétrica (CE), emergência a campo (EC) e velocidade de

emergência a campo (VE) das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e da armazenagem. Dourados-MS, 2006.

A análise de variância apresentada no Quadro 3 indica que as variáveis analisadas foram influenciadas pelos períodos de hidrocondicionamento das sementes, períodos de armazenagem das sementes e a interação entre estes. Portanto, verificou-se a viabilidade da decomposição dos efeitos das interações de tratamentos sob a forma de superfícies de resposta.

3.1 Germinação das sementes

Para a germinação das sementes observou-se um efeito significativo da interação hidrocondicionamento e armazenagem das sementes ($p \leq 0,01$)(Quadro 3).

Na superfície de resposta ajustada para os dados de germinação das sementes de acordo com a equação de regressão estimada, observa-se que houve influência do período de hidrocondicionamento e de armazenagem sobre a germinação das sementes, indicando que maiores porcentagens de germinação podem ser obtidas com 24 horas de hidrocondicionamento e com 82 dias de armazenagem das sementes, obtendo uma resposta em torno de 78% de germinação (Figura 1). Esse fato pode também ser confirmado na Figura 2, onde estão plotadas as isoquantas obtidas a partir do modelo.

Pode-se observar neste trabalho que as sementes submetidas ao tratamento de hidrocondicionamento comportaram-se semelhantemente a testemunha no período de 0 dias de armazenagem, não havendo incremento substancial no potencial germinativo destas (Quadro 4). Mas, as sementes hidrocondicionadas por 20 e 24 horas e com armazenagem em câmara seca com temperatura e umidade relativa controlada, a partir dos 180 dias tiveram

uma redução no percentual de germinação bem menor que a testemunha não hidratada, concordando com os dados de Saha et al (1990).

Os referidos autores aplicando diferentes métodos de hidratação controlada em sementes de soja, notaram que imediatamente após a hidratação seguida de secagem, não houve incremento significativo na porcentagem de germinação obtida pelo teste de germinação e no vigor das sementes obtido pelo teste de condutividade elétrica, comparado com a testemunha não hidratada. Porém, após o envelhecimento natural sob condições ambientais durante cinco meses, a germinação foi superior nas sementes pré-condicionadas.

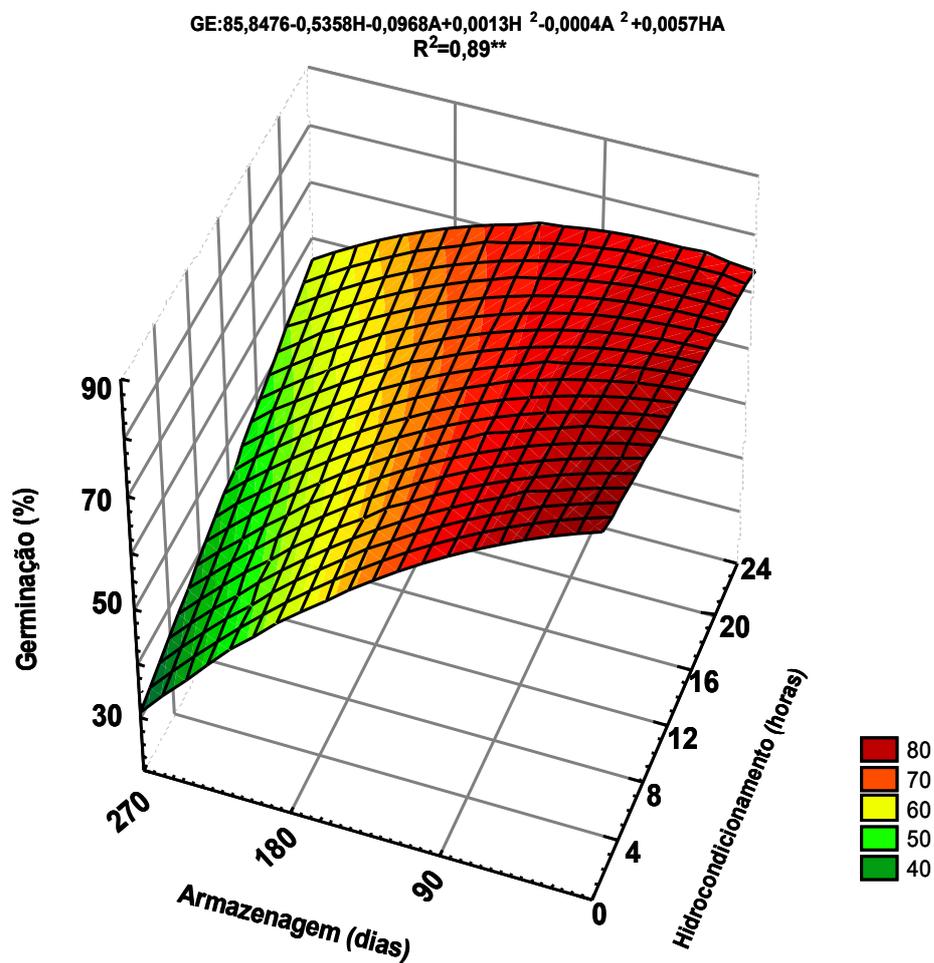


Figura 1. Superfície de resposta referente à germinação das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e armazenagem. Dourados-MS, 2006.

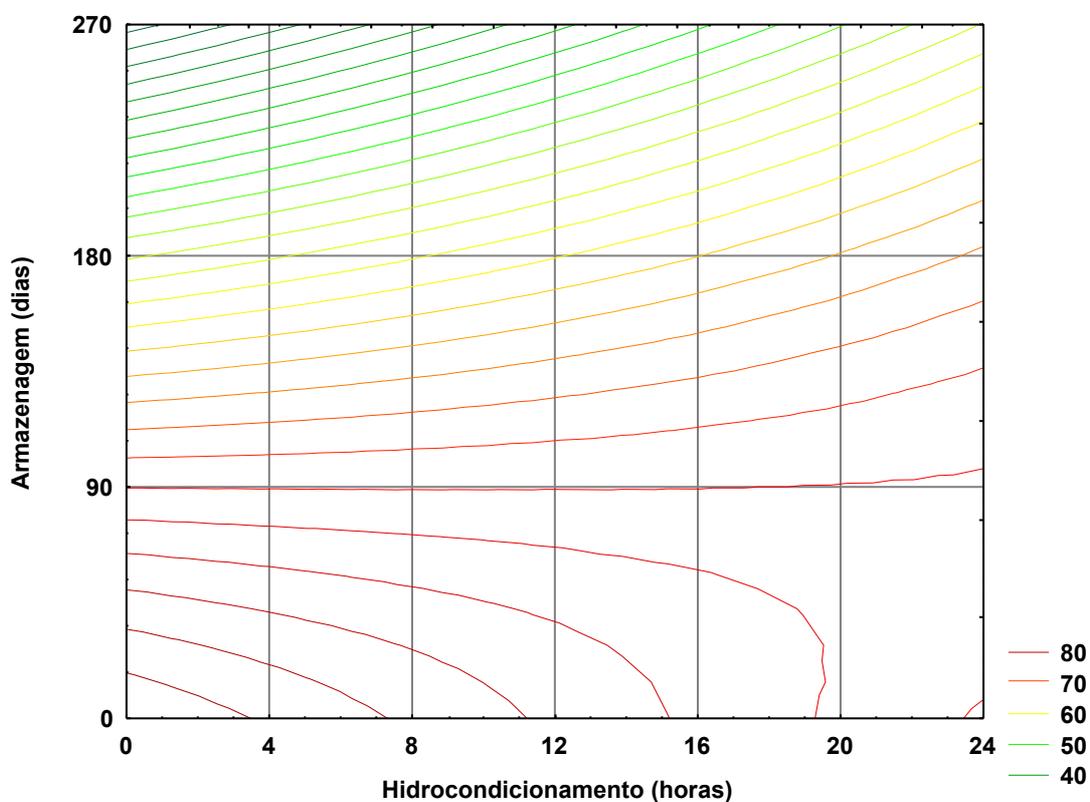


Figura 2. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a germinação das sementes de soja. Dourados-MS, 2006.

Dos resultados obtidos pode-se inferir a existência de mecanismos de reparo nas sementes hidrocondicionadas que contribuem para a reestruturação do sistema de

membranas e para a reorganização dos componentes estruturais das células, sendo estas evidências de uma possível reversibilidade da deterioração das sementes. De acordo com Saha et al. (1990) a maior germinabilidade das sementes de soja envelhecidas naturalmente e tratadas com hidrocondicionamento pode estar associada com a redução da peroxidação de lipídios no eixo embrionário bem como em toda a semente. Os autores inferem que os efeitos benéficos do tratamento de hidratação-desidratação na germinabilidade das sementes envelhecidas naturalmente refletem-se no baixo conteúdo de peróxidos no eixo embrionário das sementes tratadas. Segundo estes autores, os benefícios do hidrocondicionamento são determinados por acréscimos da atividade enzimática, reorganização do sistema de membranas celulares e redução do índice de peroxidação de lipídios nas sementes. Os resultados obtidos para a germinação das sementes contrariam as observações de Vaquez (1995), Puteh et al. (1995) e Beckert et al. (2000), onde a germinação das sementes de soja não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos com e sem hidratação controlada, bem como as de Armstrong & McDonald (1992), que obtiveram germinação inferior nas sementes pré-condicionadas e submetidas à secagem, em relação às sem condicionamento fisiológico.

Observou-se no presente trabalho que sementes tratadas e armazenadas até 180 dias não mostraram um declínio muito elevado na porcentagem de germinação, mas redução marcante foi observada nas sementes não tratadas (testemunha) dos 180 para os 270 dias de armazenamento. Concordando com Chiu et al. (2003) que obtiveram resultados semelhantes com sementes não pré-condicionadas armazenadas à 25°C por até seis meses que não mostraram nenhum declínio evidente em porcentagem de germinação, mas reduções marcantes em porcentagem de germinação foram observadas para estas sementes armazenadas por nove e doze meses. Isto pode ser

explicado pelo sintoma do declínio da qualidade fisiológica das sementes caracterizado pela lentidão do processo de germinação, acompanhada pelo aumento do período decorrido entre a germinação da primeira e da última semente e uma conseqüente desuniformidade entre plântulas.

Tilden & West (1985) em trabalho com sementes de soja variando a quantidade de folhas de papel para a hidratação das sementes, utilizando de uma a cinco folhas de papel umedecidas como substrato, afirmam que reduzindo a velocidade da taxa de hidratação das sementes com cinco folhas de papel como substrato, preveniu-se a perda de germinabilidade devido a não ocorrência de danos as sementes pela embebição rápida. Pode-se inferir que a hidratação lenta utilizada pelo hidrocondicionamento das sementes entre duas camadas de seis folhas de papel umedecido como substrato, também preveniu o vazamento de eletrólitos das sementes, indicando neste trabalho que a ruptura ou a permeabilidade celular foi o fator principal que contribui para a perda de germinabilidade, principalmente da testemunha depois do envelhecimento natural das sementes durante o armazenamento em câmara seca.

Para Armstrong & McDonald (1992) a embebição das sementes de soja em água resultou num desenvolvimento anormal das plântulas. Concluíram, então, que a embebição prévia das sementes em água foi prejudicial à germinação das sementes dessa mesma espécie sob condições ideais de temperatura.

Braccini et al. (1997) observaram em soja que o processo de hidratação em água desmineralizada, seguido de secagem das sementes, prejudicou a sua qualidade, reduzindo tanto o vigor como a germinação. Estes resultados podem estar relacionados com a grande susceptibilidade das sementes de soja as injúrias provocadas pela embebição direta em água, que seria a principal

responsável pela redução na capacidade germinativa das sementes de algumas espécies sensíveis à hidratação rápida como o caso da soja.

Segundo Braccini et al. (1997) a velocidade com que a água penetra nos tecidos das sementes representa um fator decisivo no sucesso da germinação. Quando a semente ou eixo embrionário é colocado em água pura a embebição processa-se muito rapidamente, podendo ocorrer danos ou injúrias às sementes. Os efeitos prejudiciais da rápida embebição podem ser decorrentes de fatores como: redução na integridade das membranas celulares, aumento na atividade de microrganismos, pelo vazamento de solutos, ou, ainda, pela baixa disponibilidade de oxigênio, levando ao processo de respiração anaeróbica.

As informações na literatura são bastante contraditórias e pouco conclusivas com relação à secagem das sementes após os tratamentos de condicionamento fisiológico. Isto se deve ao fato de que os autores, normalmente, não especificam de forma detalhada o procedimento de secagem utilizado nos experimentos. Além disso, diversos trabalhos têm realizado a desidratação/secagem das sementes, em condições ambientais, por períodos relativamente longos, ao redor de sete a dez dias, podendo, desta forma, acelerar o processo de deterioração das sementes e reverter os efeitos benéficos adquiridos com o tratamento de condicionamento fisiológico. Os trabalhos realizados com a cultura da soja, têm mostrado resultados promissores com a utilização da técnica de hidratação-desidratação, obtendo-se aumentos bastante significativos na capacidade germinativa das sementes (Tilden & West, 1985; Saha et al., 1990; Braccini et al., 1999). O hidrocondicionamento seguido da secagem das sementes em estufa com circulação de ar a 30°C constantes, realizado neste trabalho, concordam com estes autores pois não houve perda dos efeitos dos tratamentos com a secagem das sementes.

Braccini et al. (1997) relatam que o período em que as sementes permanecem viáveis no armazenamento tem sido objeto de estudo por parte de diversos pesquisadores, sendo que o condicionamento fisiológico de sementes de cebola e tomate, seguido de secagem, não só retarda o processo de deterioração, como também, permite um armazenamento satisfatório das

sementes por até dezoito meses, sem que ocorram perdas significativas na viabilidade.

3.2 Condutividade elétrica das sementes

Na condutividade elétrica das sementes observou-se um efeito significativo da interação hidrocondicionamento e armazenagem ($p \leq 0,01$) (Quadro 3).

Observa-se que houve influência do tempo de hidrocondicionamento e de armazenagem sobre a condutividade elétrica das sementes (Figura 3), indicando que com 99 dias de armazenagem e com 13 horas de hidrocondicionamento das sementes pode ser obtida uma resposta das sementes com relação à condutividade elétrica em torno de $98 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$. Esse fato pode também ser confirmado pela análise da Figura 4, onde estão plotadas as isoquantas obtidas a partir do modelo selecionado.

Houve um aumento acentuado para esta variável com o aumento no tempo de armazenagem para todos os tratamentos, sendo que as sementes não submetidas ao hidrocondicionamento tiveram maior deterioração com o maior tempo de armazenagem, representada pelo maior resultado da condutividade elétrica com 270 dias de armazenagem (Quadro 4). De um modo geral todos os tratamentos superaram a testemunha sem o hidrocondicionamento, sendo que a testemunha que não sofreu nenhuma hidratação apresentou valores mais elevados de condutividade elétrica com 180 e 270 dias de armazenagem, o que revela que o efeito da hidratação sobre as membranas celulares é benéfico quando avaliado sob esse parâmetro. Pois quanto menor o resultado da condutividade elétrica, mais organizadas encontram-se as membranas celulares, não permitindo a passagem de solutos do meio interno da sementes para o meio externo onde encontra-se a solução de embebição das sementes.

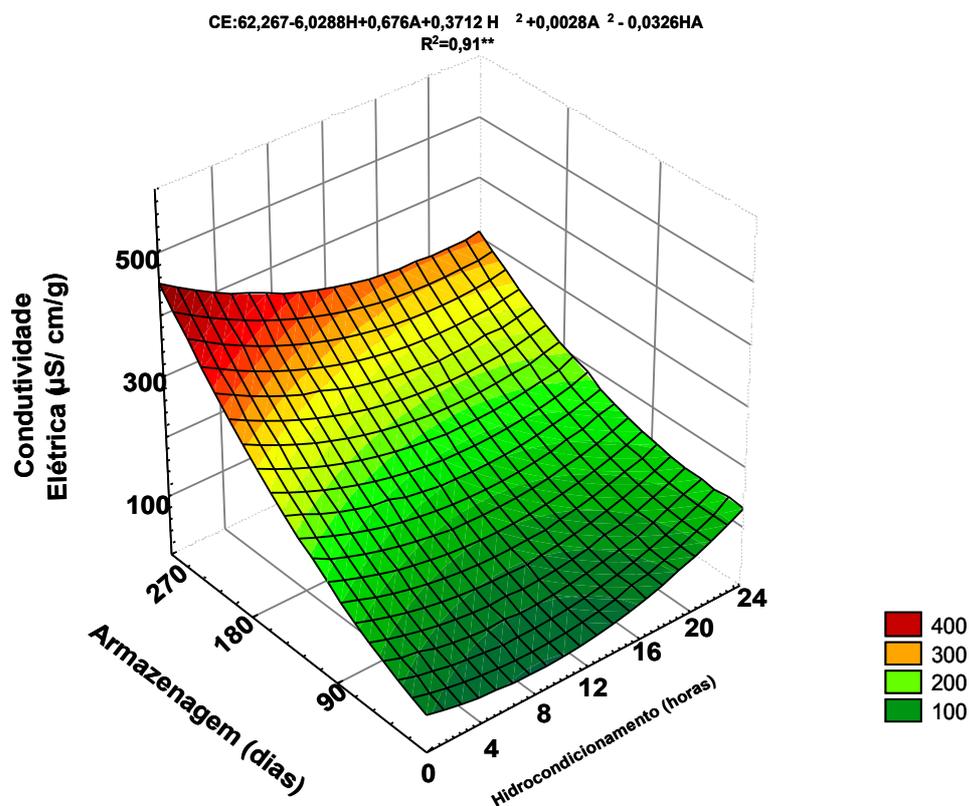


Figura 3. Superfície de resposta referente à condutividade elétrica das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e da armazenagem. Dourados-MS, 2006.

Isto pode ser explicado por Saha et al. (1990) que observaram em sementes de soja envelhecidas naturalmente um considerável aumento na permeabilidade das membranas, especialmente nas sementes não tratadas. Enquanto que, a condutividade elétrica e o vazamento de açúcar e aminoácidos aumentaram

consideravelmente devido ao envelhecimento natural, mas em menor extensão nas sementes hidrocondicionadas e ainda que o decréscimo da atividade das enzimas amilase e desidrogenase foi maior no controle (testemunha) do que nas sementes tratadas.

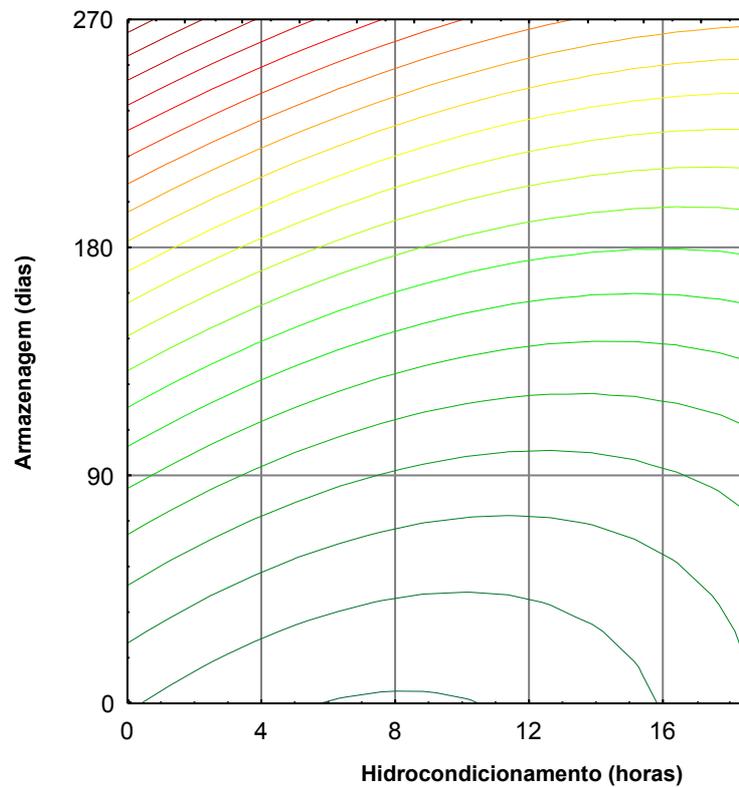


Figura 4. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a condutividade elétrica das sementes de soja. Dourados-MS, 2006.

Tilden & West (1985) trabalhando com sementes de soja inferem que a ação de mecanismos de reparo contribuíram para a reestruturação do sistema de membranas, pois

mesmo as sementes hidrocondicionadas após 50 horas de envelhecimento artificial, apresentaram liberação de exudatos determinado pela condutividade elétrica inferior a das sementes não hidrocondicionadas. Ao mesmo tempo, destacam o uso do hidrocondicionamento pela vantagem de não utilização de produtos químicos, evitando a interferência de substâncias indesejáveis e nocivas às sementes durante a embebição. Não há dúvida de que sementes armazenadas durante maiores períodos perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de solutos quando as sementes são embebidas em água. Essa ocorrência tem sido avaliada através da permeabilidade seletiva das membranas, geralmente detectada pela condutividade elétrica (Dias & Marcos Filho, 2005). Como o tratamento testemunha apresentou valores mais elevados que as sementes hidrocondicionadas, para esta variável, a partir de 180 dias de armazenagem, pode-se inferir que a semente sem tratamento de hidrocondicionamento apresentou

maior desorganização de suas membranas e, conseqüentemente, a maior liberação de constituintes para o meio externo que seriam essenciais para a germinação (Figura 3).

A maior condutividade elétrica foi obtida no tratamento sem hidrocondicionamento e com 270 dias de armazenagem (Figura 3), indicando uma maior deterioração das sementes e maior permeabilidade das membranas, que permitiram que solutos do interior das sementes saíssem para o meio externo. Desta forma pode-se evidenciar os benefícios do hidrocondicionamento que de acordo com Beckert et al. (2000), as sementes de soja submetidas ao pré-condicionamento, apresentaram uma menor lixiviação de eletrólitos, comparadas às sementes sem condicionamento, confirmando dados obtidos por Armstrong & McDonald (1992) e Vasquez (1995). Este comportamento pode ser atribuído aos efeitos do umedecimento na ativação de mecanismos de reparo das membranas nas sementes hidrocondicionadas, fazendo com que estas se encontrassem mais organizadas em relação às sem pré-condicionamento, dificultando a lixiviação de solutos para o meio externo.

Sementes armazenadas durante longos períodos perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de solutos quando as sementes são embebidas em água, essa ocorrência tem sido avaliada através da permeabilidade seletiva das membranas, geralmente detectada pela condutividade elétrica (Marcos Filho, 2005). Como o tratamento testemunha no presente trabalho apresentou valores mais elevados que as sementes hidrocondicionadas, para esta variável, a partir de 180 dias de armazenagem, pode-se inferir que a semente sem tratamento de hidrocondicionamento apresentou maior desorganização de suas membranas e, conseqüentemente, a liberação de constituintes para o meio externo que seriam essenciais para a germinação (Figura 3).

Dias & Marcos Filho (1996) testando sementes de soja encontraram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho para a condutividade elétrica. Os resultados obtidos também confirmam os de Vieira (1980), que

conclui que há uma relação prática no uso da condutividade elétrica como um teste de vigor para sementes de soja. A partir da relação dos resultados do teste de condutividade elétrica e da emergência de plântulas no campo, podem ser feitas conclusões do potencial de desempenho das sementes e para que condições de campo poderiam ser recomendadas as sementes de um determinado lote.

Pandey (1988) salienta a eficiência da embebição de sementes de feijão entre folhas de papel umedecido, beneficiando o desempenho destas sementes com idades diferentes, sendo que as vantagens da técnica utilizada pelo autor se tornaram mais evidentes com o decorrer do envelhecimento natural das sementes de feijão, evidenciadas pelo teste de condutividade elétrica.

3.3 Emergência a campo das sementes

Para a emergência a campo das sementes observou-se um efeito significativo da interação hidrocondicionamento e armazenagem ($p \leq 0,01$) (Quadro 3).

Os valores da emergência de plântulas a campo detectaram os efeitos dos tratamentos e da interação entre estes e houve em sua totalidade uma queda significativa dos valores após 180 dias de armazenagem quando comparados com 0 dias de armazenagem, mas as sementes submetidas aos períodos de hidrocondicionamento de 20 e 24 horas de embebição apresentaram resultados superiores à testemunha, o que sugere a existência de benefícios relativos ao hidrocondicionamento das sementes utilizado no presente trabalho (Quadro 4).

Para esta variável observou-se que com 0,6 horas de hidrocondicionamento e com o máximo período de armazenagem obteve-se a menor resposta de emergência de plântulas a campo que foi de 13 % (Quadro

4 e Figura 5), sendo que o hidrocondicionamento das sementes proporcionou maior emergência de plântulas no campo, mesmo nas sementes armazenadas por maior período de tempo. Esse fato pode também ser confirmado pela análise da Figura 6, onde estão plotadas as isoquantas obtidas a partir do modelo selecionado.

Braccini et al. (1997) mostram que os resultados da emergência final das plântulas de soja em substrato de areia obtiveram uma resposta bastante semelhante ao índice de velocidade de emergência. Sendo que a hidratação das sementes em solução osmótica de polietilenoglicol (PEG 6000) favoreceu uma maior emergência das plântulas em todos os períodos de armazenamento, seguido pela testemunha não tratada e, por último, a embebição das sementes em água, com os menores valores de emergência.

$$EC:73,9071-0,8822H-0,4461A+0,0402H^2+0,0008A^2+0,003HA$$
$$R^2=0,95^{**}$$

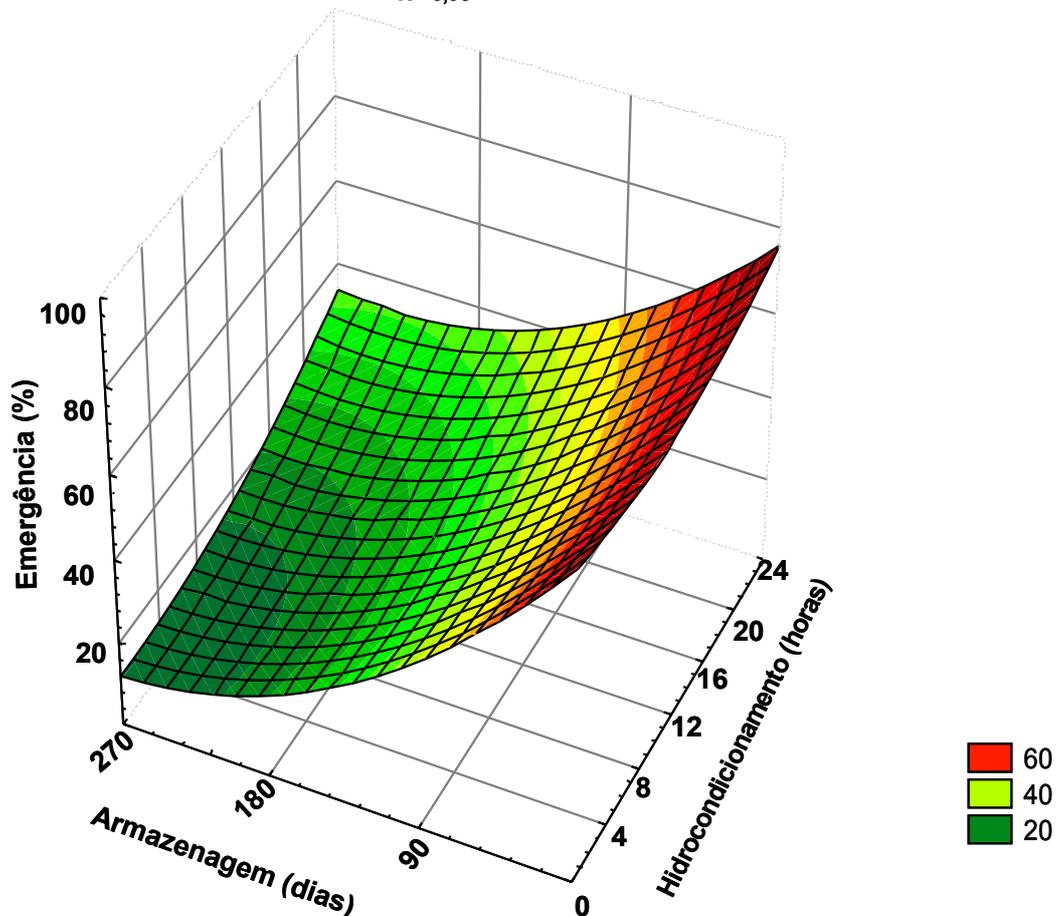


Figura 5. Superfície de resposta referente à emergência a campo das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e armazenagem. Dourados-MS, 2006.

Em trabalho desenvolvido por Subedi & Ma (2005), em sementes de milho embebidas diretamente em água por 16 horas, houve uma redução significativa da porcentagem de emergência de plântulas no campo.

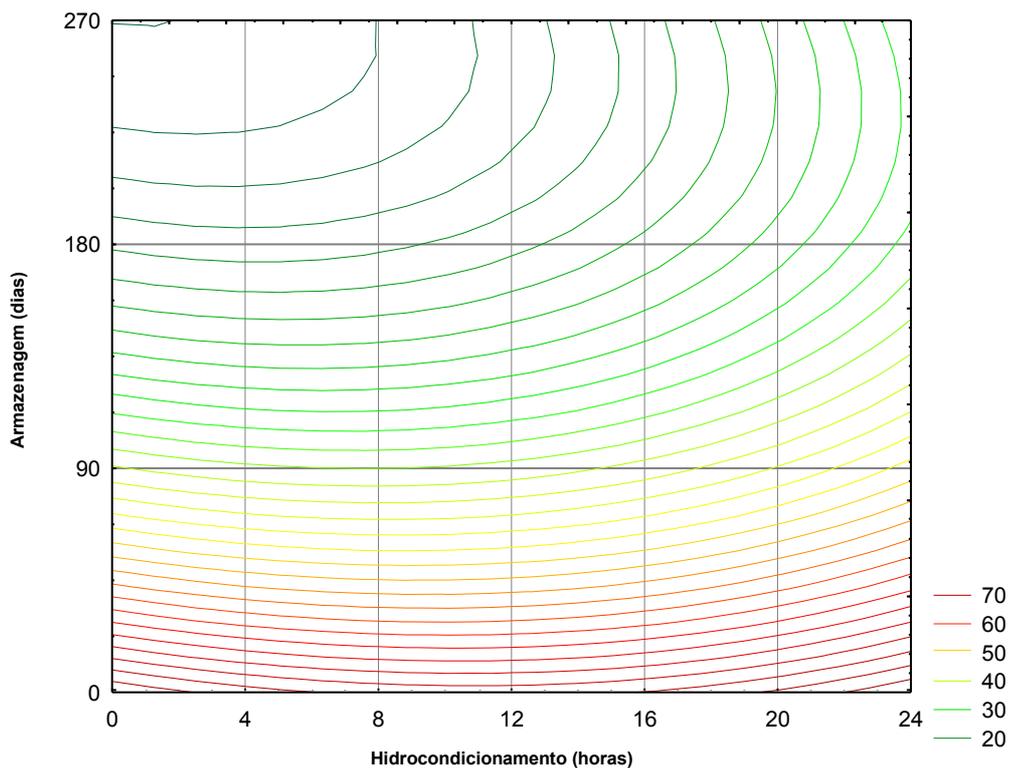


Figura 6. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a emergência a campo das sementes de soja. Dourados-MS, 2006.

3.4 Velocidade de emergência a campo

Para a velocidade de emergência a campo das sementes observou-se um efeito significativo da interação hidrocondicionamento e armazenagem ($p \leq 0,01$) (Quadro 3).

Na superfície ajustada para os dados desta variável campo de acordo com a equação de regressão estimada observa-se que houve influência do período de hidrocondicionamento e de armazenagem sobre o índice velocidade de emergência de plântulas, indicando que com 253 dias armazenagem das sementes e com 9 horas de hidrocondicionamento, obteve-se uma resposta mínima da velocidade emergência das sementes (Figura 7).

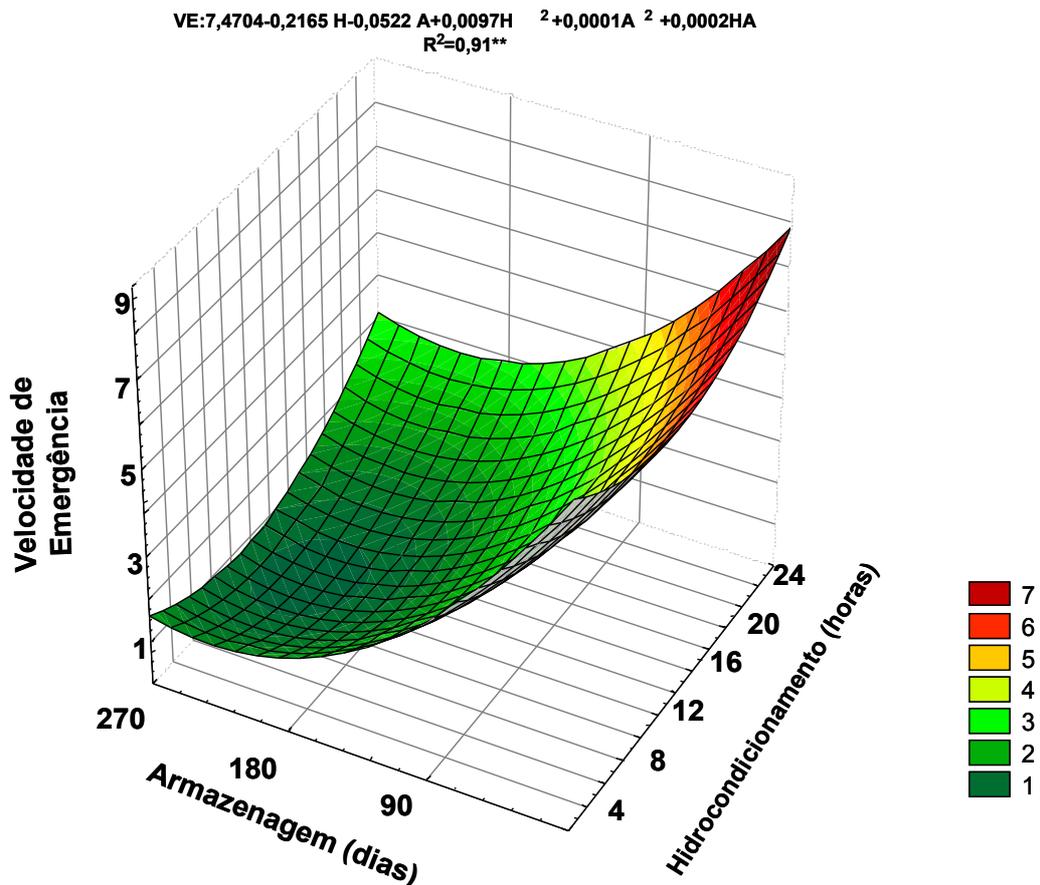


Figura 7. Superfície de resposta referente à velocidade de emergência a campo das sementes de soja em função do hidrocondicionamento e armazenagem. Dourados-MS, 2006.

Houve em todos os tratamentos uma queda significativa dos valores de velocidade de emergência a campo das sementes após 180 dias de armazenagem quando comparados com 0 dias de armazenagem, mas as sementes submetidas ao hidrocondicionamento de 20 e 24 horas de hidrocondicionamento apresentaram resultados superiores à testemunha, o que sugere a existência de benefícios relativos ao hidrocondicionamento das sementes (Quadro 4 e Figura 7). Esse fato pode também ser confirmado pela análise da Figura 8, onde estão plotadas as isoquantas obtidas a partir do modelo.

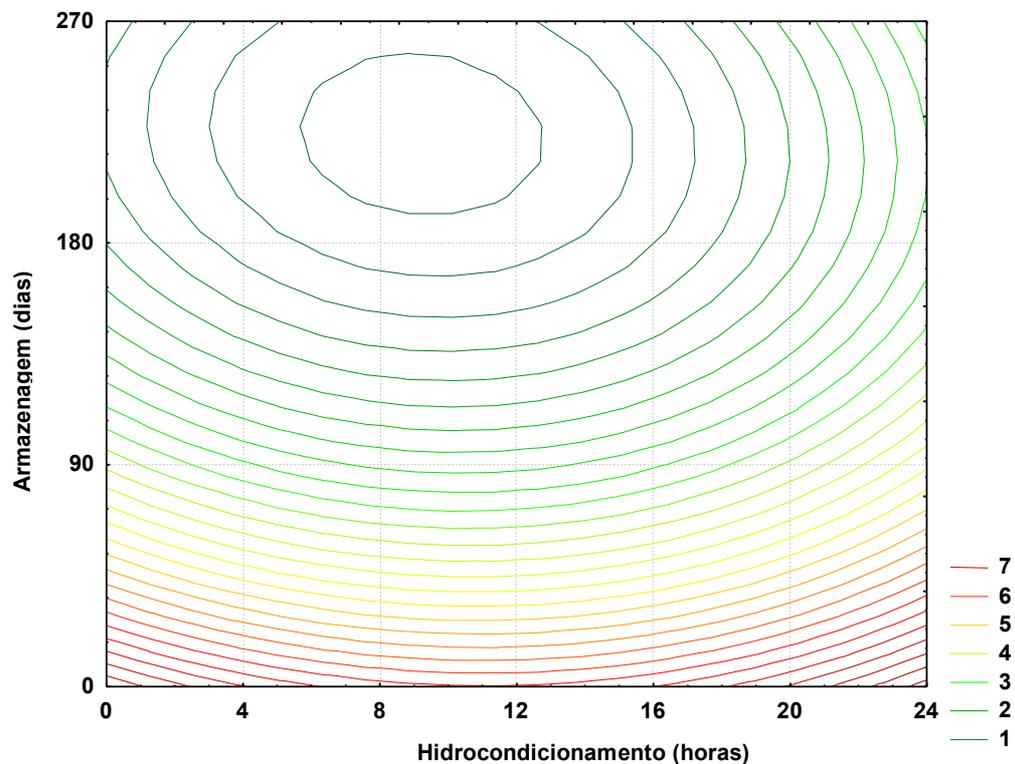


Figura 8. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do hidrocondicionamento e da armazenagem sobre a velocidade de emergência das sementes de soja a campo. Dourados-MS, 2006.

A redução da velocidade de emergência é o primeiro sintoma da queda de desempenho da semente, geralmente determinada pela desorganização do sistema de membranas (Marcos Filho, 2005), isso pode explicar a redução da velocidade de emergência de plântulas do tratamento testemunha com 270 dias de armazenagem concomitantemente com a alta taxa de condutividade

elétrica no mesmo período. E, ainda, que um dos mais importantes sintomas do declínio da qualidade fisiológica das sementes é a lentidão do processo de germinação, acompanhada pelo aumento do período decorrido entre a germinação da primeira e da última semente de um lote e conseqüente desuniformidade entre plântulas.

A técnica de hidrocondicionamento com substrato de papel úmido, segundo observações de Caseiro & Marcos Filho (1990), foi o método mais efetivo por melhorar velocidade de germinação das sementes para todos os seis lotes de sementes de soja que foram avaliados, principalmente quando 96 horas de pré-condicionamento foi utilizado. Porém, a técnica mais prática foi a de tambor, a qual permitiu a hidratação eficiente das sementes, com mais praticidade e menores custos, embora este método tenha promovido reduções na porcentagem e na velocidade de germinação das sementes.

Em pesquisa desenvolvida por Braccini et al. (1997) o tratamento de hidratação-desidratação em solução osmótica de polietilenoglicol (PEG 6000) promoveu incrementos iniciais significativos na velocidade de emergência das plântulas de soja, os quais se mantiveram no decorrer do armazenamento das sementes. A testemunha sem tratamento de hidratação-desidratação apresentou valores de índice de velocidade de emergência intermediários, enquanto que o tratamento de embebição diretamente em água, seguido de desidratação, mostrou as maiores reduções nesta característica, durante o armazenamento das sementes.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que o hidrocondicionamento das sementes de soja reduz a velocidade de perda da qualidade fisiológica das sementes ao longo dos períodos de armazenamento estudados.