

MÁRCIO DIAS PEREIRA

**CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE
CENOURA (*Daucus carota* L.)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007**

MÁRCIO DIAS PEREIRA

**CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE
CENOURA (*Daucus carota* L.)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de março de 2007



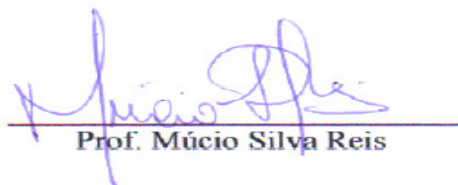
Prof. Luiz Antônio dos S. Dias
(Co-orientador)




Prof. Eduardo Fontes Araújo
(Co-orientador)



Prof. José Carlos Lopes



Prof. Múcio Silva Reis


Profª Denise Cunha F. dos Santos Dias
(Orientador)

“As sementes são tão importantes, que até a natureza se enche de flores para recebê-las.”

(Autor desconhecido)

A Deus-Pai-Amor,

Aos meus pais e maiores incentivadores, Jorge e Regina,

Ao meu irmão e amigo Marco Antônio,

Aos meus sobrinhos Mateus e Grazieli,

À eterna Tia Maria (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

A DEUS, razão de tudo isto, pelo amor infinito e presença constante em cada momento da minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, de modo especial ao Departamento de Fitotecnia, por me permitirem realizar este sonho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À minha orientadora Professora Denise C. F. dos Santos Dias, pela amizade, dedicação, orientação segura, disponibilidade, confiança e exemplo de profissional e ser humano, a ela minha gratidão e carinho.

Ao Prof. Luiz Antônio dos Santos Dias, pela amizade, disponibilidade, sugestões, bom humor e orientação imprescindíveis na condução deste trabalho, de modo especial das análises estatísticas.

Ao Prof. Eduardo Fontes Araújo, pela amizade, disponibilidade, atenção constante e sugestões valiosas para a condução e execução deste trabalho.

Ao Prof. José Carlos Lopes, meu grande exemplo e amigo, o meu “mestre” de sempre, por ter me ensinado o gosto pela pesquisa e pelas sementes.

Ao Prof. Múcio Silva Reis por colocar a disposição a sua vasta experiência e seu grande conhecimento através de sugestões valiosas a este trabalho.

À professora Eveline Mantovani Alvarenga, pela amizade, carinho e sugestões durante todo o curso.

À minha amiga, Eng^a Agrônoma do Laboratório de Pesquisa de Sementes do DFT, Maria Carmem Bhering por me proporcionar momentos alegres e descontraídos durante o trabalho, pela amizade, companheirismo e sugestões importantes.

À Secretária da Pós-graduação em Fitotecnia e minha amiga, Mara Rodrigues, pela amizade, pelo carinho, pelo apoio e pela presteza e dedicação com que realiza o seu trabalho.

Ao funcionário do Departamento de Fitotecnia José Eduardo Rodrigues, pela amizade e ajuda preciosa durante cada etapa deste trabalho.

Aos colegas de laboratório pela convivência harmoniosa e agradável.

Aos colegas Maristela Dias e Ramires Machado que me ajudaram na condução dos experimentos; ao colega de curso Marcelo Reis, pela ajuda com o Sigma Plot. A eles um obrigado especial.

Aos professores Alúzio Borém, Múcio Reis, Fernando Reis, Mario Puiatti, Fernando Finger, Vicente Casali, Marco Aurélio Pedron, Denise Dias, Eveline Mantovani, Eduardo Fontes com os quais aprendi muito nas disciplinas que cursei e cujos ensinamentos muito me foram úteis na elaboração deste trabalho e na vida.

Aos meus pais, que tanto me incentivam, me apóiam, me amam, entendem e compartilham comigo os meus sonhos, ajudando a torná-los realidade. A vocês a minha gratidão eterna e todo o meu amor.

Ao meu irmão, meus sobrinhos e minha cunhada, por me apoiarem sempre e entenderem a ausência em vários momentos.

A todos os meus familiares, que de alguma forma torceram e contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos amigos Flávia Mariani, Carlos Eduardo Magalhães, Paulo César Dias, Welisson Pereira, Bruno Laviola, Aldo Mauri, Rafael Vivian e Márcio Rocha pelo apoio fundamental antes e no início do curso.

Aos amigos de curso, cada um deles, ao longo de cada disciplina, cada trabalho, um obrigado pela amizade e convivência agradável.

Aos muitos amigos que ganhei em Viçosa e que fizeram desse período vivido aqui um dos mais felizes da minha vida. Vocês foram fundamentais.

Aos amigos e companheiros de todas as horas, Gabi, Michely, Fill, Rodrigo, Nívea, Stefany, Mayron, Nikolas, Lidiane, Fernanda, Flávia, Gabriel, Cristiani, Camilo, Rita, Alessandra, Zó, Josy, Paula, Mel, Marcelo, Dani, Edmon, Aline, Filipe e ao Pedro.

Enfim, o meu sincero agradecimento e a minha sincera gratidão a todos aqueles que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MÁRCIO DIAS PEREIRA, filho de Jorge Freitas Pereira e Regina Célia Dias Pereira, nasceu em 27 de outubro de 1979, em Bom Jesus do Itabapoana, estado do Rio de Janeiro.

Realizou o curso de 1º Grau no Colégio Estadual Governador Roberto Silveira e o de 2º Grau no Colégio Técnico Agrícola Ildfonso Bastos Borges UFF, em Bom Jesus do Itabapoana, no estado do Rio de Janeiro.

Em 2004, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo, no Centro de Ciências Agrárias, Alegre, ES.

De agosto de 2004 a fevereiro de 2005 atuou como professor do curso Técnico em Agropecuária com ênfase em agroecologia do Movimento de Educação Promocional do Espírito Santo – MEPES.

Em março de 2005 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
I – HIDRATAÇÃO DE SEMENTES DE CENOURA EM FUNÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DA SOLUÇÃO E DO MÉTODO DE CONDICIONAMENTO.....	4
INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
II – GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE CENOURA OSMOCONDICIONADAS	20
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
III – EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CENOURA SOB ESTRESSE HÍDRICO E TÉRMICO	46
INTRODUÇÃO	48
MATERIAL E MÉTODOS	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CONCLUSÕES GERAIS	64
ANEXOS	65

RESUMO

PEREIRA, Márcio Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2007. **Condicionamento osmótico de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.)**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-orientadores: Luiz Antônio dos Santos Dias e Eduardo Fontes Araújo.

O presente trabalho teve como objetivos: i) monitorar a hidratação de sementes de cenoura em água e em soluções osmóticas, de modo a definir condições adequadas para o condicionamento osmótico dessas sementes; ii) avaliar o efeito do condicionamento osmótico na germinação, vigor e desempenho das sementes sob condições de estresse. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), utilizando-se dois lotes de sementes de cenoura, cultivar Brasília. No ensaio 1, monitorou-se a hidratação das sementes de cenoura em água destilada e em soluções osmóticas de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa, em incubadora BOD a 20°C, utilizando-se dois métodos de embebição para o condicionamento: embebição em papel toalha umedecido e em soluções aeradas, realizada em frascos contendo as respectivas soluções, acoplados a uma bomba de ar. Para a obtenção das curvas de embebição, determinou-se o teor de água das sementes após 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96 horas de embebição em água e após 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 264, 312 horas de embebição nas soluções de PEG 6000. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. No segundo ensaio, as sementes de cada lote foram condicionadas em soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa por 4 e 8 dias, a 20°C, utilizando-se dois métodos de embebição: em papel toalha umedecido com as respectivas soluções e imersão em soluções osmóticas aeradas. Utilizaram-se sementes não condicionadas como testemunha. Após o condicionamento, realizou-se a secagem das sementes em ambiente de laboratório até atingirem o grau de umidade inicial. Em seguida, avaliou-se o desempenho das sementes pelos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, porcentagem e velocidade de emergência das plântulas em campo,

comprimento de plântula, comprimento de radícula, germinação em temperatura sub-ótima e supra-ótima e germinação sob estresse hídrico. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, e analisado em esquema fatorial (2 lotes x 2 métodos de condicionamento x 5 tratamentos de condicionamento). As sementes embebidas em soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa não emitiram raiz primária mesmo após 312 h de embebição, quando o teor de água era de 54% e o uso de soluções aeradas permitiu a hidratação mais rápida das sementes quando comparada à hidratação em papel toalha. Também verificou-se que o condicionamento osmótico aumentou a porcentagem e velocidade de germinação e emergência das plântulas em campo. Aumentos na porcentagem e velocidade de germinação foram obtidos com o condicionamento das sementes em solução de PEG 6000 a -1,0 MPa por 4 dias, enquanto maior crescimento de plântula foi observado a -1,2 MPa por 8 dias em solução aerada. Já o condicionamento osmótico em PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa, por 4 dias, melhorou o desempenho das sementes sob condições de estresse hídrico e térmico, tanto em temperatura sub como supra-ótima.

ABSTRACT

PEREIRA, Márcio Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2007. **Osmotic priming of carrot (*Daucus carota* L.) seeds**. Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-Advisers: Luis Antônio dos Santos Dias and Eduardo Fontes Araújo.

This work had as objectives: i) to monitor carrot seeds hydration in water and osmotic solutions, in way to define appropriate conditions for priming of those seeds; ii) to evaluate the effects of priming on germination, vigour and performance of carrot seeds under water and temperature stress conditions. Two steps were conducted at Seed Research Laboratory in the University Federal of Viçosa using two seed lots of carrot, Brasília cultivar. In the first step, the seeds were imbibed in osmotic solutions of PEG 6000 at -1.0 and -1.2 MPa and in distilled water, in an incubator BOD at 20° C, using two different hydration methods: imbibition in paper towel moistened and in aerated solutions, provided by an air pump accomplished in the erlenmeyers containing the respective solutions. The imbibition curves for each seed lot were drawn after to determine the seed moisture content at 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96 hours hydration in water and after 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 264, 312 hours hydration in the PEG 6000 solutions. The data were submitted to the variance and regression analysis. In the second step, seeds of each lot were primed in PEG 6000 -1.0 and -1.2 MPa solutions for 4 and 8 days, at 20° C, using the both hydration methods described above (paper towel moistened and aerated osmotic solutions). Non-primed seeds were used as control. After priming, the seeds were dried at room temperature until reach initial seed moistened content. The seeds were submitted to the following tests: germination, first count, percentage and speed of seedling emergence in the field, seedling and primary root length, germination under sub-optimal and supra-optimal temperatures, germination under water stress and controlled deterioration. Trials were conducted in randomized completely design, with four replications, and analyzed as factorial experiment (2 lots x 2 priming methods x 5 priming treatments). The results allowed to conclude that seed hydration in the

distilled water was faster than in PEG 6000 solutions, beginning the protrusion of the primary root at 48 hours imbibition, when they reached 54% of moisture content. Seeds imbibed in PEG 6000 -1.0 and -1.2 MPa solutions did not emit the primary root until 312 hours of imbibition, when the seed moisture content was 50%. The aeration of solutions allowed the fastest seed hydration when compared to the hydration in paper towel moistened. Seed priming was effective in increasing the percentage and speed of germination and seedling emergence in field. Increases in the percentage and germination speed were obtained by priming in PEG 6000 -1.0 MPa for 4 days, while larger seedling growth was observed in the PEG 6000 -1.2 MPa solution, for 8 days, with aeration. Seed performance under water and temperature stress conditions was improved by priming in PEG 6000 at -1.0 and -1.2 MPa, for four days.

INTRODUÇÃO GERAL

A cenoura (*Daucus carota* L.) tem origem na Ásia e devido à sua versatilidade culinária e amplas características nutracêuticas rapidamente tornou-se uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo. No Brasil, é sexta hortaliça em área plantada (26 mil ha), segundo dados disponibilizados pela Embrapa (2007), que indicam uma produção interna de 766 mil toneladas em 2005, com produtividade média de 29,5 t/ha. Dentre os estados brasileiros com maior produção, Minas Gerais ocupa o segundo lugar, com produção de 507.590 toneladas e área plantada de 13.180 ha em 2005 (SEAG-MG, 2007). Entretanto, face a esta importância, os problemas relativos à qualidade e desempenho das sementes são ainda uma constante nessa cultura.

Para a maioria das espécies hortícolas, cujo ciclo de produção é curto, o período compreendido entre a sementeira e a emergência das plântulas representa uma das fases críticas das culturas, de modo que a uniformidade e a velocidade de emergência assumem grande importância no rendimento e na qualidade final do produto. Esta fase torna-se mais crítica ainda, quando se adota a prática da sementeira direta no campo, como na cultura da cenoura, pois sementes com poucas reservas ficam expostas às condições edafo-climáticas que, na maioria das vezes, não são ideais comprometendo o processo germinativo e afetando negativamente o estande final da cultura. Quando um número mínimo de plântulas não emerge após a sementeira, um outro plantio deve ser feito, onerando os custos de produção.

Justifica-se, portanto, para a cultura da cenoura, buscar alternativas que possam reduzir o período de estabelecimento das plântulas, acelerando o processo de germinação e a emergência em campo. Nesse contexto, o condicionamento fisiológico da semente, também conhecido como “*priming*” ou osmocondicionamento, é uma técnica que tem sido indicada, principalmente, com o objetivo de reduzir o período de tempo compreendido entre a sementeira e a emergência das plântulas, especialmente sob condições edafo-climáticas adversas (HEYDECKER et al., 1975; KHAN, 1978).

Esta técnica consiste na hidratação controlada das sementes até um determinado nível, suficiente para promover as atividades metabólicas pré-germinativas, mas sem permitir a emissão da raiz primária. Em geral, o tratamento consiste em embeber as sementes em uma solução osmótica ou em água por determinado período de tempo e, em seguida, realizar uma secagem até que as mesmas atinjam o grau de umidade inicial (KHAN, 1992). Assim, quando semeadas em campo, a emergência será rápida e sincronizada e em muitos casos, mais elevada.

Resultados satisfatórios têm sido obtidos com o condicionamento fisiológico de sementes de várias espécies (BRADFORD, 1986; KHAN, 1992 e NASCIMENTO, 1998). No entanto, o sucesso com o uso desta técnica depende de diversos fatores como agente e potencial osmótico utilizados, temperatura e período de condicionamento, método de hidratação, aeração, secagem das sementes após o tratamento, qualidade fisiológica das sementes, dentre outros. Além destes aspectos, faz-se extremamente necessário conhecer o padrão de embebição das sementes antes de se estabelecer uma metodologia adequada para o condicionamento fisiológico. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivos: monitorar a hidratação de sementes de cenoura em água e em soluções osmóticas e definir o procedimento adequado para o condicionamento fisiológico dessas sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <<http://cnpq.embrapa.br>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2007.

HEYDECKER, W.; HIGGIS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science e Technology**, Zürich, v.3, p.881-888, 1975.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v.13, p.131-181, 1992.

KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWEL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.83, p.267-278, 1978.

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.106-109, 1998.

SEAG-MG. Secretaria Estadual de Agricultura de Minas Gerais. Disponível em <<http://agricultura.mg.gov.br>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2007.

I – HIDRATAÇÃO DE SEMENTES DE CENOURA EM FUNÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DA SOLUÇÃO E DO MÉTODO DE CONDICIONAMENTO.

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo monitorar a hidratação de sementes de cenoura em água e em soluções osmóticas, de modo a definir condições adequadas para o condicionamento osmótico dessas sementes. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), utilizando-se dois lotes de sementes de cenoura cultivar Brasília. As sementes foram embebidas em solução osmótica de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa e em água destilada, em incubadora BOD a 20°C, utilizando-se dois métodos de embebição: em papel toalha umedecido e em soluções aeradas, realizada em frascos contendo as respectivas soluções, acoplados a uma bomba de ar. Para a obtenção das curvas de embebição, determinou-se o teor de água das sementes após 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72 e 96 horas de embebição em água e após 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 264 e 312 horas de embebição nas soluções de PEG 6000. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os resultados permitiram concluir que as sementes embebidas em água absorveram água mais rápido do que quando embebidas em PEG 6000, iniciando a protrusão da raiz primária com 48h de embebição e com 54% de umidade. As sementes embebidas em soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa não emitem raiz primária mesmo após 312 h de embebição, quando o grau de umidade é de 50% e o uso de soluções aeradas permite a hidratação mais rápida das sementes quando comparada à hidratação em papel toalha umedecido.

Termos para indexação: cenoura, condicionamento osmótico, embebição, *Daucus carota* L.

HYDRATION OF CARROT SEEDS IN RELATION TO OSMOTIC POTENTIAL OF SOLUTION AND IMBIBITION METHOD

ABSTRACT – This work had as objective to monitor carrot seeds hydration in water and osmotic solutions, in way to define appropriate conditions for priming of those seeds. Two seed lots of carrot, cv. Brasília, were used. The seeds were imbibed in osmotic solutions of PEG 6000 at -1.0 and -1.2 MPa and in distilled water, in an incubator BOD at 20°C, using two different hydration methods: imbibition in paper towel moistened and in aerated solutions, provided by an air pump accomplished in the erlenmeyers containing the respective solutions. The imbibition curves for each seed lot were drawn after to determine the seed moisture content at 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96 hours hydration in water and after 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 264, 312 hours hydration in the PEG 6000 solutions. The data were submitted to the variance and regression analysis. The results allowed to conclude that seed hydration in the distilled water was faster than in PEG 6000 solutions, beginning the protrusion of the primary root at 48 hours imbibition, when they reached 54% of moisture content. Seeds imbibed in PEG 6000 -1.0 and -1.2 MPa solutions did not emit the primary root until 312 hours of imbibition, when the seed moisture content was 50%. The aeration of solutions allowed the fastest seed hydration when compared to the hydration in paper towel moistened.

Index term: Carrot, priming, imbibition, *Daucus carota* L.

INTRODUÇÃO

Em culturas de ciclo curto, como as hortaliças, o estabelecimento rápido e uniforme das plântulas em campo é fundamental para se obter estande adequado, que terá reflexos na produtividade e na qualidade final do produto olerícola. Desta maneira, a utilização de sementes de elevada qualidade é fator prioritário dentro do processo de produção.

No campo, as sementes são normalmente expostas a condições edafo-climáticas adversas que podem comprometer a velocidade e a porcentagem de emergência das plântulas, sendo este fato mais expressivo quando se adota a semeadura direta, como na cultura de cenoura. Neste caso, é interessante o uso de tratamentos pré-semeadura, como o condicionamento osmótico ou “priming, visando melhorar o desempenho das sementes em campo (Frett et al., 1991; Pill et al., 1991) e a tolerância a condições adversas, como deficiência hídrica e temperaturas inadequadas (Bradford, 1986; Khan, 1992; Parera e Cantlife, 1994, Bittencourt et al., 2004). Em cenoura, muitos autores também verificaram os efeitos positivos do condicionamento osmótico (Cantlife e Elballa, 1994; Copeland e McDonald, 1995; Balbinot e Lopes, 2006).

Este tratamento consiste na hidratação controlada das sementes em água ou em solução de potencial osmótico conhecido, de modo a ativar os processos preparatórios para a germinação, sem permitir a protrusão da raiz primária (Heydecker, 1975; Pill, 1995). A solução osmótica pode ser obtida com o uso de sais (Taylor, 1997) ou de substâncias de alto peso molecular e quimicamente inertes, como o polietileno glicol – PEG 6000 ou PEG 8000 (Heydecker e Coolbear, 1977), que é o agente osmótico mais utilizado, apesar de apresentar a desvantagem de ser, na maioria das vezes, necessário um sistema de aeração artificial, pois a solubilidade do oxigênio é inversamente proporcional à concentração de PEG. O baixo nível de oxigênio, induzindo à anaerobiose, favorece a produção de etanol, tóxico à semente (Brocklehurst e Dearman, 1984).

A embebição constitui-se na primeira etapa de uma seqüência de eventos que culmina com a emissão da raiz primária. A absorção de água pelas sementes evolui de acordo com o padrão trifásico proposto por Bewley

e Black (1994). Na fase I, observa-se uma rápida transferência de água do substrato para a semente, graças à grande diferença entre os seus potenciais hídricos, sendo consequência das forças mátricas das paredes celulares e dos constituintes das sementes secas. Ao final desta fase, que é de curta duração, sementes endospermicas atingem grau de umidade de 25 a 30% e as sementes cotiledonares de 35 a 40%. A partir daí, os potenciais hídricos do substrato e da semente ficam muito próximos, e com isso a absorção de água pela semente se estabiliza, caracterizando a fase II, que pode durar oito a dez vezes mais que a fase I. Durante essa fase, ocorre ativação de processos metabólicos pré-germinativos, pois, enzimas, membranas e organelas como as mitocôndrias, tornam-se funcionais, ocorrendo a digestão das reservas. O início da fase seguinte (fase III) é marcado pelo crescimento visível do embrião, ocorrendo a protrusão da raiz primária, e pelo aumento no grau de umidade da semente, atingindo valores de cerca de 50 a 55% (cotiledonares) e de 35-40% (endospermicas). As sementes voltam a absorver água rapidamente devido à redução no potencial osmótico. Somente sementes viáveis e não dormentes atingem esta fase (Bewley e Black, 1994).

A emissão da raiz primária (fase III) sinaliza o ponto em que as sementes perdem a tolerância à desidratação, pois à medida que embebem água esta tolerância diminui (Bewley e Black, 1994; Leprince et al., 2000). Assim, sementes hidratadas até a fase II de embebição não perderão a viabilidade se desidratadas, de tal forma que a germinação pode ter continuidade quando houver reidratação da semente (Senaratna e McKersie, 1983; Koster e Leopold, 1988). Entretanto, a secagem das sementes após a protrusão da raiz primária resultará em perda de viabilidade (Taylor, 1997). Na técnica de condicionamento osmótico, as sementes são mantidas hidratadas por determinado período de tempo variável com a espécie, temperatura de embebição, concentração osmótica da solução, dentre outros (Bradford, 1986; Nascimento, 2004). Se a interrupção do fornecimento de água à semente for prematura, a ativação do metabolismo pode ser insuficiente para promover os benefícios esperados; quando tardia, pode contribuir para intensificar a possibilidade de reversão dos efeitos do condicionamento (Marcos Filho, 2005).

Para se definir as condições mais adequadas para o condicionamento das sementes, é necessário conhecer o padrão de embebição dessas sementes e a influência dos principais fatores envolvidos nesse processo até o início da emissão da raiz primária e, especialmente, a melhor combinação de potencial e agente osmótico, temperatura, período e método de embebição do condicionamento. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar o padrão de embebição das sementes de cenoura em água e em soluções osmóticas, de modo a definir condições adequadas para o condicionamento osmótico dessas sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a setembro de 2006. Foram utilizados dois lotes de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), variedade Brasília, com germinação inicial de 70% (lote 1) e 76% (lote 2) e grau de umidade inicial de 12% (lote 1) e 10% (lote 2). As sementes de cada lote, foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em geladeira, a temperatura aproximada de 10°C, durante todo o período experimental.

As sementes de cada lote foram embebidas em solução osmótica de polietileno glicol 6000 (PEG 6000), nos potenciais osmóticos de 0,0 (água destilada), -1,0 e -1,2 MPa, determinados segundo Vilella et al. (1991). À cada solução foram acrescentadas 0,15% de ingrediente ativo do produto comercial Captan 750 TS. 24.

Foram utilizados dois métodos de condicionamento:

1. Embebição em papel umedecido: em caixas gerbox, 4,0 g de sementes de cada lote, divididos em duas subamostras de 2,0 g, foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com 4,5 mL de água destilada e de cada solução de PEG 6000, sendo este volume suficiente para cobrir metade da altura das sementes, ficando parte da superfície exposta à atmosfera do interior das caixas. As caixas foram tampadas, envolvidas em sacos plásticos

transparentes, para evitar perdas por evaporação, e mantidas em incubadora BOD a 20°C.

2. Imersão em solução aerada: foi utilizado um sistema (Figura 1) desenvolvido para o condicionamento das sementes em soluções com aeração externa, promovida por uma bomba de aquário. Neste método, 4,0 g de sementes foram colocados em erlenmeyers (250,0 mL) contendo 40,0 mL de cada solução condicionadora, numa proporção de 1:10 (semente:solução). Os erlenmeyers foram tampados com rolha de borracha, acoplada a uma bomba de ar (bomba de aquário) para promover a aeração das soluções. O sistema foi mantido em incubadora BOD a 20°C.

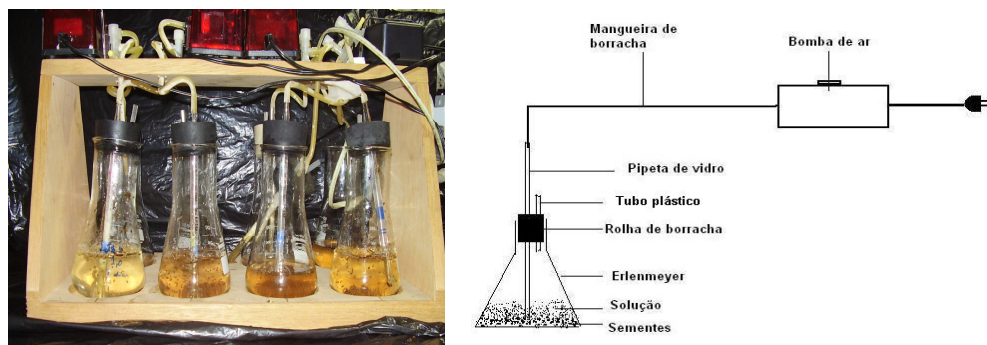


Figura 1 – Sistema utilizado para o condicionamento de sementes pelo método de soluções aeradas.

Em ambos os métodos de condicionamento, determinou-se o teor de água das sementes após 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72 e 96 horas de embebição em água destilada (0,0 MPa) e após 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 264 e 312 horas de embebição nas soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa. Para tanto, de cada uma das duas subamostras utilizadas em cada tratamento, foram retiradas 30 sementes que foram colocadas sobre papel toalha para secagem superficial. Em seguida, o grau de umidade foi determinado em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, sendo os resultados expressos em porcentagem (base úmida), conforme prescrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados referentes ao teor de água obtido após cada período de embebição, para cada lote e tratamento, foram submetidos

à análise de variância e regressão, obtendo-se as curvas de embebição das sementes em água destilada (0,0 MPa) e em solução de PEG nos potenciais de $-1,0$ e $-1,2$ MPa. As equações foram obtidas utilizando o programa SAS e as curvas desenhadas pelo programa SigmaPlot, afim de se obter uma melhor resolução das figuras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas Figuras 1, 2, 3 e 4, verifica-se que, de modo geral, as curvas de embebição das sementes de cenoura foram semelhantes para os dois lotes, tanto nos tratamentos de embebição utilizando papel toalha umedecido como soluções aeradas. Observa-se, inicialmente, nas primeiras 12 horas, rápida absorção de água pelas sementes em todos os tratamentos, ocorrendo maior velocidade de embebição em água em relação à observada em soluções de PEG. Assim, após 12 horas de embebição, as sementes embebidas em papel umedecido com água destilada (Figuras 1 e 2), cujo teor de água inicial era de 12% (lote 1) e 10% (lote 2), atingiram cerca de 50% de água, valor este superior ao observado nas sementes embebidas nas soluções de PEG (cerca de 40%). Sementes de pimentão condicionadas em água também tiveram aumento progressivo no grau de umidade nas primeiras 12 horas de embebição, quando atingiram 50% de água (Posse et al., 2001). Para as sementes embebidas em soluções aeradas (Figuras 3 e 4), também houve rápida absorção de água, principalmente nas primeiras seis horas, quando atingiram 48% de água, chegando a 50% (lote 1) e 52% (lote 2) de água com 24 horas de embebição. Esta fase de rápida embebição caracteriza a fase I do processo de germinação das sementes, conforme Bewley e Black (1994), sendo consequência do reduzido potencial mátrico verificado em sementes secas, que pode atingir valores de até -100 MPa, o que justifica a hidratação das sementes mesmo em soluções osmóticas.

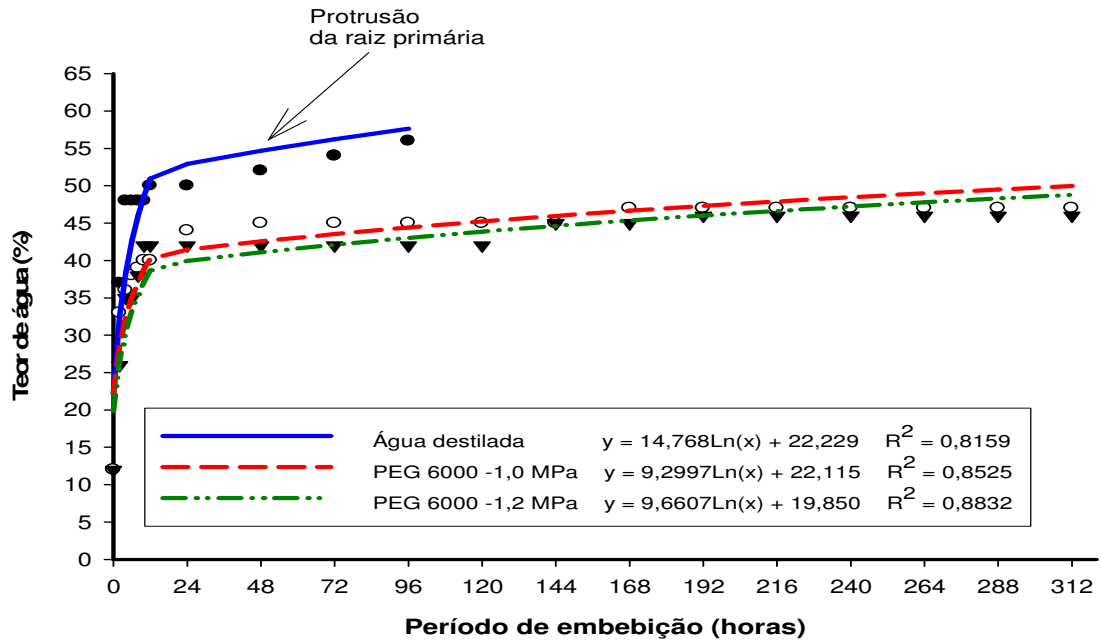


Figura 1 – Teor de água das sementes de cenoura do lote 1 após diferentes períodos de embebição em papel umedecido com água destilada e em soluções de PEG 6000 a -1.0 e -1,2 MPa.

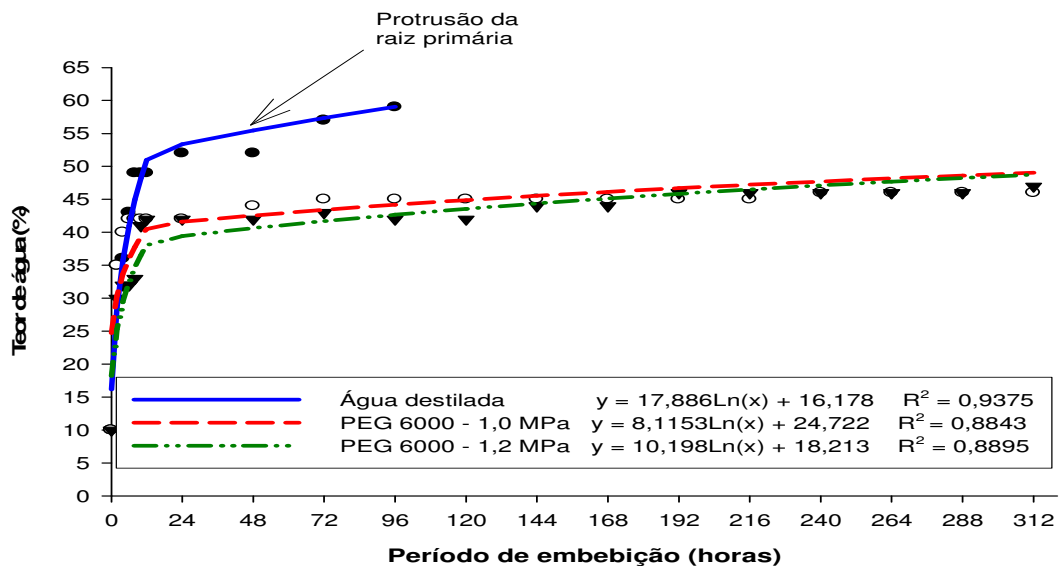


Figura 2 – Teor de água das sementes de cenoura do lote 2 após diferentes períodos de embebição em papel umedecido com água destilada e em soluções de PEG 6000 a -1.0 e -1,2 MPa .

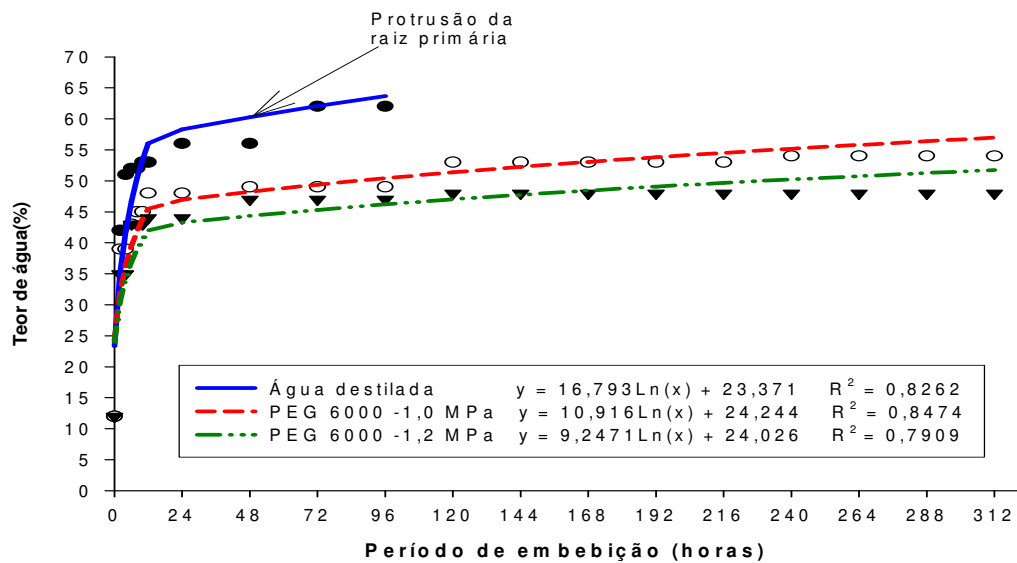


Figura 3 – Teor de água das sementes de cenoura do lote 1 após diferentes períodos de imersão em água destilada e em soluções de PEG 6000 a -1.0 e -1,2 MPa, com sistema de aeração.

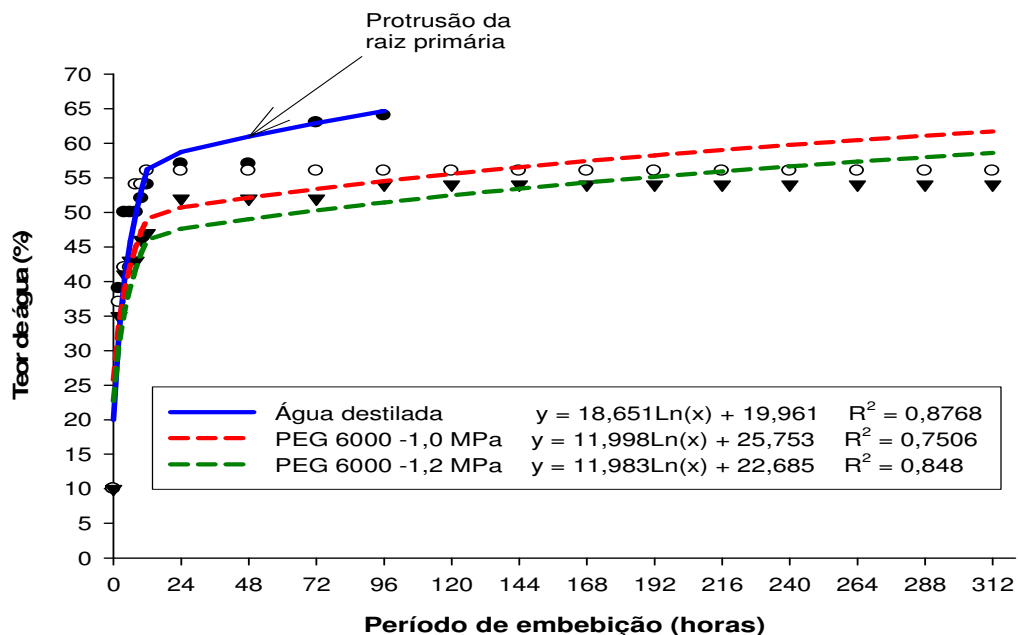


Figura 4 – Teor de água das sementes de cenoura do lote 2 após diferentes períodos de imersão em água destilada e em soluções de PEG 6000 a -1.0 e -1,2 MPa, com sistema de aeração.

A partir de 12 horas (Figuras 1 a 4) não ocorreu aumento expressivo na taxa de embebição em água, tanto em papel umedecido como em sistema aerado, e o teor de água das sementes estabilizou-se em torno de 52% e 57%, após 48 horas, nos respectivos sistemas de embebição. Verificou-se, ainda, a protrusão da radícula com 48 horas de embebição em água destilada, quando o teor de água das sementes era cerca de 52%, o que caracteriza a fase III do processo de embebição, descrita por Bewley e Black (1994). Portanto, neste caso, a fase II de embebição teve curta duração, uma vez que após 48 horas de embebição em água ocorreu a emissão da raiz primária. A absorção de água por sementes de pimentão foi lenta a partir de 12 horas de embebição, indicando o início da fase II que se prolongou até cerca de 72 horas, quando iniciou-se o processo de emissão da raiz primária (Posse et al., 2001). Lopes et al. (1996) observaram que o início da protrusão da raiz primária em sementes de cebola com teor de água em torno de 44 a 46%, após 132 horas de embebição em água destilada e PEG 6000 a $-0,75$ MPa, indicando que o período ideal para o condicionamento osmótico destas sementes situava-se entre dois e quatro dias. Por sua vez, Usberti e Valio (1997), trabalhando de forma semelhante, observaram que sementes de *Panicum maximum* L. alcançaram valores próximos de 50% de água após 48 horas de embebição em água destilada, enquanto em solução de PEG 6000 (288 g/L) atingiram 37,7 e 43,6%, no mesmo período, a 15 e 25°C, respectivamente.

Já nas sementes embebidas em soluções de PEG, a partir de 12 horas de embebição, observa-se uma estabilização da absorção de água que se mantém até 312 horas de embebição, não ocorrendo a emissão da raiz primária (Figuras 1 a 4), caracterizando nitidamente a ocorrência da fase II de embebição. Nesta fase, segundo Bewley e Black (1994), ocorre uma estabilização da absorção de água, uma vez que as células encontram-se túrgidas, estando mais atuante o potencial de parede, sendo uma fase de longa duração. Assim, a partir de 24 h de embebição nas soluções de PEG, o teor de água das sementes se manteve próximo a 40 e 45% na embebição em papel umedecido e entre 50 e 56%, quando embebidas em solução aerada.

Com relação ao método de embebição, verifica-se, em geral, que o uso de solução aerada favoreceu a absorção de água pelas sementes, o que pode ser constatado pelos maiores teores de água atingidos pelas sementes no sistema aerado quando comparado à embebição em papel umedecido (Figuras 1 a 4). Lopes et al. (2000) observaram que no sistema de imersão em soluções aeradas a taxa de embebição foi quatro vezes maior à obtida pelo método do papel umedecido, provavelmente devido à maior superfície de contato das sementes de cenoura com as soluções de PEG.

Nota-se ainda que, no sistema com aeração, os teores de água alcançados pelas sementes embebidas na solução mais concentrada (-1,2 MPa) foram relativamente inferiores aos observados em solução a -1,0 MPa. Contudo, ambas as soluções foram eficientes para manter as sementes na fase II de embebição, descrita por Bewley e Black (1994), mesmo após um período de contato de 312 horas, não permitindo o avanço do processo de germinação e a emissão da raiz primária, ou seja, que as sementes atingissem a fase III. Sementes de cenoura condicionadas em soluções osmóticas de PEG 6000 a -0,6 MPa, com e sem aeração, emitiram a raiz primária após 6 dias de tratamento; portanto, esse potencial osmótico, não foi suficiente para impedir que as sementes atingissem a fase III de germinação (Lopes et al., 2000). Bittencourt et al. (2004), trabalhando com sementes de aspargo embebidas em soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa, verificaram que não houve emissão da raiz primária durante 28 dias de condicionamento, permanecendo as sementes na fase II de embebição. Machado Neto et al. (2006), trabalhando com sementes de feijão, constataram que substâncias como o manitol, cloreto de cálcio e outros sais podem limitar a entrada de água nas sementes, simulando uma deficiência hídrica, impedindo que estas realizem as atividades metabólicas necessárias à completa germinação.

Considerando-se os resultados obtidos no presente trabalho, verifica-se que ao se utilizar a água destilada houve rápida embebição das sementes, ocorrendo a protrusão da raiz primária após 48 horas de embebição, o que é indesejável quando se pretende utilizar a técnica de condicionamento fisiológico, já que as sementes se tornam intolerantes à secagem após a protrusão da raiz primária. Por outro lado, com o uso de

PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa é possível adotar períodos de condicionamento de até 312 horas (13 dias), sem que ocorra a protrusão da raiz primária das sementes de cenoura.

Portanto, a determinação da curva de embebição das sementes de um lote a ser condicionado é fundamental para se obter sucesso com a técnica, uma vez que a taxa de embebição varia com a qualidade inicial das sementes, dentre outros fatores. Sementes vigorosas tendem a apresentar rápida capacidade de absorver água e de reiniciar o metabolismo para a germinação, emitindo a raiz primária em período de tempo inferior à sementes de menor qualidade. Para estas, a velocidade de embebição é geralmente mais lenta, o que determina que o período de condicionamento poderá ser maior para um mesmo potencial osmótico e temperatura.

CONCLUSÕES

- Sementes de cenoura embebidas em água, em ambos os métodos de condicionamento, iniciam a protrusão da raiz primária com cerca de 48 horas de embebição, quando atingem 57% de água;
- as soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa promovem o controle da hidratação das sementes, que permaneceram com teor de água de 54% mesmo após 312 horas de embebição, não ocorrendo a protrusão da raiz primária;
- sementes embebidas em soluções aeradas absorvem água mais rapidamente do que em papel umedecido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT, E.; LOPES, H.M. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.01-08, 2006.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.S.; ARAÚJO, E.F.; DIAS L.A.S. Controle da hidratação para o condicionamento osmótico de sementes de aspargo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.2, p.99-104, 2004.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.

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

BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.105, p.391-398, 1984.

CANTLIFFE, D.J.; ELBALLA, M. Improved germination of carrot at stressful high temperature by seed priming. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.107, p.121-128, 1994.

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

FRETT, J.J.; PILL, W.G.; MORNEAU, D.C. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.9, p.1158- 1159, 1991.

HEYDECKER, W.; HIGGIS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.3, p.881-888, 1975.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performancesurvey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.5, n.2, p.353-425, 1977.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v.13, p.131-181, 1992.

KOSTER, K.L.; LEOPOLD, A.C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v.88, p.829-832, 1988.

LEPRINCE, O.; HARREN, F.J.M.; BUITINK, J.; ALBERDA, M.; HOEKSTRA; F.A. Metabolic dysfunction and unabated respiration precede the loss of membrane integrity during dehydration of germinating radicles. **Plant Physiology**, Lancaster, v.122, p.597-608, 2000.

LOPES, H.M.; MARIA, J.; SILVA, R.F. & MALAVASI, M.M. Influência do potencial osmótico e da temperatura na embebição e no crescimento da radícula de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.167-172, 1996.

LOPES, H.M.; ROSSETTO, C.A.V.; CARNEIRO, V. Embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes potenciais osmóticos por dois métodos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.81-87, 2000.

MACHADO NETO, N.B.; CUSTÓDIO, C.C.; COSTA, P.R.; DONÁ, F.L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação

e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.142-148, 2006.

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

NASCIMENTO, W.M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA. Circular Técnica, n. 33, 2004. 12p.

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, n.9, p.1160-1162, 1991.

PILL, W. G. Low Water potential and prossowing germination treatments to improve see quality. In: BARSRA, A. S. (ed). **Seed quality-basic mechanisms and agricultural implications**. Food Products Press, New York, 1995, p.319-359,

PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, New York, v.16, n.1, p.109-141, 1994.

POSSE, S. C. P.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D.; CATUNDA, P. H. A. Efeitos do condicionamento osmótico e da hidratação na germinação de sementes de pimentão (*Capsicum annum* L.) submetidas a baixa temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.123-127, 2001.

SENARATNA, T.; McKERSIE, B.D. Dehydration injury in germinating soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v.72, p.620-624, 1983.

TAYLOR, A.C. Seed storage, germination and quality. In: WIEN, H.C. (Ed). **The physiological of vegetable crops**. New York, 1997, p.1-36.

USBERTI, R.; VALIO, F.M. Osmoconditioning effects on germination of guinea gran (*Panicum maximum*) seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.2, p.303-310, 1997.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957- 1968, 1991.

II – GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE CENOURA OSMOCONDICIONADAS

RESUMO – Na cultura da cenoura são constantes os problemas relativos ao desempenho das sementes em campo, justificando-se o uso de técnicas que acelerem a germinação das sementes e a emergência das plântulas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de cenoura. Para tanto, sementes de dois lotes, cv. Brasília, foram condicionadas em soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa por quatro e oito dias, a 20°C, utilizando-se dois métodos de embebição para o condicionamento: em papel toalha umedecido com as respectivas soluções e imersão em soluções osmóticas aeradas. Sementes não condicionadas foram utilizadas como testemunha. Após o condicionamento, as sementes foram secas em ambiente de laboratório até atingirem o grau de umidade inicial. Em seguida, foram avaliadas pelos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, porcentagem e velocidade de emergência das plântulas em campo, comprimento de plântula e comprimento de radícula. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, e analisado em esquema fatorial (2 lotes x 2 métodos de condicionamento x 5 tratamentos de condicionamento). Verificou-se o condicionamento osmótico foi efetivo em aumentar a porcentagem e velocidade de germinação e de emergência das plântulas em campo. Aumentos na porcentagem e velocidade de germinação foram obtidos com o condicionamento das sementes em solução de PEG 6000 a -1,0 MPa por 4 dias, enquanto maior crescimento de plântula foi observado a -1,2 MPa por 8 dias em solução aerada.

Termos para indexação: Condicionamento osmótico, plântulas, vigor, cenoura, *Daucus carota* L.

GERMINATION AND VIGOUR OF PRIMED CARROT SEEDS

ABSTRACT – The problems regarding carrot seeds performance in the field are constant justifying the use of techniques to accelerate the germination and seedling emergence. The objective of this work was to evaluate the effects of priming on germination and vigour of carrot seeds. Two seed lots of carrot, Brasília cultivar, were primed in PEG 6000 -1.0 and -1.2 MPa solutions for 4 and 8 days, at 20° C, using two imbibition methods: priming in paper towel moistened with the respective solutions and immersion into aerated osmotic solutions. Non-primed seeds were used as control. After priming, the seeds were dried at room temperature until reach initial seed moistened content. The seeds were submitted to the following tests: germination, first count, percentage and speed of seedling emergence in the field, seedling and primary root length. Trials were conducted in randomized completely design, with four replications, and analyzed as factorial experiment (2 lots x 2 priming methods x 5 priming treatments). It was verified that priming was effective in increasing the percentage and speed of germination and seedling emergence in field. Increases in the germination percentage and germination speed were obtained by priming in PEG 6000 - 1.0 MPa for 4 days, while larger seedling growth was observed in the PEG 6000 -1.2 MPa solution, for 8 days, with aeration.

Index term: Priming, seedling, vigour, carrot, *Daucus carota* L.

INTRODUÇÃO

Para otimizar o estabelecimento das culturas em campo são necessárias sementes de elevada qualidade, capazes de germinar rápida e uniformemente nas mais diferentes condições edafo-climáticas. Este aspecto se torna mais importante ainda para hortaliças de ciclo curto que são semeadas diretamente no campo, como é o caso da cenoura. Muitas vezes, as condições de clima e solo não favorecem o estabelecimento uniforme das plântulas, gerando falhas no estande que comprometem a produtividade e a qualidade final do produto.

Na cultura da cenoura são constantes os problemas relativos à qualidade e desempenho das sementes em campo, sendo prática comum entre os produtores o uso de quantidade excessiva de sementes para posterior desbaste, aumentando os gastos com mão de obra, ou a necessidade de uma nova semeadura, também onerando o custo de produção. Quando são utilizadas semeadoras mecânicas de precisão, que elimina a necessidade do desbaste, o desempenho das sementes em campo torna-se mais relevante ainda.

Neste contexto, justifica-se o uso de tratamentos que reduzam o tempo necessário entre a semeadura e a emergência das plântulas, resultando em maior segurança quanto à obtenção de populações desejadas de plantas por área, especialmente sob condições adversas. Dentre as técnicas que têm sido estudadas para esta finalidade destaca-se o condicionamento osmótico ou “priming” (Khan et al., 1978; Khan, 1992), que consiste na pré-embebição das sementes em soluções osmóticas ou em água, de modo a permitir a ocorrência das etapas metabólicas iniciais do processo de germinação, sem permitir a protrusão da raiz primária (Heydecker, 1975; Khan et al., 1978; Bradford, 1986).

Os tratamentos de condicionamento mais utilizados incluem o osmocondicionamento, que consiste na hidratação em solução osmótica de um composto quimicamente inerte como o polietileno glicol (PEG 6000 ou PEG 8000) ou em solução salina (Heydecker et al., 1975) e o hidrocondicionamento, que envolve a hidratação em água por período específico de tempo (Thornton e Powell, 1992; Thornton e Powell, 1995).

Muitos são os fatores que determinam o sucesso deste tipo de tratamento, podendo-se citar a qualidade inicial das sementes (Nascimento e Aragão, 2002; Bittencourt et al., 2004), o período (Pill e Finch-Savage, 1988 e Evans e Pill, 1989) e a temperatura de condicionamento, o potencial osmótico da solução (Haigh e Barlow, 1987; Evans e Pill, 1989), bem como o agente osmótico (Bradford, 1986; Haigh e Barlow, 1987), cuja eficiência varia entre as espécies (Welbaum et al., 1998). Também o método de condicionamento pode influenciar no sucesso da técnica (Marcos Filho et al., 2005). Quando são utilizadas substâncias de alto peso molecular e quimicamente inertes como o PEG, pode ser necessário um sistema de aeração artificial, pois a solubilidade do oxigênio é inversamente proporcional à concentração deste soluto (Heydecker e Coolbear, 1977). No entanto, não há consenso quanto aos efeitos da aeração durante o tratamento. Para Guedes e Cantlife (1980), a aeração da solução reduziu o tempo necessário para o condicionamento de sementes de alface, que também foi recomendado por Bradford et al. (1986) e Nascimento (2003), enquanto Akers et al. (1985) constataram seu efeito deletério.

Entre os benefícios do condicionamento osmótico, está a possibilidade de se obter maior emergência em campo, especialmente sob condições de déficit hídrico, temperatura supra e subótimas e salinidade (Nascimento, 2004). Diversos autores têm relatado que o condicionamento osmótico acelera a germinação, permitindo a emergência mais rápida e uniforme das plântulas no campo (Heydecker et al., 1975; Bradford, 1986; Ali et al.; 1990; Nunes et al., 2000; Costa e Vilella, 2006), tendo efeito também sobre o desenvolvimento das plântulas, conforme estudos conduzidos com salsa (Pill, 1986), tomate (Odell e Cantliffe, 1986), pimentão (Stoffella et al., 1992), brócoli (Jett e Welbaum, 1996), alface (Fessel et al., 2001), melão (Demir e Oztokat, 2003) e aspargo (Bittencourt et al., 2004).

Em sementes de cenoura, Brocklehurst e Dearman (1983), Haigh et al. (1986), Cantliffe e Elballa (1994), Copeland e McDonald (1995), Lopes et al. (2000) e Balbinot e Lopes (2006) também relataram os benefícios advindos do condicionamento osmótico ao desempenho destas sementes.

Porém, nem sempre os resultados obtidos com o condicionamento das sementes são positivos. Caseiro e Marcos Filho (2003) compararam a

eficiência de vários métodos de condicionamento em sementes de cebola, porém os resultados foram contrastantes e não conclusivos. Isto confirma a hipótese de quão variável são as condições do condicionamento osmótico e seus efeitos sobre as sementes osmocondicionadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de cenoura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a setembro de 2006. Foram utilizados dois lotes comerciais de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), variedade Brasília, apresentando 70% e 76% de germinação e grau de umidade de 12% e 10% (lotes 1 e 2, respectivamente).

As sementes de cada lote foram condicionadas osmoticamente em solução de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) com potenciais osmóticos ajustados a $-1,0$ e $-1,2$ MPa, sendo as concentrações definidas segundo recomendações de Villela et al. (1991), à temperatura de 20°C , por períodos de quatro e oito dias definidos no capítulo I. À cada solução foram acrescentados 0,15% de ingrediente ativo do produto comercial Captan 750 TS. 24.

Foram utilizados dois métodos de condicionamento:

- I. Embebição em papel umedecido (Figura 1A): em caixas gerbox, 4,0 g de sementes de cada lote, em duas subamostras de 2,0 g, foram distribuídas em camada única sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com 4,5 mL das soluções de PEG 6000, sendo este volume suficiente para cobrir metade da altura das sementes, ficando parte da superfície exposta à atmosfera do interior das caixas. As caixas foram tampadas, envolvidas em sacos plásticos transparentes, para evitar perdas por evaporação, e mantidas em incubadora BOD a 20°C .

II. Imersão em solução aerada: foi utilizado um sistema desenvolvido para o condicionamento das sementes em soluções com aeração externa, promovida por uma bomba de aquário. Neste método, 4,0 g de sementes foram colocadas em erlenmeyers (capacidade 250 mL) contendo 40,0 mL de cada solução condicionadora, numa proporção de 1:10 (semente:solução). Os erlenmeyers foram vedados com rolha de borracha, e supridos com aeração constante por meio de uma bomba de ar (bomba de aquário). O sistema foi mantido em incubadora BOD a 20°C. As soluções não foram trocadas até o fim dos ensaios. O sistema formado pelos erlenmaeyres e bombas de aquário, utilizado para o condicionamento está ilustrado na Figura 1(B).

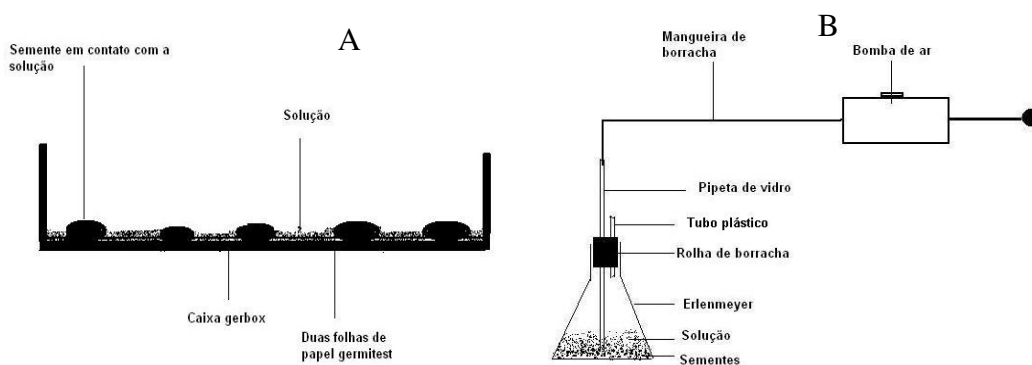


Figura 1 – Esquema demonstrativo dos métodos de condicionamento osmótico utilizados para as sementes de cenoura: hidratação em papel toalha umedecido (A) e imersão em soluções aeradas (B).

Após quatro e oito dias de condicionamento, as sementes foram lavadas durante um minuto em água corrente, para eliminar o excesso das soluções de PEG. Em seguida, foram colocadas para secar sobre duas folhas de papel toalha, em ambiente de laboratório (20°C), até atingirem o grau de umidade inicial, cerca de 12% para o lote 1 e 10% para o lote 2.

Em função das combinações entre potenciais osmóticos e períodos de condicionamento, foram definidos os seguintes tratamentos para cada lote em cada método de condicionamento:

T1 = Sementes não condicionadas (Testemunha);

T2 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 4 dias;

T3 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 8 dias;

T4 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 4 dias;

T5 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 8 dias.

A seguir, as sementes de cada lote e tratamento foram submetidas aos seguintes testes:

Germinação: utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, umedecidas com volume de água destilada equivalente a três vezes o peso do papel seco e dispostas em caixas plásticas (tipo gerbox) que foram mantidas em germinador a 20°C. A avaliação da porcentagem de plântulas normais foi realizada aos sete e quatorze dias após a semeadura (BRASIL, 1992).

Emergência de plântulas em campo: a semeadura foi feita em fevereiro de 2006, em canteiros com as dimensões de 1,0 m de largura e 5,0 m de comprimento, usualmente empregado como sementeira, localizado no Setor de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. Os tratamentos foram distribuídos ao acaso em quatro sulcos espaçados de 5 cm entre si, com profundidade de aproximadamente 1,0 cm, abertos sobre o canteiro. Para cada lote e tratamento, 200 sementes, em quatro subamostras de 50 sementes, foram distribuídas equidistantemente ao longo de cada sulco. A seguir, as sementes foram cobertas com uma camada de solo de cerca de 1,0 cm de espessura. Foram feitas irrigações diárias pelo sistema de aspersão, mantendo o solo suficientemente úmido. As avaliações foram realizadas aos dez e vinte e cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais emergidas.

Comprimento de plântula: inicialmente, três folhas de papel toalha foram umedecidas com volume de água destilada equivalente a três vezes o peso do papel. Foram utilizadas quatro subamostras de dez sementes, sendo cada subamostra distribuída sobre uma linha reta de 10,0 cm traçada ao longo da extremidade superior do papel toalha, de modo que as sementes ficassem distanciadas 1,0 cm uma da outra. O papel foi colocado na base de caixas gerbox que foram invertidas, usando-se a tampa para assegurar a fixação das sementes sobre o papel, mantendo-as equidistantes. As caixas

gerbox foram colocadas no germinador de câmara, à temperatura de 20°C, em posição inclinada, com um ângulo de 45°, para facilitar o crescimento descendente das raízes e ascendente do hipocótilo das plântulas, segundo método descrito por Nakagawa (1999). A avaliação foi realizada aos quatorze dias após a instalação do teste, determinando-se o comprimento, em centímetros, das plântulas normais. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas tomadas para cada subamostra e dividindo-se pelo número total de sementes por subamostra.

Comprimento de raiz primária: foi realizado juntamente ao teste de comprimento das plântulas, tomando-se o comprimento, em centímetros, das raízes primárias das plântulas normais. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas tomadas para cada subamostra e dividindo-se pelo número total de sementes por subamostra.

Procedimento estatístico

Os testes conduzidos em laboratório e em campo seguiram o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os dados experimentais coletados foram submetidos à testes de normalidade, que indicaram a não necessidade de transformação. As análises de variância foram processadas em esquema fatorial 2 x 2 x 5 (dois lotes, dois métodos de embebição e cinco tratamentos). Para o teste F, os níveis de significância aplicados foram 1 e 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram processadas no programa estatístico SAS (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os dados médios referentes à germinação das sementes de cenoura de ambos os lotes. Verifica-se que o condicionamento osmótico aumentou a porcentagem de germinação das sementes dos dois lotes em até 20 pontos percentuais, chegando a 94% (lote 1) e 92% (lote 2). Observa-se que o tempo de condicionamento das sementes influenciou na porcentagem final de germinação. Sementes condicionadas por quatro dias alcançaram valores médios de germinação superiores às aquelas não

condicionadas (testemunha) e às sementes condicionadas por oito dias, tanto em papel umedecido como em soluções aeradas, independente do potencial osmótico utilizado.

Tabela 1 – Germinação (%) das sementes de dois lotes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	70 Ca ^{1/}	70 Ca	70	76 BCa	76 Ca	76
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	93 Aa	92 Aba	93	92 Aa	88 ABa	90
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	76 Ca	79 Ca	78	76 BCa	78 BCa	77
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	90 ABa	94 Aa	92	87 ABa	91 Aa	89
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	78 BCa	81 BCa	80	74 Cb	84 BCa	80
Média	82	84	83	81	84	83
CV (%)	5,29					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Carneiro et al. (1999), trabalhando com diferentes lotes de sementes de cenoura submetidas ao condicionamento osmótico em solução de PEG 6000 a -1,0 MPa por sete dias, também constataram um aumento da germinação, cujos valores médios chegaram a 80%. Peluzio et al. (1999), também com sementes de cenoura, observaram que o condicionamento por 7 dias em PEG 6000 a -1,5 MPa aumentou a porcentagem de germinação das sementes, porém, quando se aumentou o tempo de condicionamento para 14 e 21 dias, os valores médios de germinação foram reduzidos drasticamente. Outros autores trabalhando com sementes de beterraba (Costa e Vilela, 2006) e cebola (Caseiro, 2003), observaram o efeito do período de embebição no resultado final do

condicionamento osmótico dessas sementes. Para Nascimento (1998), o tempo de condicionamento influencia diretamente no resultado do tratamento, mas o condicionamento depende também de outros fatores, como temperatura, qualidade inicial das sementes e espécie, dentre outros.

Por sua vez, o método de condicionamento não influenciou a germinação das sementes do lote 1, sendo ambos os procedimentos (embebição em papel umedecido e em solução aerada) eficientes (Tabela 1). Já para o lote 2, a germinação das sementes condicionadas em PEG a -1,2 MPa por oito dias em solução aerada foi superior à das sementes condicionadas em papel umedecido, diferença esta que não ocorreu nos demais tratamentos.

Os dados médios de germinação na primeira contagem encontram-se na Tabela 2. Sementes que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação são mais vigorosas, sendo um indicativo de maior velocidade no processo de germinação (Nakagawa, 1999). O condicionamento osmótico contribuiu para aumentar a velocidade de germinação das sementes de ambos os lotes, independente do potencial osmótico utilizado, atingindo os valores médios de 90% de germinação para os dois lotes. Gray et al. (1991), também trabalhando com sementes de cenoura, observaram que, quando as sementes foram condicionadas durante quatorze dias, a velocidade de germinação diminuiu consideravelmente, indicando que períodos mais longos de condicionamento podem ser prejudiciais ao desempenho das sementes. Verifica-se, na Tabela 2, que sementes do lote 1 condicionadas por oito dias não diferiram da testemunha quanto à velocidade de germinação. Quando são comparados os métodos de condicionamento, verifica-se, para ambos os lotes, redução na velocidade de germinação com o condicionamento em solução aerada de PEG 6000 a -1,2 MPa, por quatro dias. Peluzio et al. (1999), trabalhando com condicionamento osmótico de sementes de cenoura, também constataram que a diminuição do potencial osmótico em interação com um maior período de condicionamento das sementes diminuiu de forma expressiva a velocidade de germinação das mesmas.

Tabela 2 – Primeira contagem de germinação (%) das sementes de dois lotes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	64 Ba ^{1/}	64 Ba	64	68 Ca	68 Ba	68
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	90 Aa	90 Aa	90	90 Aa	90 Aa	90
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	65 Ba	67 Ba	66	71 BCa	69 Ba	70
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	88 Aa	79 Ab	84	90 Aa	79 ABb	85
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	67 Ba	67 Ba	67	80 ABA	80 Aa	80
Média	75	74	75	80	78	79
CV (%)	5,78					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pela Tabela 3, verifica-se, para o lote 2, que todos os tratamentos de condicionamento osmótico aumentaram a emergência das plântulas em campo aos 25 dias, não havendo diferença significativa entre os fatores método de condicionamento, potencial osmótico da solução e tempo de condicionamento. Também para as sementes do lote 1 todos os tratamentos foram eficientes para aumentar a emergência em campo em relação à testemunha. No entanto, ao se comparar os métodos de condicionamento, verifica-se que o uso soluções aeradas foi superior à embebição em papel nos tratamentos PEG 6000 -1,0 MPa por oito dias e PEG 6000 -1,2 MPa por quatro e oito dias. Esta diferença entre os métodos de condicionamento não havia sido constatada até então pelos resultados de germinação e primeira contagem (Tabelas 1 e 2). Nunes et al. (2000), trabalhando com sementes de cebola condicionadas em PEG 6000 a -0,75 MPa por cinco dias, também observaram incremento da emergência das plântulas em campo.

Tabela 3 – Emergência (%) de plântulas em campo aos 25 dias de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	51 Ca ^{1/}	51 Ca	51	27 Ba	27 Ba	27
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	73 ABa	71 Ba	72	87 Aa	82 Aa	85
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	66 Bb	77 Ba	72	83 Aa	80 Aa	82
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	71 ABb	83 ABa	77	91 Aa	89 Aa	90
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	82 Ab	94 Aa	88	86 Aa	89 Aa	88
Média	67	76	72	75	74	75
CV (%)	6,04					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verifica-se que os resultados positivos do condicionamento osmótico na emergência em campo (Tabela 3) também foram confirmados em laboratório pelo teste de germinação (Tabela 1), o que é interessante, pois o efeito do osmocondicionamento na germinação em laboratório pode não se manifestar no campo, como salientam Gimenez-Sampaio e Sampaio (1998).

O melhor desempenho observado para as sementes condicionadas é explicado por Bradford (1986), que sugere que o condicionamento osmótico promove um acúmulo de solutos no decorrer do processo de germinação, resultando em um maior potencial de turgor celular durante a reidratação das sementes, o que resultaria na emergência da radícula em menor tempo. Isto é particularmente importante quando se consideram as condições adversas nos canteiros de semeadura no campo (Trigo et al., 2000). Durante o condicionamento são iniciados vários processos como a mobilização das reservas, ativação e síntese-de-novo de enzimas, síntese de DNA e RNA,

produção de ATP, além de reparos de danos no sistema de membranas que contribuem para melhorar o desempenho das sementes osmocondicionadas em campo (Bradford, 1986 e Khan, 1992).

Pelos resultados de emergência das plântulas em campo aos 10 dias (Tabela 4), é possível constatar comportamento semelhante ao observado em relação à emergência aos vinte e cinco dias (Tabela 3), ou seja, o condicionamento osmótico contribuiu para melhorar o desempenho das sementes dos dois lotes, porém a resposta das sementes do lote 2 ao osmocondicionamento foi mais expressiva chegando a 70% de emergência, 50 pontos percentuais a mais que a testemunha. Observa-se que, para o lote 2, todos os tratamentos de condicionamento promoveram aumento significativo na velocidade emergência das plântulas em campo em relação à testemunha. Para o lote 1, apenas o tratamento PEG 600 -1,0 MPa por 8 dias não diferiu da testemunha (42%).

A melhoria do desempenho das sementes em campo promovida pelo condicionamento osmótico se constitui em vantagem, principalmente sob condições adversas de clima e solo, favorecendo ainda a competição com espécies invasoras, como enfatizado por Smiderle et al. (1997), pois quanto mais rápido as plântulas emergirem, menos tempo estarão expostas à adversidades. Sementes de *Adesmia latifolia* conhecida como babosa do banhado (Suñé et al., 2002), pimentão (Nunes et al., 2000), cenoura (Magalhães et al., 2004) e aspargo (Bittencourt et al., 2004) também apresentaram acréscimo na velocidade de emergência, confirmando a eficiência do condicionamento osmótico em melhorar o vigor das sementes em condições adversas de substrato para a emergência.

Lotes de sementes com maior velocidade de emergência no campo são considerados mais vigorosos que aqueles que emergem mais lentamente (Bruno, 1995). Desta maneira, pode-se constatar que as sementes osmocondicionadas apresentaram maior vigor, com maior velocidade de emergência em campo (Tabela 4).

Tabela 4 – Emergência (%) de plântulas em campo aos 10 dias de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	42 Ba	42 Ba	42	19 Ba	19 Ba	19
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	64 Aa	62 Aa	63	68 Aa	64 Aa	66
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	48 Ba	44 Ba	46	62 Aa	58 Aa	60
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	66 Aa	67 Aa	66	70 Aa	66 Aa	68
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	69 Aa	72 Aa	71	68 Aa	66 Aa	67
Média	58	58	58	58	55	57
CV (%)	6,71					

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5, verifica-se o efeito do condicionamento osmótico sobre o crescimento de plântulas de cenoura. Para as sementes do lote 1, os tratamentos com PEG 6000 a -1,0 MPa por quatro (solução aerada) e oito dias aumentaram o tamanho das plântulas em relação à testemunha (18,25 e 18,00 cm respectivamente), porém o maior acréscimo no comprimento das plântulas se deu para este lote quando as sementes foram condicionadas pelo período de oito dias em PEG a -1,2 MPa (23,00 cm). Para o lote 2 em todos os tratamentos cujas sementes foram condicionadas em papel umedecido, não houve efeito positivo do osmocondicionamento sob as sementes de cenoura. Porém, em soluções aeradas, as plântulas obtidas dos tratamentos com PEG a -1,0 MPa por quatro e oito dias mediram 18,25 e 17,75 cm, respectivamente. Maior crescimento de plântula foi observado para aquelas sementes condicionadas em solução aerada de PEG 6000 a -1,2 MPa por oito dias (20,0 cm).

Tabela 5 – Comprimento de plântulas (cm/plântula) de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	16,00 Ca ^{1/}	16,00 Ca	16,00	14,25 Aa	14,25 Ca	14,25
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	15,25 Cb	18,25 Ba	16,75	11,00 Bb	18,25 ABa	14,62
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	17,25 Ba	18,00 Ba	17,62	10,75 Bb	17,75 Ba	14,25
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	15,25 Ca	14,00 Ca	14,62	15,75 Aa	14,01 Ca	14,88
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	22,75 Aa	23,00 Aa	22,87	13,75 Ab	20,00 Aa	16,87
Média	17,30	17,85	17,6	13,1	16,85	15,00
CV (%)	13,13					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

É importante ressaltar que o condicionamento osmótico por quatro dias, independente do potencial osmótico e do método de condicionamento, aumentou a porcentagem e a velocidade de germinação em laboratório (Tabelas 1 e 2, respectivamente), enquanto efeitos benéficos sobre a porcentagem de emergência de plântulas em campo (Tabela 3) foram constatados em todos os tratamentos de condicionamento. Contudo, quando se avaliou o comprimento das plântulas, em geral, o condicionamento por oito dias foi mais eficiente, nos dois lotes. Santos e Menezes (2000) afirmam que sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função de apresentarem maior capacidade de transformação e de suprimentos de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação desses pelo eixo embrionário. Para esses autores, isso justificaria o fato de o condicionamento das sementes de alface ter aumentado de forma expressiva o crescimento das plântulas originadas

dessas sementes. Também o condicionamento de sementes de pimentão (José et al., 1999) resultou em aumento no tamanho das plântulas.

Balbinot e Lopes (2006) não constaram aumento significativo no comprimento de plântulas de cenoura após o condicionamento em água e em PEG 6000 a -0,4 e -0,8 MPa, por 12, 24 e 48 horas. Contudo, observaram que o condicionamento em água por até 48 horas em sistema aerado contribuiu para aumentar o vigor dessas sementes, avaliado pela primeira contagem de germinação, demonstrando que os vários fatores, como o potencial da solução e o período de embebição, influenciam diretamente na eficiência do tratamento.

O efeito do condicionamento osmótico no comprimento da raiz primária das plântulas de cenoura pode ser observado na Tabela 6. Os valores médios sugerem que a redução do potencial osmótico das soluções, quando se utilizou o método de soluções aeradas, promove um aumento do comprimento da raiz primária. Para as plântulas das sementes condicionadas em PEG 6000 a -1,2 MPa por quatro dias com aeração constante a raiz primária chegou a medir 9,25 cm no lote 1 e 9,0 cm no lote 2. Quando o período de condicionamento nesse potencial foi de oito dias a raiz primária chegou a atingir 9,75 (lote 1) e 10,0 cm (lote 2).

Maior crescimento da raiz primária também foi constatado por Bittencourt et al. (2004) em sementes de aspargo osmocondicionadas em PEG 6000 a -1,0 para -1,2 MPa. Em sementes de vários cultivares de feijão, condicionadas por método não aerado, Queiroz et al. (1998) constataram queda no comprimento da radícula com a diminuição do potencial osmótico da solução. Já Demir e Oztokat (2003) obtiveram acréscimos no tamanho da radícula em melão com o tempo de condicionamento de 35 dias, afirmando que soluções aeradas facilitam o condicionamento por períodos mais longos. Para Smith e Cobb (1992), o condicionamento osmótico tem efeito positivo no desenvolvimento da radícula por promover incrementos nos níveis de DNA e RNA, no teor de proteínas solúveis, na taxa respiratória, na “síntese-de-novo” de enzimas específicas, o que proporcionaria maior acúmulo de solutos, resultando num crescimento mais rápido e maior acúmulo de biomassa.

Tabela 6 – Comprimento da raiz primária (cm/plântula) de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	7,00 Ba ^{1/}	7,00 Ca	7,00	5,75 Aa	5,75 Ca	5,75
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	8,00 Aa	6,50 Cb	7,25	4,43 Bb	6,50 Ca	5,45
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	7,00 Ba	8,00 Ba	7,50	4,65 Bb	8,25 Ba	6,45
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	6,50 Bb	9,25 Aa	7,87	5,25 ABb	9,00 Aa	7,12
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	6,50 Bb	9,75 Aa	8,13	5,18 ABb	10,00 Aa	7,58
Média	7,0	8,1	7,55	5,1	7,9	6,5
CV (%)	23,78					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

- O condicionamento osmótico foi efetivo em aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação, a emergência em campo e o vigor das plântulas de cenoura;
- O condicionamento osmótico em solução de PEG 6000 a -1,0 MPa por quatro dias aumentou a germinação e o vigor das sementes, sendo que maior crescimento de plântula ocorreu para sementes condicionadas a -1,2 MPa por 8 dias em solução aerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A.V.; MACHADO, V.S.; HAMILL, A.S. Osmoconditioning of tomato and onion seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.43, p.213-224, 1990.

AKERS, S.W.; BREDE, J.; BATES, J.J. Why some vegetable seeds cannot be primed in aerated solutions. **HortScience**, Alexandria, v.20, p.549, 1985.

BALBINOT, E.; LOPES, H.M. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.1-8, 2006.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas de aspargo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.50-56, 2004.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HorScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.

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

BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. **Annals of Applied Biology**, London, v.102, n.2, p.577-584, 1983.

BRUNO, G.B. **Osmocondicionamento y recubrimiento de semillas da especies hortícolas**. Madri: Escola Técnica Superior de Engenheiros Agrônomos, Universidade Politécnica de Madri, 1995. 239p. (Tese Doutorado).

CANTLIFFE, D.J.; ELBALLA, M. Improved germination of carrot at stressful high temperature by seed priming. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.107, p.121-128, 1994.

CARNEIRO, J.W.P.; BRACINNI A.L.; GUEDES, T. A.; AMARAL, D. Influência do estresse hídrico, térmico e do condicionamento osmótico no desempenho germinativo de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 208-216, 1999.

CASEIRO, R.F.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de secagem de sementes de cebola após condicionamento fisiológico. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 12, n. 3, p. 94, 2003.

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

COSTA, C. J.; VILLELA, F.A. Condicionamento osmótico de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.21-29, 2006.

DEMIR, I.; OZTOKAT, C. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.31, n.3, p.765-770, 2003.

EVANS, T.A.; PILL, W.G. Emergence and seedling growth from osmotically primed or pregerminated seeds of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). **The Journal of Horticultural Science**, London, v.64, n.3, p.275-282, 1989.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; RODRIGUES, T. J. D.; FAGIOLI, M.; PAULA, R.C. Eficiência do condicionamento osmótico em sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.128-133, 2001.

GIMENEZ-SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N.V. Viabilidade, vigor e armazenamento de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) submetidas ao

pré-condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.3, n.1, p.38-45, 1998.

GRAY, D.; DREW, R. L. K.; BUJALSKI, W.; NIENOW, A. W. Comparison of polyethylene glycol polymers betaine and α -proline for priming vegetable seed. **Seed Science and & Technology**, Zürich, v.19, p.581-590, 1991.

GUEDES, A.C.; CANTLIFFE, D.J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.6, p.777-781, 1980.

HAIGH, A.M.; BARLOW, E.W.R.; MILTHORPE, F.L. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.5, p.660-665, 1986

HAIGH, A.M.; BARLOW, E.W.R. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.2, p.202-208, 1987.

HEYDECKER, W.; HIGGIS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.3, p.881-888, 1975.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.5, n.2, p.353-425, 1977.

JOSE, S.C.B.R.; VIEIRA, M. G.G.C.; GUIMARÃES, R.M.; RODRIGUES, R. Alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de pimentão submetidas ao osmocondicionamento, utilizando diferentes agentes osmóticos e meios de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.2, p.217-223, 1999.

JETT, L.W.; WELBAUM, G.E. Changes in brocolli (*Brassica oleracea* L.) seed weight, viability, and vigor during development and following drying and priming. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24, n.1, p.127-137, 1996.

KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.83, p.267-283, 1978.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v.13, p.131-181, 1992.

LOPES, H.M.; ROSSETTO, C.A.V.; CARNEIRO, V. Embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes potenciais osmóticos por dois métodos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p.81-87, 2000.

MAGALHÃES, F.H.L.; MACHADO, J.C.; VIEIRA, M.G.G.C.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; LEDO, C.A.S. Desempenho de sementes de cenoura portadoras de espécies de *Alternaria* após o condicionamento fisiológico com adição de Thiram. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.28, n.5, p.1007-1014, 2004.

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

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.. (eds). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2-1–2-24.

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.106-109, 1998.

NASCIMENTO, W.M. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. **Scientia Agricola**, Piraciaba, v.60, n.1, p.71-75, 2003.

NASCIMENTO, W.M. Muskmelon seed priming in response to seed vigor. **Scientia Agricola**, v.61, n.1, p.114-117, 2004.

NASCIMENTO, W.M.; ARAGÃO, F.A.S. Condicionamento osmótico de sementes de melão: absorção de água e germinação sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Curitiba, v.24, n.1, p.153-157, 2002.

NUNES, U.R.; SANTOS, M.R.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, D.C.F.S. Efeito do condicionamento osmótico e do tratamento com fungicida na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.239-246, 2000.

ODELL, G.B.; CANTLIFFE, D.J. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.99, p.303-306, 1986.

PELUZIO, L.E.; SILVA, R.F.; REIS, M.S.; CECON, P.R.; DIAS, D.C.F.S.; PELUZIO, J.B.E. Efeito do condicionamento osmótico na embebição e na germinação de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.161-169, 1999.

PILL, W.G.; FINCH-SAVAGE, W.E. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronization of carrot seed germination. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.113, n.2, p.383-389, 1988.

QUEIROZ, M.F.; ALMEIDA, F.A. C.; FERNANDES, P.D. Efeito do condicionamento osmótico no vigor de plântulas de feijão (*Phaseolus*

vulgaris L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.148-152, 1998.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N. L. Tratamentos pré-germinativos em sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.253-258, 2000.

SAS. **SAS/STAT user's guide**. Version 6, 4 ed. SAS Cary, NC, Institute Inc, 1989.

SMIDERLE, O.J.; SANTOS-FILHO, B.G.; SANTOS, D.S.B.; LOECK, A.E.; SILVA, J.B. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) submetidas ao ataque de *Rhizopertha dominica* Fabricius e *Sitophilus* sp. durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.1-8, 1997.

SMITH, P.T.; COBB, B.G. Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried and germinated pepper seeds (*Capsicum annum* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, n.3, p.503-513, 1992.

STOFFELLA, P.J.; DIPOLA, M.L.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F. Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregerminated of bell pepper. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.3, p.214-215, 1992.

SUÑÉ, A.D.; FRANKE, L.B.; SAMPAIO, T.G. Efeitos do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. **Revista Brasileira de Sementes**, Curitiba, v.24, n.1, p.18-23, 2002.

TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; TRIGO, L.F.N. Condicionamento osmótico em sementes de cebola: II. Efeitos sobre o vigor. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.2, p.01-11, 2000.

THORNTON, J.M.; POWELL, A.A. Short term aerated hydration for the improvement of seed quality in *Brassica oleracea* L. **Seed Science Research**, New York, v.2, p.41-49, 1992.

THORNTON, J.M.; POWELL, A.A. Prolonged aerated hydration for the improvement of seed quality in *Brassica oleracea* L. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v.127, p.183-189, 1995.

WELBAUM, G.E; SHEN, Z.; OLUOCH, M.O.; JETT, L.W. The evolution and effects of priming vegetable seeds. **Seed Technology**, Lansing, v.20, n.2, p.209-235, 1998.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957- 1968, 1991.

III – EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CENOURA SOB ESTRESSE HÍDRICO E TÉRMICO

RESUMO - O condicionamento osmótico tem sido considerado um tratamento promissor para melhorar o desempenho das sementes, especialmente sob condições edafo-climáticas adversas. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do condicionamento osmótico no desempenho de sementes de cenoura submetidas a condições de estresse hídrico e térmico. Sementes de dois lotes, cv. Brasília, foram condicionadas em soluções de PEG 6000 a -1,0 MPa e -1,2 por quatro e oito dias, a 20°C, utilizando-se dois métodos de condicionamento: embebição em papel toalha umedecido com as respectivas soluções e imersão em soluções osmóticas aeradas. Sementes não condicionadas foram utilizadas como testemunha. Após o condicionamento, as sementes foram secas em ambiente de laboratório até atingirem o grau de umidade inicial. Em seguida, foram avaliadas pelos seguintes testes: germinação a temperatura sub-ótima (15°C) e supra-ótima (30°C) e germinação sob estresse hídrico (PEG 6000 - 0,4 MPa). Verificou-se que o condicionamento osmótico em PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa, por quatro dias, foi efetivo para melhorar o desempenho das sementes sob condições de estresse hídrico e térmico, tanto em temperatura sub como supra-ótima.

Termos para indexação: Condicionamento osmótico, estresse, sementes, cenoura, *Daucus carota* L.

EFFECT OF PRIMING ON CARROT (*Daucus carota* L.) SEEDS PERFORMANCE UNDER WATER AND TEMPERATURE STRESS

ABSTRACT – Priming has been considered a promising treatment to improve seed performance, especially under field stress conditions. This work had as objective to evaluate the effects of priming on germination of carrot seeds under water and temperature stress conditions. Seeds of two lots, Brasília cultivar, were primed in PEG 6000 -1.0 and -1.2 MPa solutions for 4 and 8 days, at 20°C, using two imbibition methods: priming in paper towel moistened with the respective solutions and immersion into aerated osmotic solutions. Non-primed seeds were used as control. After priming, the seeds were dried at room temperature until reach initial seed moistened content. The seeds were submitted to the following tests: germination at sub-optimal (15°C) and supra-optimal temperature (30°C) and germination under water stress (PEG 6000 at -0.4 MPa). Trials were conducted in randomized completely design, with four replications, and analyzed as factorial experiment (2 lots x 2 priming methods x 5 priming treatments). It was verified that priming in PEG 6000 at -1.0 and -1.2 MPa, for four days, was effective to improve the seed performance under water and temperature stress conditions.

Index term: Priming, stress condition, seed, carrot, *Daucus carota* L..

INTRODUÇÃO

A germinação das sementes de cenoura é bastante irregular, razão pela qual o período de tempo compreendido entre a semeadura e a emergência das plântulas representa uma das fases críticas da cultura, que é semeada diretamente no campo. Geralmente, as sementes germinam e expressam melhor desempenho fisiológico em condições favoráveis de ambiente, o que nem sempre é possível de se obter por ocasião da semeadura. Muitas vezes, a uniformidade e a porcentagem de emergência de plântulas em campo ficam comprometidas, devido a condições edafoclimáticas adversas.

O condicionamento osmótico das sementes surgiu como uma alternativa para aumentar a velocidade de germinação e a uniformidade das plântulas em campo, especialmente em condições de estresse (Bradford, 1986; Khan, 1992; Parera e Cantliffe, 1994). Vários autores têm relatado os efeitos benéficos do condicionamento osmótico sobre a germinação de sementes de hortaliças a temperaturas sub-ótimas e supra-ótimas (Wurr e Felows, 1984; Nerson e Govers, 1986; Bradford et al., 1986; Pill e Finch-Savage, 1988; Demir e Van de Venter, 1999; Nascimento e West, 2000; Bittencourt et al., 2004), sob estresse hídrico (Frett e Pill, 1989; Bittencourt et al., 2004) ou salino (Wiebe e Muhyaddin, 1987; Pill et al., 1991).

O osmocondicionamento das sementes consiste na hidratação parcial das mesmas, promovendo a ativação dos processos metabólicos necessários para a germinação sem permitir a protrusão da raiz primária (Bradford, 1986). Em geral, as sementes são hidratadas em água ou em soluções osmóticas por determinado período de tempo, sendo, em seguida, secas até o grau de umidade inicial (Khan, 1992). Tal fato torna o condicionamento osmótico vantajoso, pois as sementes podem ser manuseadas e/ou armazenadas após o tratamento (Bradford, 1986; Nascimento, 2004).

Vários fatores afetam os resultados do condicionamento, destacando-se o tipo de solução osmótica, o potencial osmótico, o método de condicionamento, a temperatura e período de condicionamento, a aeração da solução, a secagem das sementes após o tratamento e a qualidade inicial

do lote (Nascimento, 2004). O polietileno glicol (PEG) é o soluto mais utilizado, pois é um polímero de alto peso molecular, inerte e não tóxico (Heydecker et al., 1975), embora possa limitar o oxigênio disponível para as sementes (Hardegree e Emmerich, 1990). Assim, alguns autores recomendam a aeração da solução osmótica durante o condicionamento (Liptay e Zariffa, 1993; Rosseto et al., 2002; Balbinot e Lopes, 2006). Também pode ser utilizada a embebição das sementes em papel toalha umedecido com a solução osmótica (Frett et al., 1991; Pill et al., 1991; Bittencourt et al., 2004; 2005).

Os resultados obtidos com o condicionamento de sementes de hortaliças têm indicado potenciais osmóticos de -0,5 a -2,0 MPa e temperaturas entre 15 e 20°C (Bradford, 1986), embora recomende-se também o uso da temperatura indicada para a germinação das sementes (Nascimento, 2004). Já os períodos de condicionamento são bastante variáveis, sendo que períodos muito curtos podem não permitir o sucesso do tratamento, enquanto períodos muito prolongados podem favorecer a germinação durante o tratamento (Nascimento, 2004).

Efeitos benéficos do condicionamento osmótico já foram relatados para diversas espécies, podendo-se citar o aumento da velocidade de germinação, permitindo a emergência mais rápida e uniforme das plântulas no campo (Heydecker et al. 1975; Bradford, 1986; Ali et al., 1990; Nunes et al., 2000; Costa e Vilella, 2006). Também se pode citar o efeito sobre o desenvolvimento das plântulas, conforme estudos conduzidos com salsa (Pill, 1986), tomate (Odell e Cantliffe, 1986), pimentão (Stoffella et al., 1992), brócoli (Jett e Welbaum, 1996), alface (Fessel et al., 2001), melão (Demir e Oztokat, 2003) e aspargo (Bittencourt et al., 2004).

Diversos autores demonstraram que também para sementes de cenoura o condicionamento proporciona efeitos positivos sobre a germinação e o seu desempenho em campo e em condições de estresse (Brocklehurst e Daerman, 1983; Haigh et al., 1986; Cantliffe e Elballa, 1994; Copeland e McDonald, 1995; Lopes et al., 2000 e Balbinot e Lopes, 2006)

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o efeito do condicionamento osmótico no desempenho de sementes de cenoura em diferentes condições de estresse.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a setembro de 2006. Foram utilizados dois lotes comerciais de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), variedade Brasília, apresentando 70% e 76% de germinação e grau de umidade de 12% e 10% (lotes 1 e 2, respectivamente).

As sementes de cada lote foram condicionadas osmoticamente em solução de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) com potenciais osmóticos ajustados a $-1,0$ e $-1,2$ MPa, sendo as concentrações definidas segundo recomendações de Villela et al. (1991), à temperatura de 20°C , por períodos de quatro e oito dias. A cada solução foram acrescidos 0,15% de ingrediente ativo do produto comercial Captan 750 TS. 24.

Foram utilizados dois métodos de condicionamento:

- I. Embebição em papel umedecido (Figura 1A): em caixas gerbox, 4,0 g de sementes de cada lote, divididas em duas subamostras de 2,0 g, foram distribuídas em camada única sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com 4,5 mL das soluções de PEG 6000, sendo este volume suficiente para cobrir metade da altura das sementes, ficando parte da superfície exposta à atmosfera do interior das caixas. As caixas foram tampadas, envolvidas em sacos plásticos transparentes, para evitar perdas por evaporação, e mantidas em incubadora BOD a 20°C .
- II. Imersão em solução aerada (Figura 1B): foi utilizado um sistema desenvolvido para o condicionamento das sementes em soluções com aeração externa, promovida por uma bomba de aquário. Neste método, 4,0 g de sementes foram colocadas em erlenmeyers (capacidade 250 mL) contendo 40,0 mL de cada solução condicionadora, numa proporção de 1:10 (semente:solução). Os erlenmeyers foram vedados com rolha de borracha, e supridos com aeração constante por meio de uma bomba de ar (bomba de aquário).

O sistema foi mantido em incubadora BOD a 20°C. As soluções não foram trocadas até o fim dos ensaios.

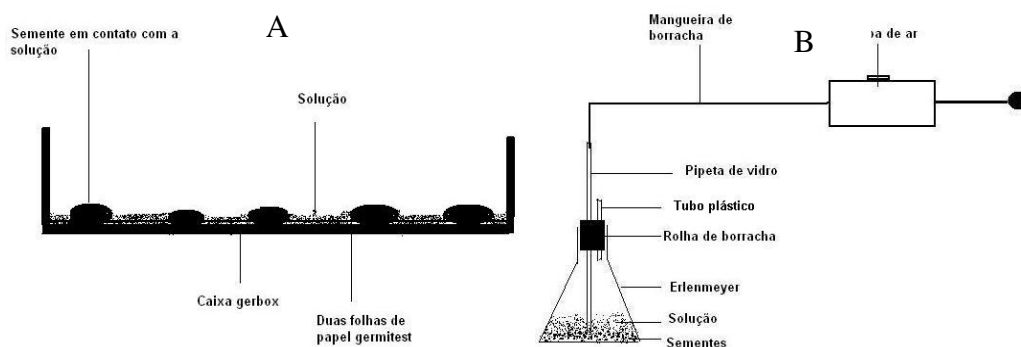


Figura 1 – Esquema demonstrativo dos métodos de condicionamento osmótico utilizados para as sementes de cenoura: hidratação em papel toalha umedecido (A) e imersão em soluções aeradas (B).

Após quatro e oito dias de condicionamento, as sementes foram lavadas durante um minuto em água corrente, para eliminar o excesso das soluções de PEG. Em seguida, foram colocadas para secar sobre duas folhas de papel toalha, em ambiente de laboratório ($\pm 20^{\circ}\text{C}$), até atingirem o grau de umidade inicial, cerca de 12% para o lote 1 e 10% para o lote 2.

Em função das combinações entre potenciais osmóticos e períodos de condicionamento, foram definidos os seguintes tratamentos para cada lote em cada método de condicionamento:

- T1 = Sementes não condicionadas (Testemunha);
- T2 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 4 dias;
- T3 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 8 dias;
- T4 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 4 dias;
- T5 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 8 dias.

A seguir, as sementes de cada lote e tratamento foram submetidas aos seguintes testes:

Germinação em temperatura sub-ótima: utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, umedecidas

com volume de água destilada equivalente a três vezes o peso do papel seco e dispostas em caixas plásticas (tipo gerbox), mantidas em germinador a 15°C. A avaliação da porcentagem de plântulas normais foi realizada aos quatorze dias após a semeadura (BRASIL, 1992).

Germinação em temperatura supra-ótima: seguiu-se a mesma metodologia descrita para o teste de germinação a baixa temperatura, adotando-se a temperatura de 30°C. A avaliação da porcentagem de plântulas normais foi realizada aos quatorze dias após a semeadura (BRASIL, 1992).

Estresse hídrico: utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, umedecidas com volume de solução de PEG 6000 a – 0,4 MPa (Villela et al., 1991) equivalente a três vezes o peso do papel seco e dispostas em caixas plásticas (tipo gerbox), mantidas em germinador a 20°C. A avaliação da porcentagem de plântulas normais foi realizada aos quatorze dias após a semeadura (BRASIL, 1992).

Procedimento estatístico

Os testes conduzidos em laboratório e em campo seguiram o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os dados experimentais coletados foram submetidos à testes de normalidade, que indicaram a não necessidade de transformação. As análises de variância foram processadas em esquema fatorial 2 x 2 x 5 (dois lotes, dois métodos de embebição e cinco tratamentos). Para o teste F, os níveis de significância aplicados foram 1 e 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram processadas no programa estatístico SAS (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições de temperaturas sub-ótimas representam um fator limitante para as sementes de cenoura, como pode ser observado na Tabela 1, onde se encontram os valores médios de germinação das sementes dos dois lotes em temperatura sub-ótima.

Pela Tabela 1 verifica-se que, para o lote 1, com exceção do condicionamento em PEG 6000 a -1,2 MPa por 4 dias, todos os tratamentos contribuíram para aumentar a germinação das sementes em relação à testemunha, com destaque para os tratamentos aplicados por oito dias, que também foram efetivos para as sementes do lote 2; em geral, para ambos os lotes, o condicionamento por quatro dias foi inferior ao condicionamento por oito dias. Assim, o tempo de condicionamento das sementes afetou significativamente o resultado do tratamento, sendo o período de oito dias mais eficaz em aumentar a germinação das sementes de cenoura em condições de baixa temperatura. Nota-se que, neste período, ambos os potenciais osmóticos testados (-1,0 e -1,2 MPa) foram eficientes. Posse et al. (2001) e Trigo e Trigo (1999) obtiveram resultados semelhantes trabalhando com sementes de pimentão e berinjela, respectivamente, o que demonstra a eficiência do osmocondicionamento no desempenho das sementes sob condição adversa. Porém, este tipo de tratamento não teve efeito na germinação de sementes de *Pyterogines vitens* em condições temperaturas sub-ótimas (Tonin et al., 2005). Para Pill e Finch-Savage (1988), a situação de temperatura sub-ótima permitiu diferenciar bem o efeito do condicionamento osmótico em sementes de cenoura, que também germinaram melhor quando submetidas ao condicionamento em relação à testemunha.

Com relação à aeração das soluções de PEG, verifica-se que nas soluções mais concentradas (-1,2 MPa), independente do tempo de condicionamento, o suprimento com oxigênio adicional foi benéfico para o desempenho das sementes do lote 1, efeito este que não foi constatado nas sementes do lote 2 (Tabela 1). Segundo Nascimento (2004), dependendo da concentração da solução de PEG, pode ser necessária aeração durante o

condicionamento, visto que a maior viscosidade da solução causa redução na permeabilidade ao oxigênio.

Tabela 1 – Germinação (%) em temperatura sub-ótima de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	54 BCa ^{1/}	54 Ca	54	60 Ca	60 Ca	60
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	76 Ba	72 Ba	74	73 Ba	75 Ba	74
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	93 Aa	94 Aa	94	95 Aa	88 ABb	92
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	68 CDb	75 Ba	72	72 Ba	72 BCa	72
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	88 ABb	97 Aa	93	90 Aa	94 Aa	92
Média	75	78	77	78	78	78
CV (%)	7,11					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A germinação em temperatura supra-ótima das sementes osmocondicionadas dos dois lotes foi superior à da testemunha (Tabela 2) em ambos os métodos de condicionamento, evidenciando que este tipo de tratamento melhora o desempenho das sementes quando submetidas a estresses, como já foi comprovado com diferentes espécies olerícolas como alface (Wurr e Fellows, 1984), cenoura (Pill e Finch-Savage, 1988), tomate (Mauromicale e Cavallaro, 1997), cebola (Trigo et al., 1999) e aspargo (Bittencourt et al., 2004). Para Lanteri et al. (1998), o efeito benéfico proporcionado pelo condicionamento osmótico é consequência de mecanismos de reparo que atuam durante a embebição controlada das sementes no processo de deterioração das mesmas. Segundo Nascimento et al. (2001), sementes de alface depois de condicionadas podem superar o

efeito inibitório de temperaturas elevadas devido ao aumento da atividade das enzimas endo-beta-mananases, envolvidas na degradação das paredes celulares do endosperma.

Verifica-se, ainda na Tabela 2, que quando se utilizou o período mais longo de condicionamento (oito dias), houve melhor desempenho das sementes hidratadas em soluções aeradas, independente da concentração de PEG, indicando que a aeração é importante quando houver maior tempo de exposição das sementes às soluções.

Tabela 2 – Germinação (%) em temperatura supra-ótima de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	56 Ca ^{1/}	56 Ba	56	62 Ba	62 Ba	62
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	90 ABa	88 Aa	89	87 Ab	94 Aa	91
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	78 Bb	90 Aa	84	84 Ab	96 Aa	90
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	96 Aa	87 Ab	92	87 Aa	89 Aa	88
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	85 ABb	97 Aa	91	87 Ab	90 Aa	89
Média	81	84	83	82	86	84
CV (%)	5,86					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 3 observam-se os valores médios para a porcentagem de germinação das sementes de cenoura sob estresse hídrico. O condicionamento osmótico só foi efetivo para as sementes do lote 2 condicionadas por 4 dias em PEG -1,0 e -1,2 MPa, tanto pelo método de hidratação em papel como em soluções aeradas. Assim, o período mais

longo de condicionamento não foi benéfico ao desempenho das sementes sob baixa disponibilidade de água, diferentemente ao que havia sido constatado quando foram submetidas às temperaturas sub e supra-ótimas, onde melhor desempenho foi obtido com oito dias de condicionamento. Segundo Nascimento (2004), o condicionamento osmótico pode proporcionar maior germinação das sementes, particularmente em condições adversas, como o estresse hídrico, o que foi constatado por Eira e Marcos Filho (1990) em sementes de alface e por Demir e Van de Venter (1999), em melancia, relatando que a técnica de condicionamento foi eficiente para reduzir o efeito do estresse hídrico no desempenho destas sementes.

Tabela 3 – Germinação sob estresse hídrico (%) de dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, utilizando embebição em papel umedecido e em solução aerada.

Tratamentos	Lote 1			Lote 2		
	Papel umedecido	Solução aerada	Média	Papel umedecido	Solução aerada	Média
Testemunha (não condicionada)	74 Aa ^{1/}	74 Aa	74	66 Ba	66 Ba	66
PEG 6000 - 1,0 MPa por 4 dias	77 Aa	69 Ab	73	86 Aa	85 Aa	76
PEG 6000 - 1,0 MPa por 8 dias	59 BCb	69 Aa	64	9 Cb	40 Ba	25
PEG 6000 - 1,2 MPa por 4 dias	72 ABa	75 Aa	74	76 Aa	84 Aa	75
PEG 6000 - 1,2 MPa por 8 dias	50 Ca	10 Bb	30	56 Ba	10 Cb	33
Média	65	60	63	57	53	55
CV (%)	9,31					

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Braccini et al. (1996), em ambiente natural as sementes podem ser expostas a condições adversas, tanto do ponto de vista térmico como hídrico, o que, aliado à baixa qualidade das sementes, pode resultar

na redução da porcentagem de emergência. É possível, assim, inferir que os melhores resultados apresentados pelas sementes condicionadas estão relacionados à melhoria de sua qualidade, devido ao osmocondicionamento, já que todas as sementes de cenoura utilizadas, independente do tratamento recebido, foram expostas às mesmas condições de estresse hídrico.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido este trabalho e com base na interpretação dos resultados, conclui-se que:

- o condicionamento osmótico em PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa por quatro e oito dias foi eficiente para aumentar a germinação das sementes de cenoura em condições de estresse térmico, tanto em temperatura sub como supra-ótima;
- sementes submetidas ao estresse hídrico condicionadas em PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa por 4 dias tiveram melhor desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A.V.; MACHADO, V.S.; HAMILL, A.S. Osmoconditioning of tomato and onion seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.43, p.213-224, 1990.

BALBINOT, E.; LOPES, H.M. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.01-08, 2006.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no

crescimento das plântulas de aspargo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.50-56, 2004.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Germination and vigour of primed asparagus seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.4, p.319-324, 2005.

BRACCINI, A.L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1053-1066, 1999.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.

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

BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. **Annals of Applied Biology**, London, v.102, n.2, p.577-584, 1983.

CANTLIFFE, D.J.; ELBALLA, M. Improved germination of carrot at stressful high temperature by seed priming. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.107, p.121-128, 1994.

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

COSTA, C.J.; VILLELA, F.A. Condicionamento osmótico de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.21-29, 2006.

DEMIR, I.; OZTOKAT, C. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.31, n.3, p.765-770, 2003.

DEMIR, I.; VAN DE VENTER, H.A. The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, n.3, p.871-875, 1999.

EIRA, M.T.S.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface: II. Desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.12, n.1, p.28-45, 1990.

FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; RODRIGUES, T.J.D.; FAGIOLI, M.; PAULA, R.C. Eficiência do condicionamento osmótico em sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.128-133, 2001.

FRETT, J.J.; PILL, W.G. Germination characteristics of osmotically primed and stored impatiens seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.40, p.171-179, 1989.

FRETT, J.J.; PILL, W.G.; MORNEAU, D.C. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.9, p.1158-1159, 1991.

HAIGH, A.M.; BARLOW, E.W.R.; MILTHORPE, F.L. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.5, p.660-665, 1986

HARDEGREE, S.P.; EMMERICH, W.E. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper. **Plant Physiology**, Lancaster, v.92, n.2, p.462-466, 1990.

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

JETT, L.W.; WELBAUM, G.E. Changes in brocolli (*Brassica oleracea* L.) seed weight, viability, and vigor during development and following drying and priming. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24, n.1, p.127-137, 1996.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v.13, p.131-181, 1992.

LANTERI, S.; NADA, E.; BELLETTI, P. Effects of controlled deterioration and osmoconditioning on germination and nuclear replication in seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.). **Annals of Botany**, New York, v.77, n.66, p.591-597, 1998.

LYPTAY, A.; ZARIFFA, N. Testing the morphological aspects of polyethylene glycol-primed tomato seeds with proportional odds analysis. **HortScience**, Alexandria, v.28, n.9, p.881-883, 1993.

LOPES, H.M.; ROSSETTO, C.A.V.; CARNEIRO, V. Embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes potenciais osmóticos por dois métodos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.81-87, 2000.

MAUROMICALE, G.; CAVALLARO, V. A comparative study of the effects of different compounds on priming of tomato seed germination under suboptimal temperatures. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p.399-408, 1997.

NASCIMENTO, W.M.; WEST, S.H. Drying during muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed priming and its effects on seed germination and deterioration. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.28, p.211-215, 2000.

NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J.; HUBER, D.J. Endo-beta-mannanase activity and seed germination of thermosensitive and thermotolerant lettuce genotypes in response to seed priming. **Seed Science Research**, Wallingford, v.11, n.3, p.255-264, 2001.

NASCIMENTO, W.M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA. Circular Técnica, n. 33, 2004. 12p.

NERSON, H.; GOVERS, A. Salt priming of muskmelon seeds for low temperature germination. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.28, p.85-91, 1986.

NUNES, U.R.; SANTOS, M.R.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, D.C.F.S. Efeito do condicionamento osmótico e do tratamento com fungicida na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.239-246, 2000.

ODELL, G.B.; CANTLIFFE, D.J. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.99, p.303-306, 1986.

PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, New York, v.16, n.1, p.109-141, 1994.

PILL, W.G. Parsley emergence and seedling growth from raw, osmoconditioned and pregerminated seeds. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1134-1136, 1986.

PILL, W.G.; FINCH-SAVAGE, W.E. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronization of carrot seed germination. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.113, n.2, p.383-389, 1988.

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, n.9, p.1160-1162, 1991.

POSSE, S.C.P.; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D.; CATUNDA, P.H.A. Efeitos do condicionamento osmótico e da hidratação na germinação de sementes de pimentão (*Capsicum annum* L.) submetidas à baixa temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.23, n.1, p.123-127, 2001.

ROSETTO, C.A.V.; LIMA, T.M.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica e potencial de armazenamento de sementes de tomate submetidas ao condicionamento osmótico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.630-634, 2002.

SAS. **SAS/STAT user's guide**. Version 6, 4 ed. SAS Cary, NC, Institute Inc, 1989.

STOFFELLA, P.J.; DIPOLA, M.L.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F. Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregerminated of bell pepper. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.3, p.214-215, 1992.

TONIN, G.A.; GATTI, A. B.; CARELLI, B.P.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.2, p.35-43, 2005.

TRIGO, M.F.O.O.; TRIGO, L.F.N. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de berinjela. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.1, p 107-113, 1999.

TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; TRIGO, L.F.N. Condicionamento osmótico de sementes de cebola: I. Efeitos sobre a germinação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1059-1067, 1999.

TONIN, G.A.; GATTI, A.B.; CARELLI, B.P.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* tull. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n.2, p.35-43, 2005.

WURR, D.C.E., FELLOWS, J.R. The effects of grading and 'priming' seeds of crisp lettuce, cv. Saladin, on germination at high temperature, seed 'vigour', and crop uniformity. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.105, n.2, p.345-352, 1984.

WIEBE, H.J.; MUHYADDIN, T. Improvement of emergence by osmotic seed treatments in soil of high salinity. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.198, p.91-100, 1987.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foi desenvolvido este trabalho e com base na interpretação dos resultados, conclui-se que:

- Sementes de cenoura embebidas em água, em ambos os métodos de condicionamento, iniciam a protrusão da raiz primária com, aproximadamente, de 48 horas de embebição, quando atingem 57% de água;
- as soluções de PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa promovem o controle da hidratação das sementes, que permaneceram com teor de água de 54% mesmo após 312 horas de embebição, não ocorrendo a protrusão da raiz primária;
- sementes embebidas em soluções aeradas absorvem água mais rapidamente do que em papel umedecido;
- O condicionamento osmótico foi efetivo em aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação, a emergência em campo e o vigor das plântulas de cenoura;
- O condicionamento osmótico das sementes em solução de PEG 6000 a -1,0 MPa por quatro dias aumentou a germinação e o vigor das sementes e a -1,2 MPa por 8 dias em solução aerada determinou o crescimento de plântula;
- o condicionamento osmótico em PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa por quatro e oito dias foi eficiente para aumentar a germinação das sementes de cenoura em condições de estresse hídrico e térmico, tanto em temperatura sub como supra-ótima;
- sementes submetidas ao estresse hídrico condicionadas em PEG 6000 a -1,0 e 1,2 MPa por 4 dias tiveram melhor desempenho.

ANEXOS

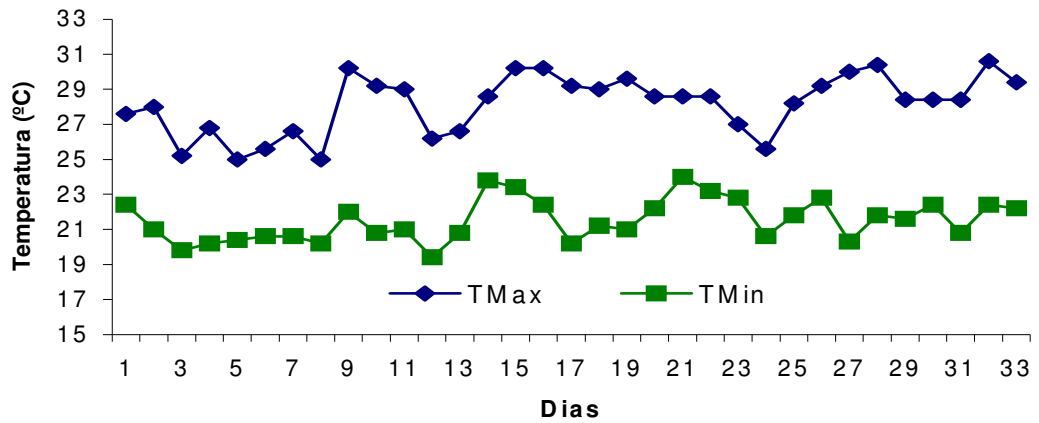


Figura 1 – Temperaturas máxima e mínima diárias registradas em Viçosa-MG, no período de 14/02/06 a 18/03/06, durante a condução do teste de emergência de plântulas em campo.

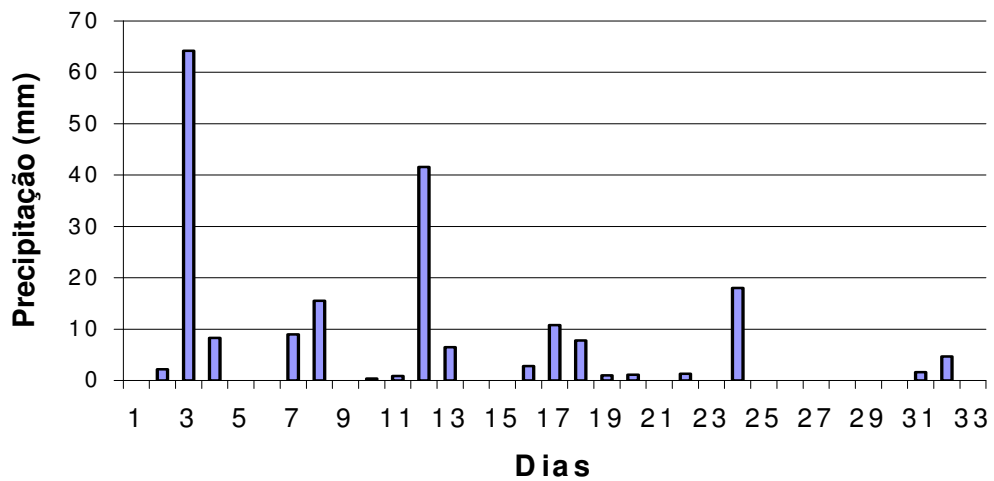


Figura 2 – Precipitação média diária em Viçosa-MG, no período de 14/02/06 até 18/03/06, durante a condução do teste de emergência de plântulas em campo.

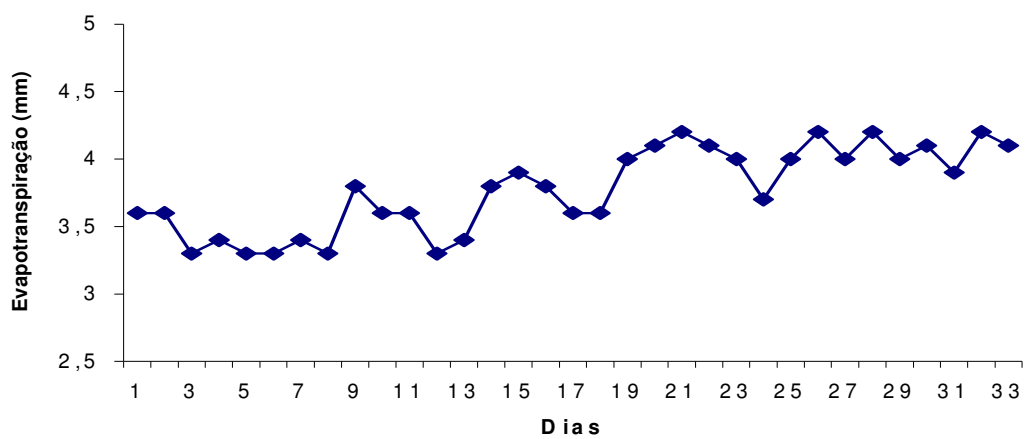


Figura 3 – Evapotranspiração no período de 14/02/06 até 18/03/06, durante a condução do teste de emergência de plântulas em campo.

Tabela 1 – Resumo das análises de variância dos dados referentes a cinco características avaliadas em dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico e por dois métodos de hidratação.

Fonte de Variação	GL	F				
		G ¹	PCG ²	EH ³	BT ⁴	AT ⁵
Lotes (L)	1	0,07*	16,35*	36,06	1,46*	0,05*
Métodos (M) ⁶	1	4,41*	2,95*	0,10*	0,95*	9,88**
L x M	1	0,13*	0,16*	27,20**	1,11*	1,04*
Tratamentos (T) ⁷	4	57,23**	88,60**	173,92**	64,78**	32,40**
L x T	4	3,25**	5,34**	52,57**	3,15**	2,55**
M x T	4	2,44**	2,95*	9,06**	1,81*	5,71**
L x M x T	4	0,84*	0,16*	93,71**	0,89*	5,71**
CV(%)		5,2920	5,7860		7,1702	5,8617
Média		82,4750	76,4500	9,3088	79,9750	86,1750
				60,8000		

¹ Germinação

² Primeira contagem de germinação

³ Germinação sob estresse hídrico

⁴ Germinação em temperatura sub-ótima

⁵ Germinação em temperatura supra-ótima

⁶ Métodos de embebição no papel toalha e em solução aerada

⁷ T1 = Sementes não condicionadas (Testemunha); T2 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 4 dias; T3 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 8 dias; T4 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 4 dias e T5 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 8 dias

*, ** P < 0,0005 e 0,0001, respectivamente, pelo teste F

Tabela 2 – Resumo das análises de variância dos dados referentes a cinco características avaliadas em dois lotes de sementes de cenoura submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico e por dois métodos de hidratação.

Fonte de Variação	GL	F			
		EC ¹	ECV ²	CP ³	CR ⁴
Lotes (L)	1	4,61**	3,52**	79,53	49,54
Métodos (M) ⁵	1	5,76**	8,54**	20,82	31,54
L x M	1	15,34**	14,52**	3,11*	17,59
Tratamentos (T) ⁶	4	307,37**	327,24**	13,10*	6,89**
L x T	4	49,43**	32,48**	6,58**	1,19*
M x T	4	3,51**	3,86**	1,93*	2,78**
L x M x T	4	1,88*	2,07**	19,44**	5,66**
CV(%)		6,0376	6,7165	13,1286	23,7822
Média		73,2875	56,5712	16,4250	6,6125

¹ Emergência em campo aos 25 dias

² Emergência em campo aos 10 dias

³ Comprimento de plântulas

⁴ Comprimento de raiz primária

⁵ Métodos de embebição no papel toalha e em solução aerada

⁶ T1 = Sementes não condicionadas (Testemunha); T2 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 4 dias; T3 = Sementes condicionadas a -1,0 MPa por 8 dias; T4 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 4 dias e T5 = Sementes condicionadas -1,2 MPa por 8 dias

*, ** P < 0,0005 e 0,0001, respectivamente, pelo teste F

Tabela 3 – Teor de água de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) do lote 1 após embebição em papel umedecido com água destilada e com soluções de PEG 6000 – 1,0 MPa e – 1,2 MPa durante o período de 312 horas.

Período embebição	Teor de água (%)		
	Água destilada	PEG 6000 – 1,0 MPa	PEG 6000 – 1,2 MPa
0 horas	12	12	12
2 horas	37	33	26
4 horas	48	36	35
6 horas	48	38	35
8 horas	48	39	38
10 horas	48	40	42
12 horas	50	40	42
24 horas	50	44	42
48 horas	52	45	42
72 horas	54	45	42
96 horas	56	45	42
120 horas		45	42
144 horas		45	45
168 horas		47	45
192 horas		47	46
216 horas		47	46
240 horas		47	46
264 horas		47	46
288 horas		47	46
312 horas		47	46

Tabela 4 – Teor de água de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) do lote 2 após embebição em papel umedecido com água destilada e com soluções de PEG 6000 – 1,0 MPa e – 1,2 MPa durante o período de 312 horas.

Per. Embebição	Teor de água (%)		
	Água destilada	PEG – 1,0 MPa	PEG – 1,2 MPa
0 horas	10	10	10
2 horas	35	35	30
4 horas	36	40	32
6 horas	43	42	32
8 horas	49	42	33
10 horas	49	42	41
12 horas	49	42	42
24 horas	52	42	42
48 horas	52	44	42
72 horas	57	45	43
96 horas	59	45	42
120 horas		45	42
144 horas		45	44
168 horas		45	44
192 horas		45	46
216 horas		45	46
240 horas		46	46
264 horas		46	46
288 horas		46	46
312 horas		47	46

Tabela 5 – Teor de água de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) do lote 1 após embebição em água destilada e em soluções de PEG 6000 – 1,0 MPa e – 1,2 MPa, com sistema de aeração, durante o período de 312 horas.

Per. Embebição	Teor de água (%)		
	Água destilada	PEG – 1,0 MPa	PEG – 1,2 MPa
0 horas	12	12	12
2 horas	42	39	35
4 horas	51	39	35
6 horas	52	43	43
8 horas	52	45	43
10 horas	53	45	43
12 horas	53	48	44
24 horas	56	48	44
48 horas	56	49	47
72 horas	62	49	47
96 horas	62	49	47
120 horas		53	48
144 horas		53	48
168 horas		53	48
192 horas		53	48
216 horas		53	48
240 horas		54	48
264 horas		54	48
288 horas		54	48
312 horas		54	48

Tabela 5 – Teor de água de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) do lote 2 após embebição em água destilada e soluções de PEG 6000 – 1,0 MPa e – 1,2 MPa, com sistema de aeração, durante o período de 312 horas.

Per. Embebição	Teor de água (%)		
	Água destilada	PEG – 1,0 MPa	PEG – 1,2 MPa
0 horas	10	10	10
2 horas	39	37	35
4 horas	50	42	41
6 horas	50	42	43
8 horas	50	54	43
10 horas	52	54	46
12 horas	54	56	47
24 horas	57	56	52
48 horas	57	56	52
72 horas	63	56	52
96 horas	64	56	54
120 horas		56	54
144 horas		56	54
168 horas		56	54
192 horas		56	54
216 horas		56	54
240 horas		56	54
264 horas		56	54
288 horas		56	54
312 horas		56	54