

KÁSSIA DE ASSIS PEREIRA ARMONDES

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E DESEMPENHO DE SEMENTES DE
REPOLHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR

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
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A733c
2013

Armondes, Kássia de Assis Pereira, 1983-

Condicionamento osmótico e desempenho de sementes de
repolho com diferentes níveis de vigor / Kássia de Assis Pereira
Armondes. – Viçosa, MG, 2013.

vii, 29 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 25-29.

1. *Brassica oleracea*. 2. Germinação. 3. Sementes -
Qualidade. 4. Repolho. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.34

KÁSSIA DE ASSIS PEREIRA ARMONDES

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E DESEMPENHO DE SEMENTES DE
REPOLHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR

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: 21 de março de 2013.

Prof. Luiz Antônio dos Santos Dias

Prof^a Beatriz Gonçalves Brasileiro

Pesq^a Maira Christina Marques Fonseca

Prof^a Denise Cunha F. dos S. Dias
(Orientadora)

A minha família,
em especial a minha irmã Kézia e a tia Wânia.
Ao Jacson, amor da minha vida.
Dedico.

**“O conhecimento a gente adquire com os mestres e os livros.
A sabedoria com a vida e com os humildes.”
Cora Coralina**

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre presente em minha vida e conduzir os meus caminhos.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade da realização deste curso.

À professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, por permitir a realização deste aperfeiçoamento, pela orientação, ensinamentos, confiança e dedicação ao meu trabalho.

Aos professores Beatriz Gonçalves Brasileiro e Luiz Antônio dos Santos Dias, e a doutora Maira Christina Marques Fonseca pela disponibilidade, atenção, sugestões, orientações e conhecimentos transmitidos.

Ao Jacson Zuchi pelo amor, carinho, incentivo e compreensão. Seu apoio foi fundamental para realização deste trabalho.

À Vó Dutra pela fé e confiança depositados em mim.

A todos os meus familiares que torceram e acreditaram no meu sucesso. A vocês a minha eterna gratidão.

Aos grandes amigos Laércio Junio da Silva, Marcelo Coelho Sekita e Paulo César Hilst pela ajuda na elaboração de todas as etapas do meu trabalho, ensinamentos e parceria sempre. E aos demais colegas do Laboratório de Sementes pelo companheirismo, ajuda e agradáveis momentos que dividimos.

Aos muitos amigos que fizeram parte dos momentos felizes e conviveram comigo em Viçosa.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Kássia de Assis Pereira Armondes, filha de Antônio Pereira Armondes e Maria do Carmo Monteiro de Assis Armondes, nasceu na cidade de Miracema do Tocantins - TO, no dia 15 de agosto de 1983.

Em 2003 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa, estado de Minas Gerais.

Em 2007 participou de um estágio internacional em propriedade agrícola na cidade de Tommerup, Dinamarca.

Em 2010 concluiu o curso de Agronomia, recebendo o título de Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa.

Em 2011 iniciou, nesta mesma instituição, o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na área de Produção e Tecnologia de Sementes.

SUMÁRIO

Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
1. Introdução	1
2. Material e Métodos	5
2.1 Condicionamento das sementes.....	5
2.2 Avaliações.....	6
2.2.1 Germinação	6
2.2.2 Primeira contagem de germinação.....	6
2.2.3 Índice de velocidade de germinação.....	6
2.2.4 Velocidade de germinação.....	7
2.2.5 Emergência das plântulas	7
2.2.6 Índice de velocidade de emergência	7
2.2.7 Velocidade de Emergência	8
2.2.8 Comprimento de hipocótilo e radícula e massa seca de plântulas	8
2.2.9 Teste de envelhecimento acelerado	8
2.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	8
3. Resultados e Discussão.....	10
4. Conclusões.....	24
5. Referências bibliográficas	25

RESUMO

ARMONDES, Kássia de Assis Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Condicionamento osmótico e desempenho de sementes de repolho com diferentes níveis de vigor.** Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

O desempenho das sementes após a semeadura é determinado principalmente pela sua qualidade fisiológica e sanitária que garante um adequado estabelecimento das plantas em campo. O condicionamento osmótico, usado como tratamento pré-semeadura, vem sendo indicado como alternativa para aumentar a germinação das sementes e também para proporcionar emergência mais rápida e uniforme, especialmente de hortaliças. Portanto, avaliou-se o efeito do condicionamento osmótico sobre o desempenho de sementes de repolho com diferentes níveis de vigor. O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas sementes de quatro lotes repolho, cultivar “60 dias”, com diferentes níveis de qualidade fisiológica. As sementes de cada lote foram condicionadas em solução aerada de polietileno glicol 6000 no potencial $-1,0$ MPa pelos períodos de 2, 4 e 6 dias a 20° C. As sementes de cada tratamento foram submetidas ao teste de germinação calculando-se a primeira contagem de germinação aos cinco dias após semeadura, a germinação final aos dez dias após a semeadura, o índice de velocidade de germinação e a velocidade de germinação. Avaliou-se também a porcentagem de emergência de plântulas, o índice de velocidade de emergência (IVE) e a velocidade de emergência, em bandejas contendo areia em casa de vegetação. Ainda para avaliar o vigor das sementes, foi realizado o teste de envelhecimento acelerado, o comprimento de hipocótilo e radícula e a massa seca das plântulas. Concluiu-se que o osmocondicionamento é eficiente para melhorar a germinação e o vigor das sementes de repolho, principalmente quando se utiliza a embebição das sementes em solução aerada de PEG-6000 a $-1,0$ MPa, pelo período de seis dias. Efeitos positivos do condicionamento osmótico na germinação e vigor das sementes foram mais evidentes em lotes de menor qualidade fisiológica. A secagem das sementes após o condicionamento osmótico pode diminuir os efeitos benéficos do osmocondicionamento em sementes de repolho.

ABSTRACT

ARMONDES, Kássia de Assis Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2013. **Osmotic priming and performance of cabbage seeds with different levels of vigor.** Advisor: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

The performance of the seeds after sowing is mainly determined by its physiological and sanitary quality that ensures adequate plant establishment in the field. Priming, used as pre-sowing treatment, has been recommended as an alternative to increase seed germination and also to provide more rapid and uniform emergence, especially for vegetable seeds. Therefore, we evaluated the effect of priming on the performance of cabbage seeds with different levels of vigor. The experiment was conducted at Seed Laboratory of the Department of Plant Science at Federal University of Viçosa. Seeds of four lots of cabbage cultivar "60 days", with different levels of vigor were used. The seeds of each lot were primed in aerated polyethylene glycol 6000 at -1.0 MPa potential for periods of 2, 4 and 6 days at 20 ° C. The seeds of each treatment were subjected to germination test, calculating the index of germination speed and germination rate by counting the germinated seeds from the first day until five days after sowing, and the germination value was obtained after ten days after sowing. The percentage of seedling emergence, the rate of emergence speed and emergence rate were assessed by a germination test in trays containing sand in a greenhouse. For assessing seed vigor was performed accelerated aging test and the length of hypocotyl and radicle and seedling dry mass were measured. It was concluded that priming is effective to improve the germination and vigor of cabbage seeds, mainly when seed imbibition was done in aerated PEG-6000 -1.0 MPa for a period of six days. Positive effects of priming on germination and vigor were more evident in seed lots with low vigor. Seed drying after priming may decrease the beneficial effects of priming on cabbage seeds.

1. Introdução

O desempenho das sementes após a semeadura é determinado principalmente pela sua qualidade fisiológica e sanitária, que irá determinar o estabelecimento adequado de plantas em campo ou no viveiro, aspecto fundamental para que sejam alcançados níveis satisfatórios de produtividade e de qualidade final do produto.

O estabelecimento adequado do estande é decorrência do vigor das sementes, que determina, muitas vezes, a velocidade de germinação e emergência das plântulas (Kikuti e Marcos Filho, 2007). A rapidez na germinação é muito importante porque reduz o grau de exposição das sementes e das plântulas às intempéries. Em culturas de ciclo curto, como as hortaliças, o período de tempo compreendido entre a semeadura e a emergência das plântulas representa uma das fases críticas do ciclo das plantas, de modo que a uniformidade e a porcentagem de emergência assumem grande importância na produção e qualidade final do produto (Dias et al., 1999).

A obtenção de uma população adequada e uniforme de plantas em campo é um dos principais fatores determinantes da qualidade final do produto olerícola (Nyarko et al., 2006). Assim, os efeitos do vigor de sementes no estabelecimento do estande podem ser especialmente críticos para culturas que requerem distribuição espacial de plantas para maximizar seu rendimento como alface, repolho, cebola e couve-flor (TeKrony e Egli, 1991). Nesse sentido, o atraso na emergência das plântulas pode reduzir a uniformidade das plantas por ocasião da colheita e a produção. No entanto, o efeito direto do vigor de sementes sobre o desenvolvimento da planta e a produção ainda é controverso. Neste contexto, justifica-se o uso de tratamentos que acelerem a emergência das plântulas, resultando em maior segurança quanto à obtenção de populações desejadas de plantas por área, especialmente sob condições adversas. Tratamentos pré-semeadura vem sendo estudados como alternativa para aumentar a germinação das sementes e também para proporcionar emergência mais rápida e uniforme (Nascimento, 2005; Pereira et al, 2008; Marcos Filho e Kikuti, 2008).

Dentre estas técnicas destaca-se o condicionamento osmótico ou “priming” (Khan, 1992), que consiste em embeber as sementes em uma solução osmótica por determinado período e após isso, secá-las para o grau de umidade inicial (Nascimento, 1998). No condicionamento osmótico, as fases iniciais da germinação (fase I e II) ocorrem sem atingir o estágio de emergência da radícula (fase III), segundo o padrão trifásico proposto por Bewley e Black (1994).

As técnicas de condicionamento incluem a hidratação das sementes em soluções osmóticas de polietilenoglicol (PEG) ou sais, em que as sementes são colocadas em contato com material sólido hidratado de baixo potencial mátrico (hidrocondicionamento), em atmosfera úmida (exposição à alta umidade relativa) (Van Pijlen et al., 1996) ou por meio de tambor rotativo (Rowse, 1996).

Atualmente, existem várias técnicas de condicionamento desenvolvidas incluindo hidrocondicionamento (imersão em água), osmocondicionamento (imersão em soluções de sais inorgânicos e soluções de diferentes concentrações osmótica), termocondicionamento (tratamento de sementes com baixas ou altas temperaturas) e biocondicionamento (hidratação utilizando compostos biológicos, por exemplo, bactérias) (Ashraf e Foolad 2005). Cada tratamento tem vantagens e desvantagens e podem ter diferentes efeitos, dependendo da espécie, vigor da semente, concentração do agente de ativação e período de incubação (Tzortzakis, 2009).

Em geral, o condicionamento osmótico é uma técnica de embebição das sementes em solução osmótica, pelo acréscimo de solutos orgânicos como polietilenoglicol (PEG 6000) ou inorgânicos, tais como NaCl, KNO₃ e MgSO₄, entre outros, por período de tempo determinado. Estes são osmoticamente ativos e reduzem o potencial hídrico da solução de embebição das sementes, permitindo o controle do nível de embebição das mesmas. O PEG por ter alto peso molecular (6000 ou 8000) é um dos agentes osmóticos mais utilizados, pois produz uma solução caracterizada como inerte, estável e sem efeitos tóxicos. Em seguida, é realizada a secagem das sementes para o grau de umidade inicial. Deste modo, este tratamento é muito vantajoso, pois as sementes podem ser manuseadas e/ou armazenadas por períodos curtos (alguns meses) sem perder a viabilidade (Nascimento, 2004). Durante o condicionamento vários processos começam a se desenvolver. Entre eles temos o armazenamento de material de ativação e síntese de enzimas e ácidos nucleicos, acúmulo de substâncias de crescimento, síntese de ATP e reparação de membrana citoplasmática. (Armin et al., 2010).

As sementes atingem elevados teores de água ao final do osmocondicionamento, o que é inadequado para a conservação do potencial fisiológico durante o armazenamento. Sendo assim, uma etapa importante após o condicionamento fisiológico é a secagem, uma vez que as técnicas utilizadas com a finalidade de diminuir o teor de água das sementes podem reverter os efeitos benéficos do condicionamento e diminuir o potencial de armazenamento das sementes (Marcos Filho et al., 2008).

Existem controvérsias relacionadas ao efeito da secagem logo após o condicionamento osmótico (Caseiro e Marcos Filho, 2005). Em alguns estudos, a secagem reverteu os efeitos benéficos do osmocondicionamento (Rowse, 1996), mas em alguns os resultados foram favoráveis (Balbinot e Lopes, 2006; Fanan e Novembre, 2007, Gomes et al., 2012). Para Marcos Filho et al. (2008), o condicionamento fisiológico e secagem em sementes de couve flor não afetaram a porcentagem de germinação, mas houve efeito dos tratamentos sobre a velocidade de germinação. Testando formas diferentes de secagem em sementes de cebola osmocondicionadas, Caseiro et al. (2005) observaram sensibilidade à dessecação apenas em sementes que sofreram secagem lenta (por um período superior a 24 horas). Para estes autores, as sementes que já haviam iniciado as atividades metabólicas durante o osmocondicionamento e ainda foram submetidas a secagem por períodos longos, de 72 e 120 horas, tiveram o processo de germinação interrompido sem que houvesse início da secagem imediata sofrendo danos mais severos.

Segundo Lin et al. (2005), as respostas de sementes condicionadas parecem ser específicas para cada espécie e depende das condições de secagem. De acordo com Vertucci e Farrant (1995) quando há atividades catabólicas associadas com alto grau de umidade, as células tolerantes a dessecação podem sofrer danos se permanecerem nessas condições por longos períodos. Assim, a tolerância a dessecação das sementes osmocondicionadas dependem também da maneira como é realizada a secagem.

Vários estudos demonstram que o condicionamento fisiológico melhora o desempenho de sementes de diferentes espécies, como: berinjela (*Solanum melongena*) (Fanan e Novembre, 2007), couve-flor (*Brassica oleracea*) (Marcos Filho e Kikuti, 2008), aspargo (*Asparagus officinalis* L.) (Bittencourt et al., 2004), cenoura, (Pereira et al., 2008), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) (Nascimento, 2005), alface (*Lactuca sativa* L.) (Menezes et al., 2006), pepino (*Cucumis sativus*) (Lima e Marcos Filho, 2009) e pimentão (Albuquerque et al., 2009).

Contudo, são escassas as pesquisas sobre condicionamento osmótico em sementes de brássicas. Rao et al. (1987) verificaram benefícios à emergência de plântulas de couve-de-bruxelas e de couve comum. Fujikura et al. (1993) destacaram em sementes de couve-flor efeitos benéficos do condicionamento osmótico sobre a velocidade de germinação, enquanto Thornton e Powell (1995) relataram vantagens quanto à velocidade de germinação e à tolerância às condições do teste de deterioração controlada, após o hidrocondicionamento.

Diante disto e da escassez de informações relacionadas ao osmocondicionamento osmótico de sementes de repolho, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento osmótico sobre o desempenho fisiológico de sementes de repolho com diferentes níveis de vigor.

2. Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados quatro lotes de sementes de repolho do cultivar '60 dias' apresentando diferentes níveis de qualidade fisiológica.

2.1 Condicionamento das sementes

As sementes de cada lote foram condicionadas em solução de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) no potencial $-1,0$ MPa, sendo que a concentração da solução foi definida conforme Villela et al. (1991). Como testemunha, foram utilizadas sementes não condicionadas.

Para o condicionamento osmótico das sementes foi seguida a metodologia proposta por Pereira et al. (2008), que consistiu em manter as sementes em solução aerada. Neste método, 2,0g de sementes foram colocadas em erlenmeyers (250ml) contendo 40,0 ml de solução osmótica. Os erlenmeyers foram tampados com rolha de borracha, acoplada a uma bomba de aquário para promover a aeração das soluções. O sistema foi mantido em incubadora BOD a 20°C , por períodos de dois, quatro e seis dias.

Logo após o condicionamento osmótico, as sementes foram submetidas à determinação do grau de umidade em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas (Brasil, 2009).

As sementes de cada lote foram divididas em duas porções. A primeira foi submetida à secagem artificial em estufa regulada na temperatura de 25°C com ventilação forçada até atingir grau de umidade próximo ao grau de umidade inicial do lote (antes do condicionamento). A outra porção não sofreu processo de secagem e foi submetida às avaliações logo após o condicionamento osmótico.

Os tratamentos consistiram na combinação dos tempos de condicionamento e do uso ou não da secagem da seguinte forma:

T1 – Testemunha (não condicionada);

T2 – Sementes condicionadas por dois dias, sem secagem;

T3 – Sementes condicionadas por quatro dias, sem secagem;

- T4 – Sementes condicionadas por seis dias, sem secagem;
- T5 – Sementes condicionadas por dois dias, com secagem;
- T6 – Sementes condicionadas por quatro dias, com secagem;
- T7 – Sementes condicionadas por seis dias, com secagem.

As sementes de cada lote, com e sem secagem, foram então avaliadas quanto à qualidade fisiológica.

2.2 Avaliações

2.2.1 Germinação

Foi realizado com quatro repetições de 50 sementes dispostas em caixas plásticas tipo gerbox sobre três folhas de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. O conjunto foi mantido em em germinador a 20° C. A avaliação da porcentagem de plântulas normais foi realizada no quinto e no décimo dia após a montagem do teste (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.2.2 Primeira contagem de germinação

Foi realizado juntamente com o teste de germinação e consistiu na contagem do número de plântulas normais aos cinco dias após a sementeira do teste (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.2.3 Índice de velocidade de germinação

Efetuada juntamente com o teste de germinação, procedendo-se a contagem diária do número de plântulas normais. O índice de velocidade de germinação foi calculado pela seguinte fórmula (Maguire, 1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVG – Índice de Velocidade de Germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n – Número de plântulas normais na primeira, segunda , ..., e última contagens;

N_1, N_2, \dots, N_n – Número de dias decorridos da sementeira até a primeira, segunda, ..., e última contagens.

2.2.4 Velocidade de germinação

Conduzido juntamente com o teste de germinação, sendo considerados os dados obtidos das contagens diárias. A velocidade de germinação foi calculada de acordo com a metodologia proposta por Edmond e Drapala (1958):

$$VG = \frac{(N_1 G_1)}{G_1} + \frac{(N_2 G_2)}{G_2} + \dots + \frac{(N_n G_n)}{G_n}$$

Em que:

G_1, G_2, \dots, G_n – Número de sementes germinadas na primeira, segunda, ..., e última contagens;

N_1, N_2, \dots, N_n – Número de dias decorridos da sementeira até primeira, segunda, ..., e última contagens.

Os resultados foram expressos em dias para cada tratamento.

2.2.5 Emergência das plântulas

O teste foi conduzido em casa de vegetação. Para tanto, quatro repetições de 50 sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo substrato areia. O substrato foi umedecido até atingir 60% da capacidade de retenção de água, e sempre que necessário, foram efetuadas irrigações. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas emergidas até a estabilização das contagens, que ocorreu aos 12 dias. O resultado consistiu na porcentagem total de plântulas emergidas.

2.2.6 Índice de velocidade de emergência

Foi calculado com os dados da contagem diária do número de plântulas emergidas do teste de emergência utilizando-se a fórmula de Maguire (1962).

2.2.7 Velocidade de Emergência

Foi calculado com os dados da contagem diária do número de plântulas emergidas do teste de emergência de acordo com a metodologia proposta por Edmond e Drapala (1958).

2.2.8 Comprimento de hipocótilo e raiz primária e massa seca de plântulas

Foi conduzido juntamente com o teste de emergência. Aos 12 dias após a semeadura, as plântulas consideradas normais foram cuidadosamente removidas do substrato e lavadas em água corrente. Em seguida, foi determinado, com auxílio de régua graduada, o comprimento do hipocótilo e da radícula de cada plântula. As plântulas foram então levadas para estufa de circulação de ar forçada, regulada a 70°C, até atingirem peso constante, para determinação da massa seca. As pesagens foram realizadas em balança analítica com precisão de 0,001g. Os dados de comprimento foram expressos em cm/plântula e os de massa seca em mg/plântula.

2.2.9 Teste de envelhecimento acelerado

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes distribuídas uniformemente em camada única sobre bandeja de tela acoplada à caixa gerbox contendo ao fundo 40 mL de água destilada. Os gerbox foram tampados de modo a se obter cerca de 100% de umidade relativa em seu interior e foram mantidos em incubadora BOD a 45 °C por 48 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, com avaliação do número de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Marcos Filho et al., 2000).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados obtidos para cada lote foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

3. Resultados e Discussão

A caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes dos quatro lotes utilizados no experimento encontram-se na Tabela 1. Verificou-se, pela maioria dos testes empregados, que o lote 1 não diferiu significativamente do lote 2, os quais se destacaram quanto à qualidade fisiológica. Nota-se ainda que, o lote 1 se destacou em relação ao lote 3, cujos valores de germinação e primeira contagem não diferiram significativamente daqueles obtidos para o lote 2. Em geral, pior desempenho foi obtido para as sementes do lote 4, conforme pode ser observado pelos resultados de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação (IVG). Contudo, pelos resultados de porcentagem e índice de velocidade de emergência (IVE), verifica-se menores valores para as sementes do lote 3, que foi inferior aos demais, seguidas pelas sementes do lote 4. Em geral, considerando os resultados da maioria dos testes aplicados, pode-se afirmar que os lotes 1 e 2 apresentaram qualidade fisiológica superior em relação aos lotes 3 e 4. Segundo Kikuti et al. (2009), a utilização de lotes com diferenças no potencial fisiológico inicial é uma garantia da aplicação correta dos métodos utilizados para o condicionamento.

Tabela 1. Caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes dos quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias': germinação (GER), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EME) e índice de velocidade de emergência (IVE).

LOTE	GER %	PC %	IVG	EMER %	IVE
1	94 a	85 a	11,98 a	83 ab	3,66 ab
2	90 ab	82 ab	11,76 a	91 a	4,14 a
3	84 b	71 b	11,21 a	59 c	1,68 c
4	71 c	43 c	7,51 b	77 b	3,41 b
CV (%)	5,16	8,23	7,22	7,80	9,56

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pela Tabela 2, observa-se que não houve efeito do condicionamento osmótico na germinação das sementes os lotes 1 e 2, o que pode ser atribuído à sua alta qualidade fisiológica. O condicionamento fisiológico contribuiu para aumentar a germinação das sementes dos lotes 3 e 4, classificados como de média e baixa qualidade fisiológica

conforme os resultados dos testes de avaliação da qualidade inicial (Tabela 1). Para as sementes do lote 3, o osmocondicionamento por quatro e seis dias foi benéfico à germinação independente de se utilizar ou não a secagem das sementes após o tratamento, aumentado em até 11% o valor da germinação. Para as sementes do lote 4, o condicionamento osmótico por seis dias sem secagem das sementes foi superior à testemunha não condicionada e destacou-se também em relação aos demais tratamentos de condicionamento empregados (Tabela 2).

Alguns autores mencionam que o sucesso do condicionamento osmótico depende, dentre outros fatores, da qualidade inicial do lote (Nascimento e Aragão, 2002). Em geral, lotes de alta qualidade fisiológica não respondem satisfatoriamente ao tratamento. Entretanto, o condicionamento osmótico tem revigorado lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica de algumas espécies (Costa e Vilela, 2006; Bittencourt et al., 2004). No presente trabalho, o lote de sementes com baixa qualidade fisiológica, que inicialmente possuía 71% de germinação atingiu 82% de germinação (Tabela 2), quando as sementes foram condicionadas por seis dias sem secagem, valor este que está acima do padrão mínimo de germinação estabelecido para a comercialização das sementes de repolho que é de 80% (MAPA, 2011) (Tabela 2).

O condicionamento fisiológico seguido de secagem em sementes de couve flor do cultivar Sharon, não afetou significativamente a porcentagem de germinação (Marcos Filho et al., 2008). Também em relação aos resultados de porcentagem de germinação em sementes de berinjela há a possibilidade de condicionamento fisiológico com PEG 6000 a -1,0 MPa seguido de secagem (Fanan e Novembre, 2007).

Tabela 2. Germinação de sementes de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico seguido ou não de secagem.

Tratamento	Germinação (%)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	94 a	90 a	84 b	71 bc
PEG 6000 2dias SS	93 a	89 a	89 ab	57 d
PEG 6000 4dias SS	90 a	90 a	91 a	67 c
PEG 6000 6dias SS	91 a	95 a	93 a	82 a
PEG 6000 2dias CS	95 a	93 a	89 ab	67 c
PEG 6000 4dias CS	92 a	89 a	92 a	71 bc
PEG 6000 6dias CS	92 a	88 a	95 a	78 ab
CV (%)	4,55	5,04	3,36	8,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste deTukey ($p < 0,05$).

Os dados de primeira contagem de germinação estão apresentados na Tabela 3. As sementes dos lotes considerados de maior vigor (lotes 1 e 2) não sofreram influência dos tratamentos de condicionamento osmótico, assim como também observado para os resultados de germinação (Tabela 1). Já para as sementes dos lotes 3 e 4, o osmocondicionamento por quatro e seis dias, para o lote 3, e por seis dias para o lote 4, ambos com e sem secagem, foram eficientes em aumentar a germinação na primeira contagem. A primeira contagem de germinação pode ser utilizada como um indicativo da velocidade de germinação (Nakagawa, 1999). Deste modo, pode-se afirmar que o condicionamento osmótico foi eficiente para acelerar a germinação das sementes destes lotes.

Verifica-se, portanto, que o condicionamento osmótico foi efetivo para as sementes de média e baixa qualidade (lote 3 e 4, respectivamente), aumentando os valores de primeira contagem em aproximadamente 20% para o lote 4. Nota-se também que, tanto para a germinação (Tabela 2) quanto a primeira contagem de germinação (Tabela 3), o condicionamento osmótico das sementes por seis dias, seguido ou não de secagem, foi benéfico. Resultado similar foi encontrado por Pereira et al. (2008) trabalhando com sementes de cenoura, ao concluírem que é possível melhorar a germinação das sementes dessa espécie por meio do condicionamento com PEG 6000 pelo método de solução aerada. Porém, em sementes de couve flor, cultivar Sharon, não houve efeito do condicionamento fisiológico sobre a porcentagem de germinação (Kikuti et al., 2009).

Tabela 3. Primeira contagem de germinação de sementes de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Primeira Contagem (%)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	85 a	90 a	84 b	43 b
PEG 6000 2dias SS	89 a	89 a	89 ab	46 b
PEG 6000 4dias SS	85 a	90 a	91 a	58 ab
PEG 6000 6dias SS	82 a	95 a	93 a	62 a
PEG 6000 2dias CS	86 a	93 a	89 ab	51 ab
PEG 6000 4dias CS	81 a	89 a	92 a	51 ab
PEG 6000 6dias CS	89 a	88 a	95 a	62 a
CV (%)	7,00	5,78	5,80	13,19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Assim como nos resultados de primeira contagem, os valores IVG (Tabela 4) foram influenciados pelos tratamentos de condicionamento fisiológico. Apenas para as sementes do lote 1 não foi observado efeito dos tratamentos. Já para as sementes dos demais lotes, destaca-se o condicionamento com PEG 6000 a -1,0 MPa por seis dias, sem secagem, que contribuiu para aumentar o IVG em relação à testemunha não condicionada, o que indica que após a aplicação deste tratamento de condicionamento as sementes germinaram mais rápido.

Tabela 4. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Índice de Velocidade de Germinação			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	11,97 a	11,76 bc	11,21 c	7,51 bc
PEG 6000 2dias SS	13,95 a	13,06 ab	15,41 b	6,42 c
PEG 6000 4dias SS	12,76 a	13,00 ab	15,10 b	9,33 ab
PEG 6000 6dias SS	13,87 a	14,73 a	19,35 a	10,10 a
PEG 6000 2dias CS	12,42 a	11,91 bc	11,06 c	7,30 bc
PEG 6000 4dias CS	12,16 a	11,38 bc	11,81 c	8,04 abc
PEG 6000 6dias CS	13,22 a	10,18 c	14,43 b	9,36 ab
CV (%)	7,24	6,65	5,14	11,43

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados semelhantes foram obtidos quando se determinou a velocidade de germinação (Tabela 5), onde menores valores, indicando menor número de dias necessários para a germinação, foram obtidos quando se utilizou o osmocondicionamento por seis dias sem secagem das sementes. Com exceção das sementes do lote 4, considerado de baixa qualidade fisiológica (Tabela 1), observa-se que a secagem das sementes após o condicionamento osmótico foi ligeiramente prejudicial ao desempenho das mesmas.

O aumento da velocidade de germinação proporcionado pelo osmocondicionamento já foi verificado para sementes de várias espécies como melão (Demir & Oztokat, 2003), alface (Nascimento, 2003) e salsa (Rodrigues et al., 2009). De acordo com Silva et al. (2010) em sementes de abóbora "brasileirinha" osmocondicionadas a germinação foi mais rápida quando comparadas com aquelas não condicionadas. Os efeitos benéficos do osmocondicionamento podem ser atribuídos ao reparo das membranas, aumento da síntese de proteínas e mobilização mais eficiente de açúcares e proteínas (Srinivasan et al., 1999).

Há relatos divergentes sobre os efeitos do condicionamento osmótico na porcentagem e velocidade de germinação. Alguns autores reportaram que o principal efeito deste tipo de tratamento é aumentar a porcentagem de germinação (Krarup, 1991, Gray et al., 1991). De acordo com Lima e Marcos Filho (2009), o osmocondicionamento em papel embebido em solução de polietileno glicol (PEG 6000) a -0,2 MPa, revelou-se eficiente, afetando mais claramente a velocidade do que a

porcentagem de germinação de sementes de pepino. Em sementes de alface Rodrigues et al. (2012) encontraram os melhores resultados de IVG quando as sementes foram osmocondicionadas. O índice de velocidade de emissão de radícula também foi maior em sementes de cenoura após o condicionamento osmótico (Lopes et al., 2011).

Utilizando hidrocondicionamento em sementes de cebola Caseiro et al. (2005) observaram que o índice de velocidade de germinação das sementes apenas condicionadas foi superior do que quando estas foram condicionadas e secas, assim com encontrado nas sementes do lote 2 osmocondicionadas com PEG 6000 a -1,0 MPa.

Tabela 5. Velocidade de germinação de sementes de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Velocidade de Germinação (dias)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	3,51 a	3,30 abc	2,68 c	3,47 a
PEG 6000 2dias SS	3,06 b	2,94 c	3,04 bc	2,52 b
PEG 6000 4dias SS	3,11 ab	3,07 bc	3,25 b	2,88 ab
PEG 6000 6dias SS	2,94 b	2,97 c	2,59 c	3,28 ab
PEG 6000 2dias CS	3,52 a	3,51 ab	4,20 a	2,95 ab
PEG 6000 4dias CS	3,31 ab	3,31 abc	4,09 a	2,80 ab
PEG 6000 6dias CS	3,04 b	3,65 a	3,52 b	3,08 ab
CV (%)	5,88	6,98	6,67	12,08

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em geral o condicionamento osmótico não foi eficiente em aumentar a emergência das plântulas dos lotes 1, 2 e 4 (Tabela 6), uma vez que os valores obtidos para as sementes da testemunha não condicionada não diferiu significativamente dos demais tratamentos. Contudo, observa-se para o lote 1, que o osmocondicionamento em PEG 6000 a -1,0 MPa por 6 dias, sem envolver secagem das sementes aumentou a emergência de plântulas em 12 pontos percentuais em relação à testemunha, de modo que a emergência que era de 83% aumentou para 95% após a aplicação deste tratamento. Efeitos positivos do condicionamento osmótico na emergência de plântulas foram observados para as sementes do lote 3, onde o condicionamento em PEG 6000 por 2 e 4 dias com secagem e por 4 dias sem a secagem das sementes foram superiores à testemunha. Nota-se que o menor valor de emergência de plântulas foi observado para

as sementes deste lote (lote 3) (Tabela 1); porém, após o condicionamento osmótico por 6 dias, seguido de secagem das sementes, houve um incremento de 30 pontos percentuais na emergência de plântulas, valor este expressivo quando se consideram as vantagens de se obter uma população de plantas adequada em campo.

Assim como os resultados encontrados para emergência de plântulas nos lotes 3 e 4, Kikuti et al. (2009) trabalhando com sementes de couve flor osmocondicionadas obteve resultados superiores de emergência de plântulas quando as sementes eram de lotes com menor potencial fisiológico, sendo que em lotes com maior vigor os valores obtidos foram inferiores, tal como nos lotes 1 e 2.

Pereira et al. (2008) trabalhando com sementes de cenoura, observaram que o osmocondicionamento contribuiu para aumentar a emergência de plântulas em campo em todos os lotes testados.

Tabela 6. Emergência de plântulas de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidos a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem..

Tratamento	Emergência de plântula (%)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	83 ab	91 a	59 c	77 a
PEG 6000 2dias SS	45 c	80 a	68 bc	83 a
PEG 6000 4dias SS	79 b	92 a	76 ab	81 a
PEG 6000 6dias SS	95 a	90 a	69 bc	72 a
PEG 6000 2dias CS	89 ab	95 a	83 ab	72 a
PEG 6000 4dias CS	34 c	46 b	67 bc	73 a
PEG 6000 6dias CS	89 ab	94 a	89 a	45 b
CV (%)	7,37	11,23	7,94	9,63

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

Pela Tabela 7, observa-se que o condicionamento osmótico por seis dias, sem secagem, aumentou o índice de velocidade de emergência de plântulas, apresentados de todos os lotes de sementes, com exceção do lote 4, para o qual o condicionamento osmótico não foi efetivo. Verifica-se, de modo geral, que para os lotes 1 e 2, de maior vigor, os tratamentos de condicionamento por 4 e 6 dias, sem secagem, e por 2 e 6 dias com secagem foram superiores significativamente à testemunha. Contudo, destaque deve ser dado ao condicionamento por 6 dias sem secagem para ambos os lotes. Nota-se que este tratamento foi vantajoso para ambos os lotes, pois contribuiu para elevar o IVE

de 3.66 (testemunha) para 11.21, nas sementes do lote 1, e de 4,14 (testemunha) para 9,77 nas sementes do lote 2. Nas sementes do lote 3, o condicionamento por 4 dias sem secagem e todos os tratamentos de condicionamento com secagem, independente da sua duração, foram benéficos para a velocidade de emergência em relação à testemunha.

Tabela 7. Índice de velocidade de emergência de plântulas de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidos a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Índice de Velocidade de Emergência			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	3,66 c	4,14 c	1,68 c	3,40 ab
PEG 6000 2dias SS	2,76 d	4,86 bc	2,52 bc	3,35 ab
PEG 6000 4dias SS	4,72 b	5,57 b	2,82 b	4,41 a
PEG 6000 6dias SS	11,21 a	9,77 a	2,60 bc	4,48 a
PEG 6000 2dias CS	5,15 b	5,50 b	3,48 ab	3,04 b
PEG 6000 4dias CS	1,18 e	1,45 d	2,96 ab	2,32 bc
PEG 6000 6dias CS	4,83 b	4,65 bc	3,99 a	1,46 c
CV (%)	6,36	8,25	16,54	15,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Bradford (1986) afirmaram que durante o condicionamento osmótico, em PEG ou soluções salinas, há um acúmulo de solutos que resulta em aumento na pressão de turgescência das células devido à hidratação, o que acarreta a protrusão mais rápida da radícula. Portanto, o condicionamento osmótico pode ser utilizado como estratégia para acelerar a germinação das sementes, especialmente sob condições adversas de solo e clima, uma vez que acelera o processo de germinação.

De acordo com Bittencourt et al. (2004), dentre os benefícios do condicionamento osmótico está a maior probabilidade de se obter rápida emergência em campo, especialmente sob condições de estresse. Em sementes de pimentão, o condicionamento favoreceu a velocidade de emergência das plântulas (Albuquerque et al., 2009, Roveri-José et al., 2000), assim como observado em sementes de cenoura (Pereira et al., 2008) e de beterraba osmocondicionadas e semeadas em substrato comercial e em solo de área de cultivo com hortaliças (Dias et al., 2009). Em couve flor o hidrocondicionamento promoveu efeitos benéficos sobre a velocidade de germinação e de emergência de plântulas, aspectos diretamente relacionados ao estabelecimento do

estande. Essa situação é vantajosa porque acarreta menor período de exposição das sementes a fatores adversos de ambiente após a semeadura (Marcos Filho et al., 2008). Assim como observado nos tratamentos de osmocondicionamento por quatro dias com secagem dos lotes 1 e 2 e no tratamento com condicionamento fisiológico por seis dias seguido de secagem do lote 4, em sementes de pepino osmocondicionadas seguidas de secagem houve redução na emergência das plântulas em campo (Theodoro et al., 2012).

Os resultados de massa seca de plântulas estão apresentados na Tabela 8. Observa-se que houve efeito do condicionamento osmótico em todos os lotes testados. Para o lote mais vigoroso (lote 1), o condicionamento osmótico por quatro e seis dias sem secagem elevou os valores de massa seca de plântulas em relação à testemunha. Para o Lote 2, o condicionamento osmótico por seis dias, sem secagem, proporcionou maior valor de massa seca, porém, o condicionamento osmótico por dois dias, seguido de secagem, não diferiu desse tratamento. Já para o lote 3, o condicionamento osmótico por quatro dias, seguido ou não de secagem, e por seis dias, seguido de secagem foram os que apresentaram os melhores resultados. O condicionamento das sementes do lote 4 por quatro e seis dias, sem secagem, proporcionou valores de massa seca de plântulas superiores aos da testemunha não condicionada.

Em sementes de pepino a massa seca da raiz sofreu redução quando o osmocondicionamento foi seguido de secagem, mas a massa seca da parte aérea não sofreu influência dos tratamentos de condicionamento osmótico seguidos ou não de secagem. (Theodoro et al., 2012).

O condicionamento osmótico proporcionou aumento na massa seca de plântulas obtidas de sementes de cenoura (Magalhães et al., 2004). Estes resultados são diferentes dos encontrados por Hölbig et al. (2010), onde o osmocondicionamento não proporcionou maior desenvolvimento de plântulas e nem maior acúmulo de matéria seca.

Tabela 8. Massa seca de plântulas de quatro lotes repolho, cultivar '60 dias', submetidos a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Massa Seca de Plântulas (mg,plântula-1)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	5,53 bc	6,04 b	7,23 bc	5,13 bc
PEG 6000 2dias SS	4,15 cd	5,09 b	12,15 a	3,13 c
PEG 6000 4dias SS	9,05 a	6,76 b	9,67 abc	8,11 a
PEG 6000 6dias SS	10,00 a	8,91 a	7,92 c	6,41 ab
PEG 6000 2dias CS	6,07 b	7,11 ab	9,20 abc	4,30 bc
PEG 6000 4dias CS	3,46 d	6,39 b	11,31 a	4,89 bc
PEG 6000 6dias CS	6,32 b	5,02 b	10,96 ab	4,96 bc
CV (%)	11,92	12,98	16,61	19,15

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os dados de comprimento de parte aérea das plântulas estão apresentados na Tabela 9. Observa-se que, para o lote 1, classificado como de alta qualidade fisiológica pelos testes de avaliação da qualidade inicial das sementes (Tabela 1), o condicionamento osmótico por seis dias, seguido ou não de secagem, proporcionou plântulas com maior comprimento, ou seja, mais vigorosas. Para as sementes dos demais lotes os tratamentos de condicionamento não diferiram significativamente da testemunha não condicionada. Assim, para esta característica o condicionamento osmótico foi benéfico apenas para o lote de maior vigor, não confirmando os resultados obtidos para a massa seca de plântulas onde o condicionamento osmótico foi efetivo para todos os lotes, independente do nível de qualidade fisiológica (Tabela 8).

Resultado semelhante foi obtido por Gomes et al. (2012) avaliando o vigor de sementes de berinjela secadas e não secadas após o osmocondicionamento, onde os valores de comprimento de parte aérea e matéria seca das plântulas foram maiores no lote com maior qualidade fisiológica independente da secagem.

Tabela 9. Comprimento de parte aérea de plântulas de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidos a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Comprimento de Parte Aérea (cm,plântula-1)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	1,50 b	1,75 ab	1,00 ab	1,43 ab
PEG 6000 2dias SS	1,40 b	1,68 ab	0,90 b	1,63 a
PEG 6000 4dias SS	1,45 b	1,50 b	0,88 b	1,48 ab
PEG 6000 6dias SS	1,88 a	2,03 ab	0,97 ab	1,73 a
PEG 6000 2dias CS	1,35 b	2,28 a	0,91 ab	1,60 b
PEG 6000 4dias CS	1,40 b	1,68 ab	1,10 a	1,98 a
PEG 6000 6dias CS	2,05 a	1,90 ab	1,07 ab	1,58 a
CV (%)	7,10	16,96	9,62	9,27

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao comprimento de radícula, apresentados na Tabela 10, com exceção do lote 3, observa-se efeito negativo do condicionamento osmótico nesta característica, ou seja, na maioria dos tratamentos houve redução do comprimento da radícula, especialmente para os lotes 1 e 2, de maior qualidade fisiológica. Para o lote 3, o condicionamento osmótico em PEG 6000 por dois dias, seguido de secagem, foi o único tratamento que contribuiu para aumentar significativamente o comprimento de radícula. Segundo Theodoro et al. (2012), o comprimento de hipocótilo e raiz de plântulas de pepino foi reduzido com o condicionamento das sementes em PEG 6000 no potencial de -1,2 MPa, sem posterior secagem das sementes, quando comparado à testemunha não condicionada. Segundo Trigo et al. (1999) o condicionamento osmótico com PEG 6000 a -0,8 MPa, seguido de secagem, também afetou negativamente o comprimento de raiz de pepino. Este resultado reforça as evidências de que potenciais osmóticos mais negativos podem prejudicar o crescimento normal das plântulas. Em sementes de melão, Armim et al., 2010 não encontraram efeito significativo do condicionamento osmótico no comprimento de radícula, em relação a testemunha não condicionada.

Tabela 10. Comprimento de radícula de plântulas de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidos a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Comprimento de radícula (cm,plântula-1)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	4,13 a	4,30 a	2,51 b	1,95 a
PEG 6000 2dias SS	1,30 d	1,43 c	2,97 ab	1,15 b
PEG 6000 4dias SS	1,68 cd	1,63 c	2,75 ab	2,00 a
PEG 6000 6dias SS	2,15 bc	3,35 ab	2,44 b	1,53 ab
PEG 6000 2dias CS	1,43 d	2,90 b	3,67 a	0,98 b
PEG 6000 4dias CS	1,85 cd	2,70 b	3,50 ab	2,25 a
PEG 6000 6dias CS	2,50 b	1,93 c	3,23 ab	2,15 a
CV (%)	12,82	11,51	16,25	18,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se efeito positivo do condicionamento osmótico no vigor das sementes de todos os lotes, conforme os resultados do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 11). Em geral, é possível destacar o condicionamento osmótico por seis dias, sem secagem, que proporcionou os maiores valores em todos os lotes, sendo superior à testemunha não condicionada. Observa-se, para os lotes 3 e 4, classificados como de baixa qualidade fisiológica, um aumento expressivo nos valores obtidos no teste de envelhecimento acelerado após o condicionamento por seis dias sem secagem, atingindo 92% e 49%, respectivamente, enquanto a testemunha apresentou valores de 27% e 0% de plântulas normais. O teste de envelhecimento acelerado está relacionado com a resistência das sementes ao estresse por alta temperatura e umidade. Segundo Caseiro et al. (2005) sementes de cebola condicionadas e secas foram mais resistentes às condições de estresse por alta umidade e temperatura, o que também foi observado em sementes de melão por Nascimento et al. (2004). Resultados semelhantes foram obtidos em sementes de pimenta amarela comprida, onde o condicionamento em PEG 6000 a -1,1 MPa contribuiu para melhorar o vigor (Fialho et al., 2010) e em sementes de pimentão que suportaram melhor ao teste de envelhecimento acelerado quando foram submetidas ao osmocondicionamento (Kikuti et al., 2005). De acordo com Hölbig et al., (2010) o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado em sementes de cenoura recobertas por polímeros foi superior quando as sementes foram osmocondicionadas.

Tabela 11. Plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de sementes de quatro lotes de repolho, cultivar '60 dias', submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico, seguidos ou não de secagem.

Tratamento	Envelhecimento Acelerado (%)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Testemunha	7 c	21 c	27 c	0 e
PEG 6000 2dias SS	79 a	74 a	85 a	35 b
PEG 6000 4dias SS	68 ab	58 b	85 a	27 bc
PEG 6000 6dias SS	73 a	69 ab	92 a	49 a
PEG 6000 2dias CS	55 b	7 d	63 b	6 cde
PEG 6000 4dias CS	18 c	17 cd	65 b	6 de
PEG 6000 6dias CS	67 ab	17 cd	81 a	16 cd
CV (%)	10,16	13,17	9,19	24,64

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em geral, o condicionamento osmótico não foi efetivo para aumentar a germinação (Tabela 2) e a primeira contagem de germinação (Tabela 3) dos lotes 1 e 2, classificados como mais vigorosos. Porém, mesmo para esses lotes, verificou-se que o tratamento de condicionamento em PEG 6000 a -1,0 MPa por seis dias, sem secagem, contribuiu para melhorar o desempenho das sementes, conforme pode ser observado pelos resultados de índice de velocidade de emergência (Tabela 7), massa seca das plântulas (Tabela 8) e envelhecimento acelerado (Tabela 11).

Para os lotes menos vigorosos (lotes 3 e 4), em geral, houve aumento na germinação (Tabela 2) e na velocidade de germinação, conforme os resultados de primeira contagem de germinação (Tabela 3), índice de velocidade de germinação (Tabela 4) e velocidade de germinação (Tabela 5), observando-se também melhor desempenho das sementes condicionadas em relação à testemunha pelos resultados de envelhecimento acelerado (Tabela 11), principalmente quando condicionadas por seis dias, sem a secagem das sementes após o tratamento. Assim, de modo geral, considerando a maioria dos testes aplicados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, pode-se afirmar que este tratamento de condicionamento foi o que mais contribuiu para melhorar o desempenho das sementes de repolho, especialmente nos lotes de menor qualidade fisiológica. Os efeitos benéficos do osmocondicionamento também foram mais evidentes em sementes de aspargo de baixa qualidade fisiológica (Bittencourt et al., 2004), o que também foi constatado por Szafirawska et al. (1981) que observaram que o osmocondicionamento revigorou lotes de sementes de cenoura

baixo vigor, em sementes de tomate (Rossetto et al., 2002), também em sementes de melão (Nascimento et al., 2004) e em sementes de pimenta “amarela comprida” (Fialho et al., 2010). Parera e Cantliffe (1994) sugerem que o uso de lotes de alto vigor é essencial para se obter resultados satisfatórios com o condicionamento osmótico, o que não tem sido constatado na maioria dos estudos de condicionamento osmótico envolvendo lotes de diferentes níveis de qualidade (Szafirawska et al., 1981; Bittecourt et al., 2004; Fanan e Novembre, 2007; Gomes et al., 2012; Kikuti et al., 2009). De acordo com Powell (1998), durante o processo de deterioração das sementes, quando ocorre desestruturação do sistema de membranas celulares e alterações deletérias em nível subcelular, as sementes ainda retêm a capacidade de germinar, embora a eficiência deste processo fique comprometida. Segundo este autor, o condicionamento osmótico pode promover o ‘envigoramento’ destas sementes, por ativar mecanismos de reparo em nível subcelular que irão refletir em maior velocidade e sincronização da germinação das sementes de um determinado lote. Assim, as repostas de diferentes lotes ao tratamento de condicionamento podem ser explicadas pelo reparo celular que ocorre durante a hidratação controlada das sementes. Em lotes de alto vigor, com menor nível de deterioração, os efeitos deste reparo não sutis, não acarretando ganhos expressivos na velocidade e porcentagem final de germinação. Por outro lado, em lotes de baixo vigor, o reparo metabólico que ocorre durante o tratamento pode reverter alguns danos deletérios provocados pela deterioração, resultando no que pode ser chamado de envigoramento das sementes (Powell, 1998).

4. Conclusões

O condicionamento osmótico é eficiente para melhorar a germinação e o vigor das sementes de repolho, especialmente quando se utiliza a embebição das sementes em solução aerada de PEG-6000 a -1,0 MPa, pelo período de seis dias.

Efeitos positivos do condicionamento osmótico na germinação e vigor das sementes foram mais evidentes em lotes de menor qualidade fisiológica.

A secagem das sementes após o condicionamento osmótico pode diminuir os efeitos benéficos do osmocondicionamento em sementes de repolho.

5. Referências bibliográficas

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. **Advances in Agronomy**, v.88, p.223-271, 2005.

ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARAES, R.M.; GOMES, L.A.A.; VIEIRA, A.R.; JACOME, M.F. Condicionamento osmótico e giberelina na qualidade fisiológica de sementes de pimentão colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.4, p.100-109, 2009.

ARMIN, M.; ASGHARIPOUR, M.; RAZAVI-OMRANI, M. The effect of seed priming on germination and seedling growth of watermelon (*Citrullus Lanatus*). **American-Eurasian Network for Scientific Information Advances in Environmental Biology**, v.4, n.3, p.501-505, 2010.

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**, v.28, n.1, p.1-8, 2006.

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

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**, v.26, n.1, p.50-56, 2004a.

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**, v.26, n.2, p.99-104, 2004b. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília,DF MAPA/ACS, 2009. 395p.

BRASIL. Portaria nº 51, de 2 de março de 2011. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 22 mar. 2011. Seção I, p.7.

CASEIRO, R.F.; MARCOS FILHO, J. Métodos para a secagem de sementes de cebola submetidas ao condicionamento fisiológico. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.887-892, 2005.

COSTA, C.J.; VILLELA, F.A. Condicionamento osmótico de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, 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**, v.31, p.765-770, 2003.

DIAS, M.A.; AQUINO, L.A.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M. Qualidade fisiológica de sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob condicionamento osmótico e tratamentos fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.188-194, 2009.

DIAS, D.C.S.; PAIXÃO, G.P.; SEDIYAMA, M.A.N.; CECON, P.R. Pré-condicionamento de sementes de quiabo: efeitos na qualidade fisiológica e no potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n. 2, p.224-231, 1999.

EDMOND, J.B. & DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.71, p.428-434, 1958.

FANAN, S.; NOVENBRE, A.D.L.C. Condicionamento fisiológico de sementes de berinjela. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 675-683, 2007.

FIALHO, G.S.; SILVA, C.A.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; BARROS, W.S. Osmocondicionamento em sementes de pimenta 'amarela comprida' (*capsicum annum* l.) submetidas à deterioração controlada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 646-652, 2010.

FUJIKURA, Y; KRAAK, H.L.; BASRA, A.S.; KARSSSEN, C.M. Hydropriming, a simple and inexpensive priming method. **Seed Science and Technology**, v.21, p.639-642, 1993.

GOMES, D.P.; SILVA, A.F.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; SILVA, L.J.; PANOZZO, L.E. Priming and drying on the physiological quality of eggplant seeds. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.484-488, 2012.

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

HÖLBIG, L.S.; BAUDET, L.; VILLELA, F.A.; CAVALHEIROS, V. Recobrimento de sementes de cenoura osmocondicionadas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.22-28, 2010.

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

KIKUTI, A.L.P.; KIKUTI, H.; MINAMI, K. Condicionamento fisiológico em sementes de pimentão. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.2, p.243-248, 2005.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Potencial fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.107-113, 2007.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 240-245, 2009.

KRARUP, A. Germinacion, emergencia y evaluacion de coronas de esparragos producidas a partir de semillas acondicionadas com polietilenglicol y sulfato de magnésio. **Agro Sur**, v.19, p.88-93, 1991.

LIMA, L. B.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e relação com o desempenho das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.27-37, 2009.

LIN, R.H.; CHEN, K.Y.; CHEN, C.L.; CHEN, J.J.; SUNG, J.M. Slow post-hydration drying improves initial quality but reduces longevity of primed bitter gourd seeds. **Scientia Horticulturae**, v.106, n.1, p.114 – 124, 2005.

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**, v.28, n.5, p.1007-1014, 2004.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Tamanho da semente e teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agricola**, v. 57, n.3, p. 473-482, 2000.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2008.

MENEZES, N.L.; ESPINDOLA, M.C.G.; PASQUALI, L.L.; SANTOS, C.M.R.; FRAZIN, S. M. Associação de tratamentos pré - germinativos em sementes de alface. **Revista da FZVA**, v.13, n.1, p. 1-11, 2006.

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

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**, v.24, n.1, p.153-157, 2002.

NASCIMENTO, W.M. Preventing thermoinhibition in a thermo-sensitive lettuce genotype by seed imbibition at low temperature. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.477-480, 2003.

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

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças. Circular Técnica Embrapa, v.33, p.12, 2004.

- NASCIMENTO, W.M.; ARAGAO, F.A.S. Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. **Scientia Agricola**, v.61, n.1, p.114-117, 2004.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.211-214, 2005.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.
- NYARKO, G.; ALDERSON, P. G.; CRAIGON, J. Promotion of vigour in cabbage seed by osmotic priming pretreatment at both vernalisation and non-vernalisation temperatures. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.81,n.6,p.971-974, 2006.
- PEREIRA, M. D.; SANTOS, D. C. F.; DIAS, L. A. S.; ARAUJO, E. F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 137-145, 2008.
- RAO, S.C.; AKERS, S.W.; AHRING, R.M. Priming brassica seed to improve emergence under different temperatures and soil moisture conditions. **Crop Science**, v.27, p.1050-1053, 1987.
- RODRIGUES, A.P.D.C.; LAURA, V.A.; CHERMOUNTH, K.S.; GADUM, J. Osmocondicionamento de sementes de salsa (*Petroselinum sativum* Hoffm.) em diferentes potenciais hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1288-1294, 2009.
- ROSSETTO, C.A.V.; LIMA, T.M.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica e potencial de armazenamento de sementes de tomate submetidas ao condicionamento osmótico. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 630-634, 2002.
- ROVERI-JOSÉ SCB; VIEIRA MGGC; GUIMARAES RM. Efeito da temperatura e do período de condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, p.176-184, 2000.
- ROWSE, H.R. Drum priming – a non-osmotic method of priming seeds. **Seed Science and Technology**, v.24, p. 281–294, 1996.
- SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User’s Guide version 9.1 Cary. NC: SAS Institute, 2002.
- SRINIVASAN, K.; SAXENA, S.; SINGH, B.B. Osmo and hydropriming of mustard seeds to improve vigour and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, v.27, p.785-793, 1999.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**,v.31, p.816-822, 1991.

THEODORO, J.V.C.; CÂNDIDO, A.C.S.; ALVES, C.Z. Efeito do condicionamento osmótico e da secagem na germinação e vigor de sementes de pepino. **Visão Acadêmica**, v.13, n. 4, 2012.

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

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

TZORTZAKIS, N.G. Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory. **Horticultural Science**, v.36, p.117–125, 2009.

VAN PIJLEN, J. G.; GROOT, S.P.C.; KRAAK, H.L.; BERGERVOET, J.H.W.; BINO, R.J. Effects of pre-storage hydration treatments on germination performance, moisture content, DNA synthesis and controlled deterioration tolerance of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. **Seed Science Research**, v.6, p.57-63, 1996.

VERTUCCI, C.W.; FARRANT. J.M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**, New York: Marcel Dekker, 1995. p.237-271. VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11-12, p. 1957-1968, 1991.