

## CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E FATORES QUE AFETAM ESSA TÉCNICA: ENVELHECIMENTO DAS SEMENTES E ESTRESSES ABIÓTICOS

---

Alexandre Bosco de Oliveira<sup>1</sup>, Enéas Gomes-Filho<sup>2</sup>, Joaquim Enéas-Filho<sup>2</sup>

1. Professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Piauí, Núcleo de Uruçuí. Brasil. (aleufc@gmail.com)

2. Professor Associado da Universidade Federal do Ceará, Deptº. de Bioquímica e Biologia Molecular e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Brasil (INCTSal)

---

### RESUMO

Sementes envelhecidas e em estágio avançado de deterioração vêm mostrando uma resposta positiva ao incremento na velocidade de germinação, quando submetidas ao osmocondicionamento (*ou priming*), permitindo um melhor aproveitamento dessas sementes. Além disso, diversos benefícios têm sido relatados com o emprego do condicionamento osmótico, dentre eles, o aumento da possibilidade de se obter uma maior porcentagem de germinação de sementes e emergência de plântulas, particularmente sob condições adversas, como baixa disponibilidade hídrica, níveis elevados de salinidade e temperaturas sub e supra-ótimas. Apesar da escassez de pesquisas sobre condicionamento osmótico envolvendo fatores como qualidade fisiológica de sementes, representada pelo envelhecimento acelerado, e estresses abióticos, representado pela salinidade, esta revisão apresenta informações relevantes sobre os diferentes papéis exercidos pelos mesmos sobre o osmocondicionamento osmótico de sementes, o que abre uma possibilidade de avanços no domínio dessa técnica, uma vez que esta tem sido recomendada por vários pesquisadores para reversão de danos causados pelo envelhecimento das sementes e/ou estresses ambientais durante e após a emergência de plântulas no campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade fisiológica de sementes, *osmocondicionamento*, salinidade

### PRIMING AND FACTORS AFFECTING THIS TECHNIQUE: AGING OF SEEDS AND ABIOTIC STRESS

### ABSTRACT

Aged seeds and seeds under advanced stage of deterioration have been showed a positive response in the increase of the germination speed when subjected to the osmoconditioning (or seed priming), allowing a better use of these seeds. Furthermore, several benefits have been reported with the use of seed priming among them, increasing the possibility of obtaining a greater percentage of seed germination and seedling emergence, particularly under adverse conditions such as low water avail-

ability, high levels of salinity and temperature sub and supra-optimal. Despite the dearth of research on priming involving factors such as physiological seed quality, represented by accelerated aging, and abiotic stresses, represented by salinity, this review presents relevant information about the different roles played by them on the osmoconditioning, which opens a possibility of progress in mastering this technique, since it has been recommended by several researchers to reverse damage caused by aging of seeds and environmental stresses during and after the emergence in the field.

**KEYWORDS:** Physiology seed quality, priming, salinity

## INTRODUÇÃO

A qualidade das sementes é um conceito múltiplo que compreende diversos componentes. Para muitos dos que irão utilizá-la, uma semente de qualidade é aquela que vai germinar e está livre de espécies invasoras indesejadas. Este conceito público reflete-se no fato de que para muitos laboratórios de análise de sementes, entre 80 e 90% de todas as análises solicitadas são de pureza e germinação. Contudo, existem outros componentes de qualidade das sementes que podem ser agrupados em três categorias, envolvendo: A descrição – espécie e pureza varietal, pureza analítica, uniformidade e massa da semente; A higiene – contaminação com invasoras nocivas, sanidade da semente, contaminação com insetos e ácaros; e o potencial de desempenho – germinação, vigor, emergência e uniformidade em campo (HAMPTON, 2001).

A utilização de sementes de alta qualidade é um pré-requisito para o estabelecimento rápido e uniforme das plântulas no campo com consequências no estande, na produtividade e na qualidade do produto colhido. A qualidade da semente é particularmente crítica quando são utilizadas novas cultivares ou híbridos, pois, devido ao alto custo, há necessidade de melhores técnicas para se obter melhor emergência. Visando a melhoria na qualidade das sementes e rápido e uniforme estabelecimento das plântulas, diferentes tipos de tratamentos têm sido estudados, dentre eles, o condicionamento osmótico (BRADFORD, 1986).

### 1. Germinação das sementes

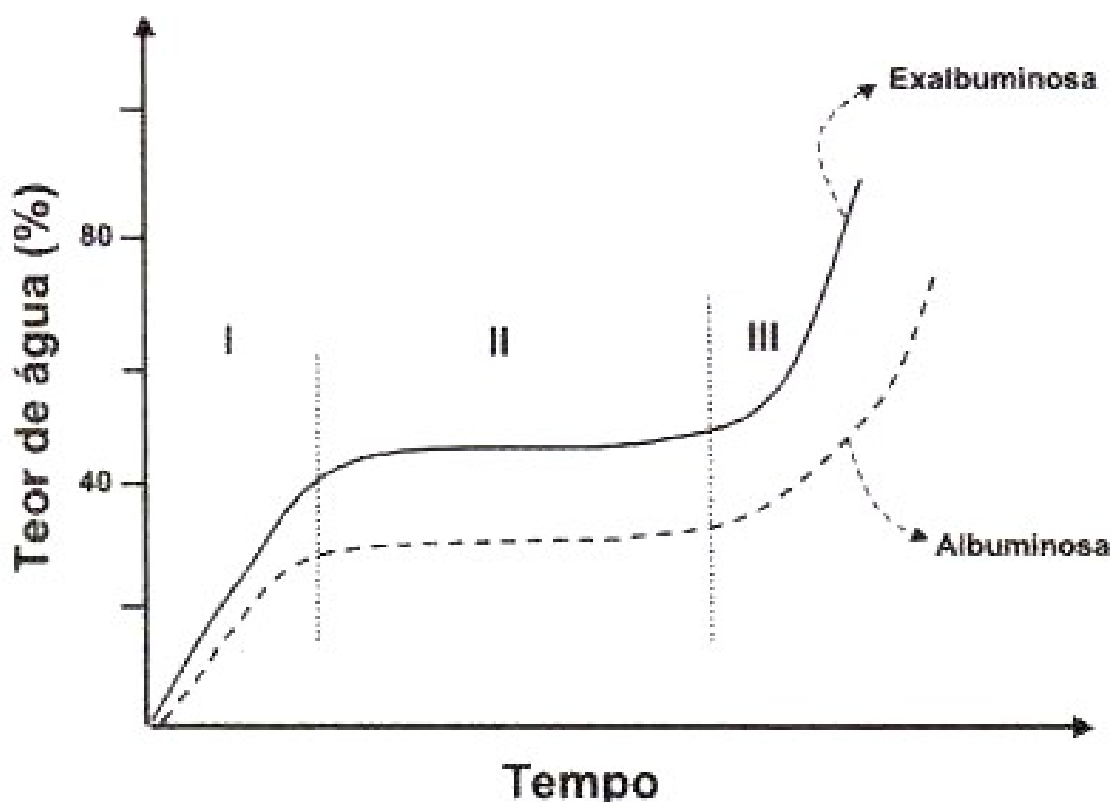
A germinação consiste numa série de eventos que se inicia com a absorção de água pela semente e termina com a emergência da radícula ou de outra parte do embrião (BEWLEY & BLACK, 1994).

Compreende uma sequência ordenada de eventos metabólicos, que resulta no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula (MARCOS-FILHO, 2005). Já COPELAND & McDONALD (1985) conceituam como sendo a reativação do crescimento do embrião, resultando na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula.

De acordo com as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 1992), a germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo.

### 1.1. Etapas da germinação das sementes

Segundo BEWLEY & BLACK (1994) o processo de germinação ou embebição de sementes pode ser dividido em três fases. De acordo com a Figura 1, na fase I da curva, a absorção de água pela semente é relativamente rápida, ocorrendo em decorrência do potencial matricial dos diversos tecidos que compõem a semente. Esta etapa independe da semente estar viva, morta ou dormente. No plano bioquímico essa fase marca o início da degradação das substâncias de reserva, de modo a garantir energia e nutrientes necessários à retomada do crescimento do embrião. Ao atingir cerca de 25% de umidade, para espécies albuminosas, e 40%, para as exalbuminosas, tem início então a fase II. Nesta fase aparentemente está ocorrendo um transporte ativo do tecido de reserva para o tecido meristemático, a absorção de água é quase nula visto que os potenciais hídricos do substrato e da semente são semelhantes. No entanto a duração desta fase em relação à fase I é geralmente mais longa. O eixo embrionário, apesar de já estar recebendo nutrientes, ainda não consegue crescer (POWEL; MATTEUS, 1978; BEWLEY & BLACK, 1994). Ao final da fase II ocorre um súbito incremento no teor de água das sementes. Inicia-se então a fase III que é caracterizada pela reorganização das substâncias para formar o citoplasma, o protoplasma e as paredes celulares, o que resulta no crescimento do eixo embrionário, a chamada germinação visível (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).



**Figura 1.** Padrão trifásico de captação de água pelas sementes durante a germinação (BEWLEY & BLACK, 1994).

Segundo BEWLEY & BLACK (1994), é necessário que seja atingido um grau mínimo de umidade para haver germinação, como por exemplo: 30% para sementes

de milho, 26,5% (arroz), 33,4% (algodão) e 29,4% (mamona). A absorção de água por uma semente é dirigida pelo potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) de suas células, o qual se relaciona com outros três potenciais pela seguinte fórmula:  $\Psi_w = \Psi_m + \Psi_\pi + \Psi_p$ , sendo  $\Psi_m$  o potencial mátrico,  $\Psi_\pi$  o potencial osmótico e  $\Psi_p$  o potencial de pressão. O  $\Psi_m$  é resultante de algumas matrizes, como por exemplo, parede celular, amido e proteínas que sofrem hidratação e se ligam à água. O  $\Psi_\pi$  surge em função da concentração de solutos dissolvidos no interior das células. Por último, o  $\Psi_p$  se relaciona à força contrária da parede celular e a turgescência causada pela entrada de água na célula (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2004).

## **1.2. Mudanças morfológicas e bioquímicas durante a germinação**

As sementes têm sido estudadas intensamente quanto à composição química de suas reservas. O conhecimento da composição química é de interesse prático em tecnologia de sementes, porque tanto o vigor quanto o potencial de armazenamento das sementes são influenciados pelos teores dos compostos presentes. Outro aspecto importante diz respeito à influência da composição química no gasto das plantas em energia para produzi-las (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Não só as mudanças bioquímicas, mas também as alterações estruturais e anatômicas relacionadas ao metabolismo das reservas armazenadas em sementes têm sido descritas por muitos autores em trabalhos que avaliaram essas modificações durante o processo germinativo de diferentes espécies (STONE & GIFFORD, 1997; SILVA et al., 1997; SILVA et al., 1998).

O acúmulo das substâncias de reservas durante a formação das sementes tem basicamente duas funções, que se relacionam com a manutenção e o desenvolvimento do embrião, sendo fonte de energia para manter processos metabólicos em funcionamento e/ou fonte de matéria para a construção de tecidos vegetais que irão constituir as plântulas (BUCKERIDGE et al., 2004; GALLAO et al., 2007). Os carboidratos e os lipídios servem como fonte de energia e carbono para a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas, enquanto que as proteínas têm como função armazenar nitrogênio e enxofre essenciais para a síntese de proteínas e compostos secundários essenciais para a plântula em crescimento (CORTE et al., 2006).

A mobilização das reservas e a sua regulação durante a germinação de sementes de dicotiledôneas têm sido bastante estudadas e duas hipóteses foram propostas para explicar o papel do eixo embrionário nesse processo (BEWLEY & BLACK, 1994; BEWLEY, 1997). Primeiramente, o crescimento do eixo pode agir como dreno, direcionando os produtos da degradação, os quais podem inibir o desenvolvimento posterior das enzimas e/ou inibir as suas atividades. Segundo, o crescimento do eixo pode produzir substâncias de crescimento das plantas, os hormônios que estimulam a síntese de enzimas hidrolíticas necessárias para a mobilização das reservas nos cotilédones. A mobilização das reservas e o crescimento das plântulas parecem ser processos eficientemente sincronizados com a influência do eixo embrionário nos dois processos (ALENCAR, 2009).

## **2. Condicionamento osmótico de sementes**

Quando uma semente se hidrata, uma série de mudanças fisiológicas e bioquímicas ocorre no embrião. Uma embebição prolongada, particularmente sob baixos potenciais hídricos, apresenta uma influência bastante acentuada na velocidade, sin-

cronia e porcentagem de germinação das sementes (BEWLEY & BLACK, 1994). Segundo KHAN (1992), vários procedimentos de hidratação das sementes têm sido desenvolvidos para aumentar a taxa e a uniformidade de emergência das plântulas. Um desses procedimentos tem sido a embebição das sementes com quantidades limitadas ou não de água, sob temperaturas baixas ou moderadas (pré-hidratação e *hardening*). Outro procedimento refere-se à pré-germinação das sementes, em condições ótimas de umidade e temperatura, e semeadura com a utilização de géis, os quais atuam como substâncias protetoras do eixo embrionário (*fluid drilling*). Uma terceira técnica tem sido a hidratação das sementes em umidades relativas do ar elevadas (umidificação). A quarta e mais popular técnica é a hidratação das sementes em soluções de baixo potencial hídrico de solutos orgânicos e inorgânicos por determinados períodos de tempo (condicionamento osmótico) ou por meio da embebição das sementes em meio sólido (condicionamento mátrico) (HEYDECKER et al., 1973; HEYDECKER et al., 1975; KHAN, 1992).

A técnica do condicionamento osmótico desenvolvida por HEYDECKER et al. (1973) e HEYDECKER et al. (1975), apesar de fisiologicamente complexa, é simples em conceito. Tem como objetivo reduzir o período de germinação, bem como sincronizar e melhorar a emergência das plântulas, submetendo as sementes a um controle da hidratação suficiente para permitir os processos respiratórios essenciais à germinação, porém insuficiente para propiciar a protrusão da radícula. Isto é, as sementes completariam as fases I e II da embebição, que são preparatórias para a germinação, sem, no entanto, avançarem para a fase III, caracterizada pelo alongamento celular e protrusão da radícula (SANTOS et al., 2008).

O osmocondicionamento baseia-se no controle da hidratação das sementes a um nível que permita que ela inicie a atividade metabólica pré-germinativa, mas iniba a protrusão da radícula. As sementes são colocadas em contato com uma solução aquosa de um composto quimicamente inerte, mas osmoticamente ativo como manitol ou polietilenoglicol. A partir daí, as sementes iniciam a embebição normalmente, paralisando o processo assim que entram em equilíbrio com o potencial osmótico da solução, o qual é regulado a fim de possibilitar que ocorram os processos iniciais da germinação, mas que não haja o alongamento celular e, por conseguinte, a emergência da radícula, ou seja, a germinação não é concluída (MARCOS-FILHO, 2005).

Sementes tratadas desta forma podem ser novamente desidratadas ao conteúdo de umidade inicial sem perda significativa dos efeitos benéficos promovidos pelo tratamento. Esse processo de secagem das sementes após o tratamento de condicionamento osmótico tem sido comumente designado na literatura como hidratação-desidratação (BRACCINI et al., 1999).

## **2.1. Métodos de condicionamento**

As metodologias empregadas no condicionamento fisiológico podem diferir entre si. As variações consistem nas formas de fornecimento de água (equilíbrio higroscópico com a atmosfera, embebição em substrato, imersão em água pura, em soluções salinas ou osmóticas), na opção por secagem subsequente à hidratação, no número de ciclos de hidratação e desidratação, na duração do período de hidratação, no nível de hidratação e no estágio da germinação atingido durante o condicionamento (GUIMARÃES, 2000).

O uso de substâncias químicas osmoticamente ativas como forma de controlar a entrada de água na semente tem sido amplamente difundido. Segundo HEY-

DECKER et al. (1975), o potencial hídrico da solução é ajustado de modo a possibilitar a ocorrência dos processos de preparação da germinação das sementes, mas que impeça o alongamento celular e a emergência da radícula, mesmo após semanas de contato entre as sementes e a solução. KHAN (1992) afirma que os processos bioquímicos e fisiológicos da germinação são estimulados até o ponto em que o baixo potencial osmótico do meio de embebição impede a germinação.

Quando as condições do tratamento são favoráveis, o processo de mobilização de reservas, ativação e síntese *de novo* de algumas enzimas, síntese de DNA e RNA são iniciados durante o condicionamento osmótico. Quando o obstáculo à absorção de água é removido, ocorre o rápido crescimento do embrião (KHAN, 1992).

Os solutos usados ou soluções osmóticas com as quais as sementes permanecem em contato devem apresentar algumas características. Não podem ser tóxicos ou causar alterações estruturais, penetrar no sistema de membranas das células, serem metabolizados e nem estarem sujeitos à deterioração microbiana durante o condicionamento das sementes (BRADFORD, 1986). Dentre os agentes osmóticos utilizados incluem-se os sais ( $K_3PO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $NaCl$ ,  $KNO_3$ ), polialcoois (manitol, sorbitol), polietilenoglicol (PEG) e glicerol. Entretanto, de acordo com SANTOS et al. (2008), nenhum desses solutos, comumente, utilizados no condicionamento osmótico atende completamente a essas exigências, sendo importante observar que o critério na escolha é o efeito desejável sobre a semente, não devendo ser tóxico e impedir a etapa final da germinação das sementes.

O PEG, de fórmula geral  $HOCH_2(OCH_2CH_2)_nOH$ , de alto peso molecular, maior que 4.000, apresenta vantagens sobre os outros agentes osmóticos por ser mais inerte que outros solutos; não ser absorvido pelas sementes, devido seu peso molecular ( $>4.000$ ) e, geralmente, não ser tóxico (MEXAL et al., 1975). Como desvantagem, apresenta efeito negativo sobre a disponibilidade de oxigênio para as sementes devido à alta viscosidade que leva à baixa taxa de difusão do oxigênio nas soluções contendo o PEG. Entretanto, agitação e adição de ar enriquecido (75% de  $O_2$ ) na solução de *priming* melhoram o desempenho de sementes submetidas ao tratamento (HEYDECKER et al., 1978). Desse modo, cabe ressaltar que quando as sementes são imersas em solução aquosa, as condições das sementes e do meio, como potencial hídrico, lixiviação de reservas solúveis essenciais, suprimento de oxigênio e acúmulo de  $CO_2$  são modificadas. Essas modificações são influenciadas pelo tempo, temperatura, volume de água, tamanho e densidade das sementes (LOPES et al., 1996). BRADFORD (1986) constatou variabilidade de respostas entre espécies, cultivares e mesmo entre lotes de sementes.

Segundo KHAN (1992), o uso de compostos químicos biologicamente ativos, tais como os reguladores de crescimento, pode reduzir o impacto de fatores adversos, em condições de campo. O ácido giberélico, por sua vez, estimula a germinação, elevando a plasticidade da parede celular, seguida da hidrólise do amido em açúcares, por ativação das hidrolases, o que reduz os potenciais hídricos das células, resultando na entrada de água nas células, promovendo seu alongamento (BEWLEY & BLACK, 1994; BEWLEY, 1997; ARAGÃO & DANTAS et al., 2008). As sementes, quando embebidas em solução contendo ácido giberélico, têm seu metabolismo acelerado, o que aumenta a porcentagem e a velocidade de emergência (ANDREOLI & KHAN, 2000; AROUCHA et al., 2006).

## 2.2. Fatores que afetam o condicionamento

Para se obter condições favoráveis ao condicionamento osmótico é importante determinar a temperatura, a concentração da solução (potencial osmótico), o período de duração do tratamento, a intensidade de luz, a densidade de gases envolvidos, o método e o período de secagem após o tratamento, e outros fatores que podem influenciar a extensão do condicionamento osmótico. Esses fatores variam amplamente em função das características das sementes de diferentes espécies e cultivares e, possivelmente, entre lotes de uma dada cultivar, bem como em função dos processos fisiológicos e bioquímicos envolvidos (BRADFORD, 1986).

A melhor combinação dos fatores envolvidos no tratamento e sua otimização devem ser feitas por tentativas para cada lote de sementes. Como referência, em uma determinada condição de condicionamento, se a proporção de germinação das sementes durante o tratamento for superior a 4 a 6%, a concentração da solução osmótica deve ser aumentada na próxima tentativa (HEYDECKER et al., 1975; BRADFORD, 1986).

Para a maioria das espécies, a melhor temperatura para o condicionamento varia entre 10 e 20 °C (BEWLEY & BLACK, 1994). Para soja, a melhor temperatura está entre 20 e 25 °C (DEL GIÚDICE, 1996); para feijão, 25 °C (PANDEY, 1989); para cenoura, 15 a 20 °C (PELÚZIO, 1999); para citros, 35 °C (CHILEMBWE & CASTLE; CANTLIFFE, 1992) e para melão, 25 °C (NASCIMENTO & WEST, 2000). O potencial osmótico que normalmente se utiliza no condicionamento osmótico com PEG-6000 está na faixa de -0,5 a -2,0 MPa e a duração do tratamento é de 4 a 35 dias (PAIXÃO, 1998).

Um pré-requisito essencial para o sucesso da técnica é o uso de sementes livres de microrganismos, entretanto, a obtenção de tais sementes nem sempre é possível (COPELAND & McDONALD, 1985). A inclusão de substâncias protetoras de sementes como fungicidas e reguladores de crescimento na solução osmótica durante o processo de condicionamento osmótico favorece o desempenho de sementes. Durante a fase inicial de embebição na solução osmótica ocorre perda de solutos das sementes, e esses lixiviados podem estimular a atividade microbiana, geralmente saprófitas. Por outro lado, durante a embebição e lavagem das sementes após tratamento, o fungicida pode ser removido das sementes, diminuindo a sua eficiência e aumentando a proporção de plântulas anormais por contaminação (NASCIMENTO, 1998).

O condicionamento de sementes de sorgo em potencial osmótico de zero MPa (água destilada) foi o mais eficiente em promover aumento no vigor destas (MEDEIROS FILHO et al., 2000). Já o osmocondicionamento de sementes de pimentão (*Capsicum annum* L) por 21 dias em solução de PEG-6000 a -0,5 MPa à temperatura de 25 °C foi eficiente em melhorar a germinação quando comparado aos tratamentos com potenciais -1,0 e -1,5 MPa durante 7, 14 e 21 dias (POSSE et al., 2001). Soluções salinas com potencial osmótico mais negativo, que previnem a germinação durante o tratamento, resultaram em menores reduções no T<sub>50</sub> (tempo médio para ocorrência de 50% de germinação). Conforme SMITH & COBB (1991), o grau de hidratação das sementes está correlacionado com o potencial osmótico da solução. Sementes incubadas em soluções com potencial osmótico mais alto possuem um maior conteúdo de umidade e potencialmente maior atividade.

Sementes de cebola condicionadas em solução osmótica de PEG-6000 a -0,75 MPa a 15 °C por quatro a seis dias, apresentaram melhor desempenho, principalmente nos testes de germinação e vigor, sob condições de laboratório, em relação

às sementes não condicionadas e/ou embebidas em água destilada (LOPES et al., 1996). Para as sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico em PEG-6000, a -0,8 MPa, por quatro dias, a 25°C, foram observados os melhores resultados de germinação e índice de velocidade de emergência de plântulas (DEL GIÚDICE, 1996).

KANG et al., (1997) observaram que o condicionamento osmótico com KNO<sub>3</sub> a 20 °C durante sete dias proporcionou aumento na taxa de germinação de sementes de pimentão, quando comparado às sementes pré-condicionadas somente em água. Em sementes de aspargo, EVANS & PILL (1989) observaram que independentemente das condições de condicionamento (potencial osmótico, temperatura e duração do processo), as sementes condicionadas germinaram mais rapidamente do que as não condicionadas, embora o tratamento não tenha afetado a porcentagem final de germinação. Redução no tempo necessário para a germinação também foi constatada por FRETT & PILL (1991) em sementes de aspargo condicionadas com PEG-8000, água do mar sintética e em soluções salinas.

O condicionamento osmótico incrementou a capacidade germinativa de sementes de amendoim, havendo também incremento no crescimento das plântulas devido ao aumento em atividade de enzimas promotoras de crescimento (FU et al., 1988). O *priming* em solução aerada de KNO<sub>3</sub> a 3% numa temperatura de 25 °C não aumentou a porcentagem final de germinação, mas sim a velocidade de germinação e o desenvolvimento de plântulas de *Capsicum annuum* (L.). Além disso, o desenvolvimento do hipocótilo foi bastante aumentado (HALPIN-IGHAM; SUNDSTROM, 1992).

### **2.3. Mudanças fisiológicas e bioquímicas durante o *priming***

Quando as condições do tratamento são favoráveis, o processo de mobilização de reservas, a ativação e síntese *de novo* de algumas enzimas, a síntese de DNA e RNA são iniciados durante o condicionamento osmótico. Quando o obstáculo à germinação é removido, isto resulta em rápido crescimento do embrião. Várias mudanças fisiológicas e bioquímicas ocorrem nas sementes durante o tratamento ou como consequência do condicionamento osmótico. Estas mudanças incluem a síntese de macromoléculas, atividade de várias enzimas, aumento no poder germinativo e vigor e superação da dormência (FU et al., 1988; KHAN, 1992; SMITH & COOB, 1992; SUNG & CHANG, 1993).

Estudos bioquímicos recentes indicam que o metabolismo do RNA e a síntese de proteínas e enzimas também são aumentados pelo condicionamento osmótico, sugerindo que este tratamento deixa disponível às sementes precursores utilizados para a síntese de macromoléculas. A síntese de RNA, proteínas e enzimas pode ser devido à remoção de certos fatores inibidores, tais como ácido abscísico (ABA) e/ou produção de fatores promotores. O estresse hídrico leva a um aumento de ABA e induz dormência, enquanto que o condicionamento osmótico leva ao completo desaparecimento do ABA (KHAN, 1992).

SMITH & COOB (1992) observaram que a síntese de proteínas em sementes de pimentão aumenta durante o tratamento de condicionamento osmótico. Outros pesquisadores (FU et al., 1988; BRAY et al., 1989) verificaram que durante ou imediatamente após o condicionamento osmótico de sementes de amendoim e alho-poró, grandes quantidades de RNA foram sintetizadas.

Incrementos nas atividades enzimáticas e metabólicas são características comuns durante o condicionamento osmótico e parecem estar relacionados com o re-  
vi-

goramento das sementes durante a germinação subsequente. As alterações na atividade de certas enzimas, tais como esterase, fosfatase ácida e desidrogenase do 3-fosfogliceraldeído, sugerem que a mobilização do material de reserva armazenado nas sementes, como carboidratos, lipídios e proteínas podem justificar o aumento da germinação e vigor induzidos pelo condicionamento osmótico (KHAN, 1992).

#### **2.4. Condicionamento osmótico x envelhecimento de sementes**

Em uma população de sementes, existe variação quanto ao vigor das sementes. Durante o processo de germinação, enquanto as de alto vigor atingem um nível metabólico mais rápido e ordenado, as de baixo vigor apresentam nível metabólico mais lento. Quando submetidas ao condicionamento osmótico, aquelas de baixo vigor tendem a alcançar às de alto vigor e, conseqüentemente, obtém-se maior uniformidade na germinação e emergência (HEYDECKER & HIGGINS, 1978).

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

Sementes envelhecidas e deterioradas são as mais sensíveis aos danos de embebição, já que as membranas celulares encontram-se enfraquecidas, perdem sua integridade e tornam-se mais suscetíveis à rápida entrada de água. O envelhecimento de sementes ocasiona alterações metabólicas durante o processo germinativo, modificando o metabolismo respiratório e a funcionalidade das membranas, a síntese de proteínas e ácidos nucléicos e o metabolismo do DNA (BASAJAVARA-JAPPA et al., 1991). Vários trabalhos têm mostrado que os efeitos do condicionamento osmótico resultam em uma resposta mais rápida quanto ao tempo para a germinação, principalmente em lotes de sementes deterioradas ou de baixo vigor (BROCKLEHURST & DEARMAN, 1984; LOPES et al., 1996).

O princípio do teste de envelhecimento acelerado é aumentar a taxa de deterioração das sementes, através de sua exposição a níveis muito adversos de temperatura e umidade relativa. Este processo de deterioração promove uma perda da compartimentalização celular e uma desintegração do sistema de membranas, que produzem um descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior (MARCOS-FILHO, 1994). Este processo pode ser revertido, em alguns casos, através do condicionamento osmótico, como por exemplo, em estudo realizado por LANTERI et al. (1996) com sementes de *Capsicum annuum* L. O condicionamento osmótico, realizado com PEG e água do mar, também permitiu um aumento da germinação de sementes de aspargo com baixa qualidade fisiológica (BITTENCOURT et al., 2005). A melhoria pode estar relacionada ao resultado do revigoreamento de sementes, por tratamentos de hidratação, através de

mecanismos de “reparo de membranas” atuando no processo de deterioração das sementes (BURGASS & POWELL, 1984). Resultados de teste de condutividade elétrica mostraram uma reduzida lixiviação de solutos de sementes de cebola osmocondicionadas, comparadas com as não tratadas, suportando a teoria do “reparo”, já que a lixiviação de solutos das células é, em parte, resultante de danos às membranas celulares.

Sementes em estágio avançado de deterioração vêm mostrando uma resposta positiva ao incremento na velocidade de germinação, quando submetidas ao osmocondicionamento (LANTERI et al., 1996), permitindo um melhor aproveitamento dessas sementes. Melhoria no vigor após o condicionamento osmótico tem sido correlacionada com processos de reparo macromolecular durante o tratamento, bem como um balanço metabólico mais favorável das sementes pré-condicionadas no início da germinação (LANTERI et al., 1998). Com o envelhecimento há um declínio na atividade de enzimas que removem os peróxidos, como a catalase, contribuindo com o processo de deterioração (BRANDÃO JÚNIOR, 1996).

A atividade da desidrogenase da glucose-6-fosfato, enzima pertencente à via das pentoses fosfato, é importante na determinação do fluxo através da glicólise. O balanço entre a glicólise e a via das pentoses assegura um suprimento adequado às sementes de poder redutor, ATP e esqueletos de carbono para a biossíntese de macromoléculas. Em sementes envelhecidas de brássica, a atividade desta enzima é baixa, havendo uma restauração parcial da sua atividade após o condicionamento osmótico (BETTEY & FINCH-SAVAGE, 1996).

É importante ressaltar que há na literatura resultados negativos ou insatisfatórios com relação ao condicionamento osmótico de sementes envelhecidas. Por exemplo, o *priming* realizado em sementes de alho-poró e cenoura, antes do envelhecimento acelerado, propiciou certa antecipação da germinação das sementes, enquanto após o teste de envelhecimento ocorreu uma redução na porcentagem de germinação e emergência em ambas as espécies (DEARMAN et al., 1987). Similarmente, HEYDECKER & COOLBEAR (1977) não verificaram resposta satisfatória, utilizando o condicionamento osmótico em lotes de sementes de cebola envelhecidas, obtendo germinação abaixo de 60%. Esses resultados mostram que, dependendo da espécie e da qualidade fisiológica dos lotes de sementes, podem ocorrer diferentes respostas ao condicionamento osmótico. No entanto, danos severos desenvolvidos na fase que precede à morte da semente são irreversíveis, enfatizam LANTERI et al. (2000), não sendo possível efetuar-se processos de reparo celular eficientes.

Tratamentos de hidratação mais longos foram efetivos em restaurar a taxa de germinação após o armazenamento. Entretanto se aplicados antes do armazenamento eles aceleraram a deterioração das sementes. TARQUIS & BRADFORD (1992) verificaram que curtos tratamentos de hidratação em sementes de alface aumentaram o vigor das sementes em termos de taxa de crescimento da radícula, mas houve pouco efeito na taxa de germinação ou resistência à deterioração. Concomitantemente aos efeitos benéficos dos tratamentos, de hidratação e condicionamento osmótico, verificou-se redução no tempo de armazenamento das sementes. Incrementos na longevidade e na taxa de germinação das sementes associados ao osmocondicionamento também têm sido reportados. Em algumas espécies, como ervilha, tomate, cenoura e cebola o osmocondicionamento aumentou a capacidade de armazenamento (SAVINO et al., 1979; DEARMAN et al., 1986; LIU et al., 1996).

## 2.5. Condicionamento osmótico x estresses abióticos

Diversos benefícios têm sido relatados com o emprego da técnica do condicionamento osmótico, dentre eles, o aumento da possibilidade de se obter uma maior porcentagem de germinação, particularmente sob condições adversas, como baixa disponibilidade hídrica, níveis elevados de salinidade e temperaturas sub e supra-ótimas (JELLER, 2002). O aumento do nível de tolerância foi encontrado por TAYLOR et al. (1998) e PATANÈ (2000), com uma germinação mais rápida em temperaturas mais baixas que a ótima; melhor resposta em condições de déficit hídrico, por PRISCO et al. (1991) e FERNANDES et al. (1994); germinação mais rápida, em temperaturas desfavoráveis acima do ótimo, por YOON et al. (1997) e por NASCIMENTO et al. (2001) e sob condições de estresse salino por PASSAM & KAKOURIOTIS (1994).

Trabalhos realizados por POSSE et al. (2001) em pimentão, sob estresse de baixa temperatura, e por PEREZ & NEGREIROS (2002) em sementes de canafistula, sob condições de estresses salino e térmico, mostraram que o condicionamento em água pode ser mais efetivo ou semelhante ao condicionamento osmótico utilizando-se os sais inorgânicos  $\text{KNO}_3$  e  $\text{NaCl}$  para melhorar o processo germinativo, os autores verificaram que a canafistula apresentou sementes firmes quando submetidas ao condicionamento com  $\text{KNO}_3$ , sendo que essa característica não apareceu quando as sementes foram embebidas somente em água destilada.

O condicionamento osmótico aumentou a porcentagem final e a uniformidade de emergência de sementes de milho-doce, especialmente em baixas temperaturas (SUNG & CHANG, 1993). De acordo com BRACCINI et al. (1999), o aumento nos períodos de envelhecimento acelerado influenciou negativamente o desempenho das sementes de soja, mas o tratamento com PEG-6000 foi satisfatório em manter a qualidade das mesmas. CARVALHO et al. (2000), por sua vez, aplicaram o condicionamento osmótico em sementes de sorgo e constataram aumento na velocidade de emergência e capacidade de estabelecimento das plântulas, sendo que as sementes envelhecidas e não envelhecidas comportaram-se de maneira diferente quanto a germinação e ao vigor.

PEREZ & JARDIM (2005) relataram em sua pesquisa com sementes condicionadas de paineira (*Chorisia speciosa* St.-Hil), que estas apresentaram maior velocidade de germinação sob estresses salino e térmico. PATANÈ et al. (2009), trabalhando com o osmocondicionamento de sementes de sorgo sacarino submetidas à estresses abióticos, afirmam que o *priming* pode ser uma alternativa para atenuar os estresses salino e térmico durante a germinação e crescimento da radícula.

JELLER (2002) constatou que o condicionamento osmótico de sementes de *Cassia excelsa* Schrad feito nos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,6 MPa das soluções de PEG-6000 foi mais eficiente em superar o estresse salino do meio germinativo ( $\text{NaCl}$  à -1,0 e -1,4 MPa), quando comparado aos resultados obtidos pelas sementes que não foram condicionadas, ou por aquelas que foram condicionadas em água destilada. A autora associa esses resultados ao fato de que a embebição sob baixos potenciais hídricos ocorre mais lentamente e essa hidratação lenta exerce influência significativa na porcentagem de germinação de sementes, permitindo um maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, possibilitando que os tecidos se desenvolvam de forma mais ordenada e diminuindo os riscos da ocorrência de danos ao eixo embrionário, causado pela rápida embebição.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da escassez de pesquisas sobre condicionamento osmótico envolvendo fatores como qualidade fisiológica de sementes, representada pelo envelhecimento acelerado, e estresses abióticos, representado pela salinidade, esta revisão apresenta informações relevantes sobre os diferentes papéis exercidos pelos mesmos sobre o osmocondicionamento de sementes, o que abre uma possibilidade de avanços no domínio dessa técnica, uma vez que esta tem sido recomendada por vários pesquisadores para reversão de danos causados pelo envelhecimento das sementes e/ou estresses ambientais durante e após a emergência de plântulas no campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, N. L. M. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de mandacaru (*Cereus jamacaru* D.C.)**. 2009. 105f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ANDREOLI, C.; KHAN, A. A. Integration of physiological, chemical and biological seed treatments to improve stand establishment and yield of vegetables. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.533, n.31, p.31-39, 2000.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F. Efeito de doses e formas de aplicação de ácido giberélico em sementes de milho super doce. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 11, n.2, p.345, 2008.

AROCHA, E. M. M.; SILVA, R. F.; NUNES, G. H. S., SANTOS, M. C. A. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de mamão (*Carica papaya* L). **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.3, p.272-277, 2006.

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

BETTEY, M.; FINCH-SAVAGE, W. E. Respiratory enzyme activities during germination in Brassica seed lots of differing vigour. **Seed Science Research**, Wallingford, v.6, n.7, p.165-173, 1996.

BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, n.7, p.1055-1066, 1997.

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.; 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.

BRANDÃO JÚNIOR, D. S. **Eletroforese de proteína e isoenzima na avaliação da qualidade de sementes de milho**. 1996. 110f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

BRAY, C. M.; DAVISON, P. A; ASHRAF, M.; TAYLOR, R. M. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. **Annals of Botany**, London. v.63, n.3, p.185-193. 1989.

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

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S.; AIDAR, M. P. M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (eds.). **Germinação, do básico ao aplicado**. Artmed: Porto Alegre, p.163-185. 2004.

BURGASS, W. R.; POWELL, A. A. Evidence for repair process in the invigoration of seeds by hydration. **Annals of Botany**, London, v.53, n.5, p.753-757, 1984.

CARVALHO, L. F.; MEDEIROS FILHO, S.; ROSSETTI, A. G.; TEÓFILO, E. M. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.185-192, 2000.

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

CHILEMBWE, E. H. H; CASTLE, W. S; CANTLIFFE, D. J. Grading, Hydrating and osmotically priming seed of 4 citrus rootstocks to increase germination rate and seedling uniformity. **Journal of American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v.117, n.3, p.368-372, 1992.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. New York: Macmillan Publishing Company, p.34-145, 1985.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M.

C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.6, p.941-949, 2006.

DEARMAN, J.; BROCKLEHURST, P. A.; DREW, R. L. K. Effects of osmotic priming and ageing on the germination and emergence of carrot and leek seeds. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.111, p.717-722, 1987.

DEARMAN, J.; BROCKLEHURST, P.A.; DREW, R.L.K. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.108, p.639-648, 1986.

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

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

FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, N. C.; BARROS, A. D. Pré-embebição, seguida de secagem sobre o desempenho de sementes de caupi, sob condições de déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.57-62, 1994.

FRETT, T. A.; PILL, W. G. Comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.9, p.1156-1159, 1991.

FU, J. R.; LU, X. H.; CHEN, R. Z.; ZHANG, B. Z.; LIU, Z. S.; LI, Z. S.; CAI, D. Y. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds with PEG to improve vigour and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, Zürich. v.16, n.5, p.197-212, 1988.

GALLÃO, M. I.; VIEIRA, I. G. P.; MENDES, F. N. P.; SOUSA, A. S. N.; BRITO, E. S. Reserve mobilisation in mesquite (*Prosopis juliflora*) seeds (Leguminosae). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v.87, n.11, p.2012-2018, 2007.

GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 180f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

HAMPTON, J. G. O que é qualidade de sementes? **Seed News**, New Zeland, set/out. 2001. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed55/artigocapa55.shtml>>. Acesso em: 11 mai. 2008.

HALPIN-INGHAM, B.; SUNDSTROM, F. J. Pepper seed water content, germination response and respiration following priming treatments. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.20, n.3, p.589-596, 1992.

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

HEYDECKER, W.; HIGGINS, B. M. The priming of seeds. **Acta Horticultural**, Wageningen, v.83, p.213-223, 1978.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R. L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, London, v.246, n.5427, p.42-44, 1973.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, I. J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Tecnology**, Zurich, v.3, n.3/4, p.881-888, 1975.

JELLER, H. **Pré-condicionamento em sementes de *Cassia excelsa* Schrad.** 2002. 81f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

KANG, N. J.; JEOUNG, Y. O.; CHO, J. L.; KANG, S. M. Changes of seed proteins related to low temperature germinability of primed seeds of peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Suwoniv, v.38, n.4, p.342-346, 1997.

KHAN, A. A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, Edinburgh, 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, 1996.

LANTERI, S.; PORTIS, E.; BERGERVOET, H. W.; GROOT, S. P. C. Molecular markers for the priming of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, London, v.75, n.5, p.607-611, 2000.

LANTERI, S.; QUAGLIOTTI, L.; BELLETTI, P. Delayed luminescence and priming-induced nuclear replication of unaged and controlled deteriorated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). **Seed Science and Tecnology**, Zürich, v.26, n.1, p.413-424, 1998.

LIU, Y.; BINO, R. J.; VAN DER BURG, W. J.; GROOT, S. P. C.; HILHORST, W. M. Effects of osmotic priming on dormancy and storability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. **Seed Science Research**, New Zealand, v.6, p.49-55, 1996.

LOPES, H. M.; FONTES, P. C. R.; MARIA, J.; CECON, P. R.; MALAVASI, M. de M. Germinação e vigor de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) influenciados pelo período de temperatura de condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.173-179, 1996.

MARCOS-FILHO, J. Envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.

M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal, FUNEP, 1994. p.133-150.

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

MEDEIROS FILHO, S.; CARVALHO, L. F.; TEÓFILO, E. M.; ROSSETTI, E. M. Efeito do condicionamento no vigor de sementes de sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.31, n.1/2, p.33-42, 2000.

MEXAL, J.; FISHER, J. T.; OSTERYOUNG, J.; REID, P. P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implication in plant-water relations. **Plant Physiology**, Lancaster, v.55, p.20-24, 1975.

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.; 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.1, n.3, p.255-264, 2001.

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

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

PAIXÃO, G. P. **Pré-condicionamento de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench): efeitos sobre a qualidade fisiológica e potencial de armazenamento**. 1998. 56f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PANDEY, D. K. Priming induced alleviation of the effects of natural ageing derived selective leakage of constituents in French bean. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.17, p.391-397, 1989.

PASSAM, H. C.; KAKOURITIS, D. The effects of osmoconditioning on the germination, emergency and early plant growth of cucumber under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.57, p.233-240, 1994.

PATANÈ, C. Influence of temperature on seed germination of sulla sweetvetch (*Hedysarum conorarium* L.) population collected in a hilly area of southern Italy. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, n.3, p.887-890, 2000.

PATANÈ, C.; CAVALLARO, V.; COSENTINO, S. L. Germination and radicle growth

in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. **Industrial Crops and Products**, Whashington DC, v.30, n.1, p.1-8, 2009.

PELÚZIO, L. E.; SILVA, R. F.; REIS, M. S.; CECON, P. R.; DIAS, D. C. F. S. PELÚZIO, 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, p.161-169, 1999.

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

PEREZ, S.C.G.A.; NEGREIROS, G.F. Pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.175-183, 2002.

POSSE, S. C. P.; SILVA, R. F.; SILVA, H. D. V.; CATUNDA, P. H. A. Efeito do condicionamento osmotico na germinação de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.) submetidas a baixa temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.123-127, 2001.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Electrical conductivity test. In: PERRY, D. A. (Ed.) **Handbook of vigor test methods**. Zürich: ISTA, p.37-42. 1978.

PRISCO, J. T.; HADDAD, C. R. B.; BASTOS, J. L. P. Hidration-dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, v.15, n.1, p.31-35, 1991.

SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.; SILVA, R. F.; SOUSA, P. A. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 1-6, 2008

SAVINO, G.; HAIGH, P. M.; LEO, P. de. Effects of presoaking upon seed vigour and viability during storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.7, p.57-64, 1979.

SILVA, T. R. G.; CORTELAZZO, A. L.; DIETRICH, S. M. C. Cytological aspects of storage mobilization in seeds of *Dalbergia miscolobium* during germination and plantlet growth. **Ciência e Cultura**, v.49, n.3, p.170-176, 1997.

SILVA, T. R. G.; CORTELAZZO, A. L.; DIETRICH, S. M. C. Variation in storage compounds during germination and early plantlet growth of *Dalbergia miscolobium*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.10, n.2, p.119-124, 1998.

SMITH, P. T., COBB, B. G. Accelerated germination of peppers seed by priming with salt solutions and water. **HortiScience**, Alexandria, v.26, n.4, p.417-419, 1991.

SMITH, P. T.; COOB, B. G. Physiological and enzymatic characteristics of primed,

re-dried, and germinated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich. v.20, n.6, p.503-513. 1992.

STONE, S. L.; GIFFORD, D. J. Structural and biochemical changes in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seeds during germination and early-seedling grown. I. Storage protein reserves. **International Journal of Plant Science**, v.158, n.6, p.727-737, 1997.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.  
TARQUIS, A. M.; BRADFORD, K. J. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.43, n.248, p.307-317, 1992.

TAYLOR, A. G.; ALLEN, P.S; BENNETT, M. A.; BRADFORD, J. K.; BURRIS. J. S.; MISRA, M. K. Seed enhancements. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, p.245-256, 1998.

YOON, B. Y.; LANG, H. J.; COOB, B. G. Priming with salt conditions improves germination of pansy seed at high temperatures. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.2, p.248-250, 1997.