



RODRIGO DE GÓES ESPERON REIS

**MÉTODOS DE SECAGEM E
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
BERINJELA SUBMETIDAS AO
CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO**

**LAVRAS – MG
2013**

RODRIGO DE GÓES ESPERON REIS

**MÉTODOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
BERINJELA SUBMETIDAS AO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador
Dr. Renato Mendes Guimarães

**LAVRAS – MG
2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Reis, Rodrigo de Góes Esperon.

Métodos de secagem e armazenamento de sementes de berinjela submetidas ao condicionamento fisiológico / Rodrigo de Góes Esperon Reis. – Lavras: UFLA, 2013.

82 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Renato Mendes Guimarães.

Bibliografia.

1. *Solanum melongena* L. 2. Embalagem. 3. Qualidade fisiológica. 4. Sistema antioxidante. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.521

RODRIGO DE GÓES ESPERON REIS

**MÉTODOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
BERINJELA SUBMETIDAS AO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de julho de 2013.

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa EMBRAPA

Dr. José Márcio Rocha Faria UFLA

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho UFLA

Dr. João Almir Oliveira UFLA

Dr. Renato Mendes Guimarães
Orientador

**LAVRAS – MG
2013**

Aos meus pais, Ricardo e Marília, que sempre me incentivaram a fazer o melhor que eu puder e sempre me proporcionaram todas as condições, mesmo tendo que abdicar de algumas coisas.

Aos meus irmãos, Ricardo (meu irmão engenheiro) e Rafael (meu irmão piloto), eu também tenho muito orgulho de vocês.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me acompanhar e me conduzir.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

À CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos e pelo fomento às pesquisas.

Ao meu orientador, Professor Renato Mendes Guimarães, pela orientação, confiança, apoio, incentivo e amizade.

Aos membros da banca examinadora, João Almir, José Márcio, Laene, Sttela, pelas sugestões preciosas.

Aos professores Édila, João Almir, Laene e Renato, e aos pesquisadores Parede e Sttela, pessoas fundamentais na minha formação profissional.

Ao pessoal do Laboratório de Sementes, Dona Elza, Elenir e Walbert, pelo apoio indispensável.

Ao pessoal do Laboratório de Microscopia Eletrônica, Prof. Eduardo Alves, Heloísa e Glauco, pelo ajuda no preparo e análise das amostras.

Ao pessoal do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Molecular de Plantas, Meline, Helbert e Cíntia, pela colaboração nas análises enzimáticas.

Aos amigos Matheus e Diego, pelo apoio fundamental para a realização deste trabalho e aos amigos Andréa, Adriano Alves, Cláudio e Denílson, sempre dispostos a ajudar.

À Nayara, minha namorada, pelo amor, carinho, apoio e incentivo.

Aos meus pais, Ricardo e Marília, e aos meus irmãos, Ricardo e Rafael, pelo amor incondicional e incentivo.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista.

Muito Obrigado!

RESUMO

Para facilitar o manuseio, a comercialização e a semeadura de sementes condicionadas, é necessária a realização de secagem, mas os efeitos do tratamento podem ser perdidos dependendo do método utilizado e a qualidade pode ser reduzida rapidamente durante o armazenamento. Objetivou-se verificar o método de secagem que melhor mantenha os efeitos benéficos do condicionamento fisiológico de sementes de berinjela durante o armazenamento. Foram realizados dois ensaios utilizando sementes de berinjela cv. Embu condicionadas em solução aerada de nitrato de potássio (-0,8 MPa) a 25 °C por 48 horas. No primeiro ensaio, as sementes foram submetidas à redução inicial do teor de água em aproximadamente 10%, ao choque térmico em banho-maria a 36 °C por 1 hora e à secagem lenta ou rápida, e a combinação desses procedimentos resultou nos seguintes tratamentos: testemunha (Test - sementes sem condicionamento), condicionadas (Cond - condicionadas e sem secagem), secagem lenta (SL), secagem rápida (SR), choque térmico + secagem lenta (CTSL), choque térmico + secagem rápida (CTSR), redução inicial do teor de água + secagem lenta (rSL), redução inicial do teor de água + secagem rápida (rSR), choque térmico + redução inicial do teor de água + secagem lenta (rCTSL), choque térmico + redução inicial do teor de água + secagem rápida (rCTSR). No ensaio 2, foram utilizadas os melhores métodos de secagem do ensaio 1 (SL, SR, rSL e rSR), acondicionadas em embalagens impermeáveis sob condição de vácuo e atmosfera normal e armazenadas por 0, 30 e 60 dias, em dois ambientes (10 e 25 °C). Pelo ensaio 1, conclui-se que o potencial fisiológico das sementes de berinjela obtido com o condicionamento é mantido após secagem; o sistema antioxidante e as proteínas resistentes ao calor são reduzidos após condicionamento e são reativados quando as sementes são secadas; o condicionamento fisiológico promove reorganização de membranas de sementes de berinjela; a secagem de sementes de berinjela condicionadas pode ser realizada de forma lenta, preferivelmente, ou rápida e com ou sem redução do teor de água; o de choque térmico prejudica a integridade das membranas de sementes de berinjela. Pelo ensaio 2, conclui-se que: sementes de berinjela submetidas ao condicionamento e secadas devem ser acondicionadas em embalagem a vácuo; os efeitos do condicionamento são mantidos durante o armazenamento independente de a secagem ser lenta ou rápida e com ou sem redução inicial do teor de água; a diminuição da qualidade fisiológica das sementes de berinjela ao longo do armazenamento está relacionada com a redução da atividade do sistema antioxidante.

Palavras-chave: *Solanum melongena* L. Qualidade fisiológica. Embalagem. Sistema antioxidante.

ABSTRACT

To facilitate handling, marketing, and mechanized sowing of primed seeds, a drying is necessary, but the effects of the treatment might be lost depending on the method used and the seed quality might be reduced rapidly along the storage. It was aimed to verify the dry-back method which can maintain the effects of priming of eggplant seeds along storage. Two essays were realized with eggplant seeds cv. Embu primed in aerated solution of potassium nitrate (-0.8 MPa) at 25 °C for 48 hours. At the first essay, the seeds were submitted to an initial reduction of the water content in almost 10%, to a heat shock in bain-marie at 36 °C for 1 hour, and to slow or fast drying. The combination of these proceedings resulted in the following treatments: control (Test – seeds without priming), primed seeds (Cond – primed seeds without drying), slow drying (SL), fast drying (SR), heat shock + slow drying (CTSR), heat shock + fast drying (CTSR), reduction of seed moisture content + slow drying (rSL), reduction of seed moisture content + fast drying (rSR), heat shock + reduction of seed moisture content + slow drying (rCTSL), and heat shock + reduction of seed moisture content + fast drying (rCTSR). At the second essay, the best methods from the first essay were used (SL, SR, rSL, and rSR), packed in impermeable packages under vacuum and normal atmosphere, during 0, 30, and 60 days, in two environments (10 and 25 °C). By the results observed in the first essay, it is concluded that the physiological potential of eggplant seeds obtained with priming is maintained after drying; the antioxidant system and heat resistant proteins are reduced after priming and are reactivated when the seeds are dried; the priming promotes reorganization of membrane of eggplant seeds; the drying of primed eggplant seeds can be done slowly, preferably, or fast, and with or without initial reduction of seed moisture content; the use of heat shock damages the integrity of membranes of eggplant seeds. According the results from second essay, it is concluded that: eggplant seeds submitted to priming and dried must be packed in vacuum package; the benefic effects of priming are maintained along the storage independently of drying being slow or fast, or with or without initial reduction of seed moisture content; the decrease of physiological quality of eggplant seeds along the storage is related to the reduction of antioxidant system activity.

Keywords: *Solanum melongena* L. Physiological quality. Package. Antioxidant system.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Tipos de água na semente e germinação	12
2.2	Condicionamento fisiológico de sementes	13
2.3	Secagem de sementes após o condicionamento fisiológico	15
2.4	Alterações fisiológicas, bioquímicas e ultraestruturais devido à secagem de sementes condicionadas	19
2.5	Armazenamento de sementes submetidas ao condicionamento	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Local	25
3.2	Material utilizado	25
3.3	Ensaio	25
3.3.1	Ensaio 1	25
3.3.1.1	Variáveis avaliadas	27
3.3.1.2	Análise estatística	31
3.3.2	Ensaio 2	32
3.3.2.1	Variáveis avaliadas	33
3.3.2.2	Análise estatística	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Ensaio 1	35
4.2	Ensaio 2	52
5	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma olerícola da família Solanaceae. Segundo Doijode (2001), essa espécie é originária da Índia, onde se verifica a maior diversidade genética. A sua produção é amplamente distribuída nos vários continentes, sendo cultivada em países da Ásia, Europa, África e Américas Central e do Sul.

No Brasil, o consumo dessa hortaliça se difundiu devido às suas propriedades nutricionais, sendo fonte de vitaminas A, B e C, e minerais, como potássio, enxofre e magnésio. Contudo, a sua disseminação se deu principalmente devido ao seu valor medicinal, havendo relatos de uso no tratamento de asma, diabetes, cólera e bronquite, além de controle do colesterol no sangue (RIBEIRO, 2007).

A primeira fase da implantação da cultura da berinjela ocorre nos viveiros, onde são produzidas as mudas a partir de sementes, que se não forem de alta qualidade, comprometerão todo o processo. Por exemplo, quando as sementes possuem qualidade inferior, a porcentagem de germinação é baixa, ocorre de forma lenta e irregular e as plantas produzidas são pouco vigorosas, o que não é interessante para o viveirista nem para o agricultor.

Alguns problemas têm sido verificados na produção desementes de berinjela. Miranda et al. (1992) afirmam que um determinado lote pode apresentar desuniformidade de maturação, o que prejudica a sua qualidade. Além disso, algumas cultivares possuem dormência fisiológica das sementes, como foi verificado por Yogeesha et al. (2006).

Um tratamento que pode contribuir significativamente para uniformizar e acelerar a germinação é o condicionamento fisiológico, ou “priming”, que consiste na hidratação controlada das sementes, sem que ocorra a protrusão radicular. Em berinjela, já foi observado que esse tratamento é eficiente no

envigoroamento das sementes (FANAN; NOVENBRE, 2007; NASCIMENTO, 2005; NASCIMENTO; LIMA, 2008; REIS et al., 2012; TRIGO; TRIGO, 1999; VENKATASUBRAMANIAN; UMARANI, 2007).

Segundo Balbinot e Lopez (2006), para facilitar o manuseio e possibilitar o armazenamento das sementes condicionadas, a etapa seguinte deve ser a secagem até atingirem o teor de água inicial ou aquele compatível com o armazenamento. Embora as sementes não percam totalmente a tolerância à dessecação durante o condicionamento, cada espécie se comporta de forma distinta quanto à secagem e ao armazenamento após o condicionamento, verificando-se, em algumas, redução da longevidade e, conseqüentemente, do período de armazenamento (BRUGGINK; OOMS; TOORN, 1999; LIN et al., 2005), enquanto que, em outras, o condicionamento fisiológico proporciona maior longevidade (POWELL et al., 2000; YEH; SUNG, 2008), e os seus efeitos podem ser influenciados pelas condições as quais as sementes são submetidas imediatamente após o tratamento (BUTLER et al., 2009).

O condicionamento fisiológico é uma ferramenta eficiente para envigorar sementes de berinjela, mas esse benefício pode ser perdido rapidamente quando as sementes são secadas e armazenadas.

Alguns métodos de secagem podem favorecer a manutenção dos efeitos do condicionamento, mesmo após a redução do teor de água para níveis compatíveis com o armazenamento.

Quanto ao armazenamento, existem técnicas que proporcionam que a qualidade fisiológica de sementes condicionadas seja mantida. Entretanto, para sementes de berinjela, há poucas informações relacionadas à secagem e ao armazenamento após o condicionamento fisiológico.

Diante do exposto, realizou-se essa pesquisa para verificar o método de secagem que melhor mantenha os efeitos benéficos do condicionamento fisiológico de sementes de berinjela durante o armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tipos de água na semente e germinação

A água apresenta propriedades que a torna essencial para a manutenção da vida. Uma de suas mais importantes características é o fato de ser um excelente solvente, dissolvendo maiores quantidades de uma vasta variedade de substâncias do que qualquer outro. Além disso, o pequeno tamanho de sua molécula e a sua natureza polar, tornam-na ideal para dissolver substâncias iônicas e moléculas polares, como açúcares e proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A relação água/sementes é peculiar e interessante e, como em todos os organismos, a água é fundamental para formação e desenvolvimento das sementes. Em sementes ortodoxas ocorre desidratação até níveis extremamente baixos, o que reduz significativamente o metabolismo, permitindo a disseminação e a manutenção da viabilidade por maior período. Para que o metabolismo retorne à atividade normal e a semente germine, é necessária a reidratação dos tecidos (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

Para iniciar a germinação, é necessária a absorção de água e, esse processo é dividido em três fases (BEWLEY, 1997; BEWLEY; BLACK, 1994; NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010). Na fase I, ocorre rápida hidratação dos tecidos, controlada essencialmente pelo potencial matricial da semente, até que a matriz e o conteúdo celular estejam completamente hidratados. Em seguida, há um período de pouca embebição, que é o que caracteriza a fase II, quando membranas e organelas celulares tornam-se funcionais, iniciando a mobilização de reservas e a reativação do metabolismo. Na fase III, a semente recomeça a absorção de água e é possível visualizar o crescimento do embrião, ocorrendo a protrusão da radícula (BEWLEY; BLACK, 1994).

A higroscopicidade da semente, que é a capacidade de retenção de água, depende da substância de reserva acumulada, que pode ser carboidrato, lipídio ou proteína, principalmente. Isso significa que, de acordo com o composto acumulado predominante, o equilíbrio higroscópico da semente com o ambiente acontecerá com maior ou menor grau de umidade (MARCOS FILHO, 2005).

Vertucci e Farrant (1995) descrevem cinco tipos de água presentes nas sementes de acordo com o aumento do grau de umidade, considerando as forças de ligação entre a água e as macromoléculas e a sua mobilidade. A água tipo 1 faz parte da estrutura e está fortemente associada às substâncias que compõem a semente; é a água presente em tecido muito secos (menor ou igual a 7,5% de teor de água), praticamente não tem mobilidade e a atividade metabólica é restrita. A água tipo 2 está ligada às macromoléculas por pontes de hidrogênio e o grau de umidade está entre 7,5% e 20%; neste teor de água, ocorrem atividades enzimáticas mais simples e reações oxidativas relacionadas com a deterioração podem ser observadas. Quando as sementes são hidratadas e chegam entre 20 e 33% de umidade, está presente a água tipo 3, quando o metabolismo é bastante ativo, a exemplo da respiração, mas os mecanismos de reparo ainda não estão funcionando plenamente. Quando a semente atinge entre 33% e 41% de teor de água, apresenta a água tipo 4, que ocupa os espaços entre as macromoléculas, ocorre síntese de proteínas e ácidos nucleicos e reparos do DNA. A água tipo 5 está presente em sementes com teor de água superior à 41%; nesse estágio a água preenche os pequenos poros e participa da composição da solução celular.

2.2 Condicionamento fisiológico de sementes

A absorção de água é essencial para que ocorram reparos de danos presentes nas sementes e restabelecimento dos mecanismos necessários para a germinação e o condicionamento fisiológico é um procedimento no qual a

semente é parcialmente hidratada, permitindo o início dos processos bioquímicos preparatórios para a germinação, mas evitando que a protrusão da radícula ocorra (SANTOS et al., 2008; VARIER; VARI; DADLANI, 2010).

O condicionamento fisiológico apresenta diversas vantagens, como germinação rápida e uniforme, melhoria do vigor de lotes de sementes e produção de plântulas mais vigorosas em ambientes adversos (VARIER; VARI; DADLANI, 2010). Essa técnica tem sido estudada com sucesso em diversas culturas, particularmente em hortaliças, como alface (NASCIMENTO; CANTLIFFE, 1998), beterraba (COSTA; VILLELA, 2006; ROSSETTO; MINAMI; NAKAGAWA, 1998), cebola (CASEIRO; BENNETT; MARCOS FILHO, 2004; TRIGO; NEDEL; TRIGO, 1999), cenoura (BALBINOT; LOPEZ, 2006), pimentão (POSSE; SILVA; VIEIRA, 2004), tomate e pimenta (VENKATASUBRAMANIAN; UMARANI, 2007) e berinjela (FANAN; NOVENBRE, 2007; NASCIMENTO; LIMA, 2008; REIS et al., 2012; VENKATASUBRAMANIAN; UMARANI, 2007).

Existem diferentes formas de condicionamento fisiológico, e a variação entre os métodos consiste basicamente na maneira como a água está disponível. Santos et al. (2008) relatam que a hidratação das sementes pode ocorrer por meio do equilíbrio higroscópico com a atmosfera, embebição em substrato, imersão em água pura, ou a imersão em soluções salinas ou osmóticas. Pode variar quanto à secagem subsequente ou não, no número de ciclos de hidratação-desidratação e na duração do período de embebição. Para cada espécie devem ser realizados estudos para determinar a melhor maneira de realizar o condicionamento.

Para berinjela, Reis et al. (2012) verificaram que o condicionamento em solução aerada de KNO_3 a $-0,8$ MPa a 25 °C por 48 horas é eficiente em melhorar a qualidade fisiológica de lote de sementes. Contudo, os autores não

estudaram os efeitos da secagem nem do armazenamento sobre a qualidade fisiológica das sementes condicionadas.

Apesar das vantagens, o condicionamento fisiológico também tem limitações. Como exemplo, pode-se citar a necessidade das sementes passarem por uma secagem, a fim de facilitar o manuseio, a semeadura mecanizada e o armazenamento (DEMIR; ERMIS; OKCU, 2005). Outra desvantagem é acentuada redução da longevidade das sementes de algumas espécies (BRUGGINK; OOMS; TOORN, 1999; GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002), o que é mais expressivo em sementes de alto vigor (SIVASUBRAMANIAM et al., 2011).

Cada espécie responde de maneira diferente a essa secagem e já há pesquisas relacionadas ao tema, como será abordado mais adiante. Entretanto, estudos sobre os mecanismos responsáveis pela menor ou maior longevidade durante o armazenamento de sementes condicionadas ainda são escassos.

2.3 Secagem de sementes após o condicionamento fisiológico

A secagem de sementes é uma etapa essencial para a manutenção da qualidade pós-colheita. É realizada antes do beneficiamento, a fim de atingir teor de água compatível com o armazenamento e para facilitar o beneficiamento e melhorar a eficiência das máquinas utilizadas. A secagem deve ser realizada cuidadosamente, pois ao invés de preservar a qualidade das sementes, pode inutilizá-las completamente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Da mesma forma que a secagem pós-colheita, a secagem das sementes depois do condicionamento fisiológico, também chamada “dry back”, é fundamental para a comercialização de sementes com esse tipo de tratamento, pois facilita o manuseio, a semeadura mecânica e possibilita o armazenamento (DEMIR; ERMIS; OKCU, 2005). Contudo, dependendo dos procedimentos

utilizados para a secagem, da espécie considerada e do potencial fisiológico dos lotes, os benefícios do tratamento podem ser completamente revertidos (CASEIRO; MARCOS FILHO, 2005), porque os efeitos do condicionamento podem ser influenciados pelas condições que as sementes passarão logo em seguida (BUTLER et al., 2009). Assim, a secagem deve ser realizada de modo que os efeitos benéficos do condicionamento não sejam perdidos, ou que sejam minimamente alterados após a redução do teor de água, ou mesmo após certo período de armazenamento.

Braccini et al. (1997) comentam que a secagem de sementes após o condicionamento fisiológico tem sido realizada sob condições ambientais e por períodos relativamente longos, variando de sete a dez dias, e que esse processo pode acelerar a deterioração das sementes e prejudicar os efeitos do tratamento. Então, a secagem das sementes após o condicionamento deve ser realizada de forma que não seja tão longa e se for realizada sob condições controladas, poderá ser repetida várias vezes, gerando um pacote tecnológico para a produção e comercialização de sementes condicionadas.

Alguns fatores devem ser observados na secagem de sementes condicionadas, como a temperatura e a umidade relativa do ambiente, pois eles podem influenciar a taxa de secagem e, conseqüentemente, a qualidade das sementes e os efeitos do condicionamento (DEMIR; ERMIS; OKCU, 2005).

Estudos têm sido realizados, mas os resultados são conflitantes, e variam bastante entre as espécies. Por exemplo, sementes condicionadas de aipo, cebola e cenoura secadas a 30 °C apresentam menor viabilidade do que sementes secadas a 15 °C (BROCKLEHURST; DEARMAN, 1983). Por outro lado, sementes de alface submetidas ao condicionamento e secadas a 21 °C apresentam maior qualidade fisiológica do que as sementes secadas a 32 °C (GUEDES; CANTLIFFE, 1980). Em outro trabalho com essa mesma espécie, foi observado que o condicionamento seguido de secagem, provoca a perda da

viabilidade das sementes (WAGES; KARSSSEN, 1990). Em sementes de pimentão, os benefícios do condicionamento são mantidos quando a secagem é realizada a 35 °C e humidade relativa de 75%, enquanto que a secagem a 15 °C resulta em menor qualidade das sementes (DEMIR; ERMIS; OKCU, 2005). Em sementes condicionadas de cenoura cv. Brasília, a secagem a 35 °C por 1 até 5 horas não afeta a germinação (BALBINOT; LOPEZ, 2006). Portanto, há a necessidade de se estabelecer um procedimento adequado para cada espécie.

Diversos processos e mecanismos estão relacionados à aquisição de tolerância à dessecação em sementes ortodoxas, como o acúmulo de moléculas protetoras, redução do grau de vacuolização, presença de sistemas antioxidantes ativos, e mecanismos de reparo durante a reidratação das sementes (BERJAK; PAMMENTER, 2000; BRUGGINK; OOMS; TORN, 1999; CHAKRABORTEE et al., 2007; FARIA, 2006).

As sementes podem perder a viabilidade se alguns desses processos forem ineficientes ou estiverem ausentes durante a maturação, pois são importantes na prevenção de danos oxidativos e na manutenção da estrutura de macromoléculas e membranas (GUIMARÃES; DIAS; LOUREIRO, 2008; HOEKSTRA; GOLOVINA; BUITINK, 2001).

Os métodos utilizados para a reindução de tolerância à dessecação em sementes durante a germinação são similares àqueles propostos para prevenir a redução da longevidade em sementes submetidas ao condicionamento (CASEIRO; MARCOS FILHO, 2005) e os mecanismos fisiológicos que regulam esses atributos podem ser os mesmos, uma vez que tolerância à dessecação e longevidade são características estreitamente relacionadas (BRUGGINK; OOMS; TOORN, 1999; CASEIRO; MARCOS FILHO, 2005).

Alguns procedimentos utilizados para reinduzir a tolerância à dessecação em sementes estão relacionados à velocidade de secagem e à incubação em altas temperaturas antes da secagem, tais como a secagem lenta ou

rápida das sementes e a aplicação de choques de calor, que devem ser realizadas durante o tempo necessário para a reativação dos mecanismos citados anteriormente, mas sem causar danos às sementes (BRUGGINK; OOMS; TOORN, 1999; CASEIRO; MARCOS FILHO, 2005; GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002; HOEKSTRA; GOLOVINA; BUITINK, 2001; VARIER; VARI; DADLANI, 2010).

Métodos alternativos para a secagem de sementes após o condicionamento têm sido avaliados em várias pesquisas. Para sementes de tomate, não foi observado decréscimo na longevidade das sementes, quando houve redução de aproximadamente 10% no teor de água após o condicionamento, seguido de choque térmico e secagem rápida (GURUSINGHE; BRADFORD, 2001; GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002). Em sementes de repolho cv. Bartolo F1, verificou-se que a secagem rápida após o condicionamento apresentou severo efeito sobre a longevidade das sementes, enquanto que a secagem lenta não causou tanto prejuízo, além de proporcionar maior tolerância a estresses (SOEDA et al., 2005). Em alface, os melhores resultados foram observados quando as sementes condicionadas foram submetidas à secagem lenta ou quando houve redução do teor de água do que quando ocorreu secagem rápida (SCHWEMBER; BRADFORD, 2005). Já em sementes de melão-de-são-caetano submetidas ao condicionamento, constatou-se maior longevidade quando a secagem foi realizada rapidamente, em relação às sementes que passaram por secagem lenta e aquelas sem tratamento (LIN et al., 2005).

2.4 Alterações fisiológicas, bioquímicas e ultraestruturais devido à secagem de sementes condicionadas

Quando sementes quiescentes são hidratadas, os processos preparatórios para a germinação são iniciados, e a absorção de água segue um padrão trifásico (BEWLEY; BLACK, 1994). Durante o condicionamento fisiológico, as sementes devem chegar apenas até a segunda fase do processo germinativo, quando ainda são tolerantes à dessecação. Em seguida, podem ser secadas e os mecanismos que foram ativados, devem ser revertidos, sem que os efeitos benéficos do tratamento sejam perdidos.

Contudo, devido ao processo de hidratação-desidratação, a longevidade das sementes pode ser modificada, e alguns fatores podem ser responsáveis por isso, tais como a diminuição da quantidade de açúcares não-redutores; a modificação de algumas moléculas protetoras durante a desidratação, como as proteínas LEA (*Late Embryogenesis Abundant*); e alteração do sistema antioxidante, que protege contra radicais livres produzidos durante a secagem (BRUGGINK; OOMS; TOORN, 1999; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE; 1993). Todos esses fatores favorecem a desorganização do sistema de membranas celulares, ocasionando perda de funções.

Os oligossacarídeos são moléculas que fazem ligações de hidrogênio e, à medida que o tecido perde água, esses compostos a substituem, a fim de manter a estabilidade do sistema de membranas (HOEKSTRA; GOLOVINA; BUITINK, 2001) e, quando há redução do grau de umidade das sementes, a viscosidade do conteúdo celular aumenta, reduzindo a difusão de moléculas e diminuindo a probabilidade de reações químicas (BUITINK; LEPRINCE, 2008).

Com base nisso, uma das hipóteses para a redução da longevidade das sementes após o condicionamento fisiológico é que, quando as sementes são hidratadas e iniciam os processos preparatórios para a germinação, ocorre mobilização dos açúcares. Então, quando retornam ao teor de água inicial, o sistema de membrana se desorganiza, levando a uma rápida perda da viabilidade, principalmente sob condições adversas de armazenamento (GURUSINGHE; BRADFORD, 2001). Entretanto, já foi observado que tratamentos que restauraram a longevidade em sementes após o condicionamento não têm correlação com as mudanças no conteúdo de oligossacarídeos, afirmando que é improvável que apenas a redução desses compostos seja responsável pela redução da longevidade (BUTINK; HEMMING; HOEKSTRA, 2000; GURUSINGHE; BRADFORD, 2001; GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002).

Outras moléculas responsáveis pela estabilização do sistema de membranas quando as sementes perdem água, são as proteínas LEA e as de choque térmico (*heat shock protein* – HSP) (BUTINK; LEPRINCE, 2008; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). A quantidade de proteínas resistentes ao calor é reduzida à medida que a semente absorve água durante a germinação, reduzindo a tolerância à dessecação (ALBUQUERQUE et al., 2009). Por outro lado, tem sido observados incrementos na quantidade de HSP durante o condicionamento de sementes, sugerindo que essas proteínas previnem a agregação de outras formas e evitam que elas sejam degradadas em vias proteolíticas ou por espécies reativas de oxigênio (RAJJOU; DEBEAUJON, 2008; VARIER; VARI; DADLANI, 2010).

Verificou-se que a aplicação de tratamentos após o condicionamento, como a incubação em altas temperaturas pode induzir à síntese de proteínas de choque térmico (BUTLER et al., 2009; GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002), enquanto que a secagem lenta pode favorecer a síntese de

proteínas LEA (BUTLER et al., 2009). Dessa forma, esses tratamentos poderiam contribuir para maior tolerância à dessecação e aumentar a longevidade das sementes.

Quanto à atividade do sistema antioxidante durante a hidratação de sementes, tem sido observadas variações de acordo com as espécies, surgindo duas linhas de pensamento. Uma considera que com a hidratação da semente e início dos processos preparatórios para a germinação, há um aumento da atividade respiratória, intensificando a produção de radicais livres, o que aumenta a atividade do sistema antioxidante (BAILLY, 2004; VARIER; VARI; DADLANI, 2010; WOJTYLA et al., 2006). Em alguns estudos tem sido verificado que o condicionamento melhora a qualidade fisiológica das sementes em virtude de haver um aumento na atividade desse sistema (BAILLY et al., 2000; CHIU; CHEN; SUNG, 2003; LIN et al., 2005; RUDRAPAL; NAKAMURA, 1988; YEH et al., 2005; YEH; SUNG, 2008). A outra linha de pensamento defende que o sistema antioxidante faz parte de uma complexa rede de mecanismos que proporciona a tolerância à dessecação, e quando as sementes absorvem água para iniciar a germinação, não precisam mais desse sistema de defesa, havendo redução da atividade das enzimas removedoras de radicais livres, e quando são submetidas ao estresse oxidativo durante a secagem após o condicionamento, esse sistema volta à atividade (CHEN; ARORA, 2011).

Apesar de haver divergências quanto à ativação e supressão do sistema de defesa contra radicais livres durante a hidratação e secagem de sementes, há um consenso sobre a sua importância. Pesquisas têm mostrado que as enzimas do sistema antioxidante, ou *scavengers*, possuem papel essencial na manutenção da qualidade das sementes durante a secagem, pois removem as espécies reativas de oxigênio (EROs) formadas (CHEN; ARORA, 2011; HOEKSTRA; GOLOVINA; BUITINK, 2001).

As EROs são moléculas tóxicas, e seu acúmulo causa danos às células, tais como a peroxidação de lipídios de membranas, degradação de proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos, podendo chegar à morte celular, causando sérios prejuízos à qualidade do lote de sementes (BAILLY, 2004; BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006; CARVALHO, 2008; TIAN; SONG; LEI, 2008), além de reduzir a longevidade durante o armazenamento (LIN et al., 2005; SCHWAMBER; BRADFORD, 2011; YEH et al., 2005).

Entre os diversos sistemas enzimáticos que atuam na proteção do organismo durante estresses oxidativos, a superóxido dismutase (SOD) e a catalase (CAT) são essenciais na degradação dos compostos formados. A SOD é responsável pela dismutação do radical superóxido (O_2^-) em O_2 e H_2O_2 , sendo considerada a primeira linha de defesa contra as espécies reativas de oxigênio (CARVALHO, 2008). A CAT catalisa a reação de decomposição da molécula de H_2O_2 em H_2O e O_2 (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006).

As moléculas protetoras e o sistema antioxidante atuam em conjunto, a fim de evitar ou reduzir os danos causados às células. Quando os mecanismos de proteção não funcionam de maneira adequada ou não conseguem fornecer o suporte necessário, os primeiros danos que ocorrem são alterações estruturais, como a desorganização de membranas celulares, que podem levar à redução da qualidade fisiológica das sementes ou à perda da viabilidade (BERJACK; PAMMENTER, 2000; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993).

Alguns estudos mostram que alterações em membranas celulares estão relacionadas a métodos de secagem inadequados. Borém, Marques e Alves (2008) e Saath et al. (2010) verificaram que a secagem de grãos de café em temperaturas elevadas compromete a organização do sistema de membranas. Silva et al. (2007), avaliando a ultraestrutura e a qualidade fisiológica durante o desenvolvimento e secagem de sementes de soja, concluíram que quando a secagem é realizada com elevados teores de água, ocorrem danos de membrana

e que esses danos estão relacionados à redução da qualidade fisiológica das sementes.

Como as sementes, apresentam elevados teores de água após o condicionamento e, quando submetidas à secagem ocorre redução acentuada da umidade, é provável que ocorram lesões em membranas celulares que estejam relacionadas a prejuízos na qualidade das sementes.

2.5 Armazenamento de sementes submetidas ao condicionamento

O maior desafio para quem armazena sementes é conseguir que a qualidade fisiológica seja mantida durante o período de armazenamento, visto que melhorá-la não é possível mesmo sob condições ideais (VILLELA; PERES, 2004).

Os fatores que afetam a qualidade fisiológica e a longevidade das sementes durante o armazenamento são a temperatura e a umidade relativa do ambiente, o teor de água das sementes e características influenciadas pelo genótipo e suas interações com ambiente durante a maturação, na colheita e pós-colheita (MARCOS FILHO, 2005; WALTERS; BALLESTEROS; VERTUCCI, 2010). Para hortaliças, geralmente as sementes são armazenadas com baixos teores de água, de 5 a 7%, e são utilizadas embalagens herméticas ou impermeáveis.

A temperatura de armazenamento afeta diretamente a velocidade das reações químicas, acelerando a respiração e a degradação de reservas, recomendando-se o uso de temperaturas mais baixas (MARCOS FILHO, 2005). Portanto, quando as sementes são comercializadas e armazenadas nas propriedades, onde normalmente as condições são de altas temperaturas, o processo de deterioração acontece com maior velocidade.

Para as sementes condicionadas, verifica-se que a qualidade fisiológica é reduzida rapidamente durante o armazenamento para algumas espécies (DIAS et al., 1999; NASCIMENTO, 2002) e que há acentuada redução da longevidade dependendo do vigor inicial do lote (BRUGGINK; OOMS; TOORN, 1999; GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002; VARIER; VARI; DADLANI, 2010). Entretanto, os efeitos benéficos do condicionamento fisiológico podem ser mantidos por mais tempo de acordo com as condições como as sementes são acondicionadas.

Em alguns trabalhos tem sido verificado que o uso de embalagens a vácuo ou de ambientes com reduzido teor de oxigênio e baixa umidade relativa, favorece a manutenção da qualidade fisiológica de sementes condicionadas de alface e cebola (SCHWEMBER; BRADFORD, 2011), melão-de-são-caetano (YEH et al., 2005) e milho-doce (CHIU; CHEN; SUNG, 2003) durante o armazenamento. Nesses trabalhos, a conservação do vigor e da viabilidade foi atribuída ao melhor funcionamento do sistema antioxidante e ao menor acúmulo de radicais livres, que pode ser devido à baixa concentração de oxigênio desfavorecer a formação de EROs (BAILLY, 2004).

Verifica-se, portanto, a necessidade de se desenvolver pesquisas sobre secagem e armazenamento de sementes condicionadas. Uma vez que a disponibilidade de métodos práticos é relevante para a evolução do conhecimento científico e pode abrir novos horizontes para a pesquisa; além de proporcionar a utilização dessa tecnologia pelas empresas produtoras de sementes e aumentar a oferta de sementes condicionadas aos produtores de hortaliças.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

Os ensaios e avaliações foram conduzidos no Laboratório Central de Sementes, do Departamento de Agricultura, no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Molecular de Plantas, do Departamento de Biologia, e no Laboratório de Microscopia Eletrônica, do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras.

3.2 Material utilizado

Foram utilizadas sementes de berinjela cv. Embu produzidas em 2007. Após a extração e lavagem, as sementes foram secadas em secador apenas com ventilação. Depois, foram acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas em câmara fria (15 °C e 55% UR), onde permaneceram até o início dos ensaios.

3.3 Ensaios

Foram realizados dois ensaios para verificar o método de secagem que melhor mantenha os efeitos benéficos do condicionamento fisiológico de sementes de berinjela durante o armazenamento.

3.3.1 Ensaio 1

No primeiro ensaio, as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em solução aerada de KNO_3 (-0,8 MPa), a 25 °C por 48 horas, com fotoperíodo de 8 horas, de acordo com metodologia descrita por Reis et al. (2012).

Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente para remover a solução osmocondicionante presente no tegumento e o excesso de água foi retirado por centrifugação das sementes em centrífuga de folhas.

Em seguida, as sementes foram divididas em dez partes iguais, que passaram pelos seguintes procedimentos ou combinação deles: redução inicial do teor de água, choque térmico e secagem lenta ou rápida.

A porção de sementes que passou pela redução inicial do teor de água foi pesada e permaneceu sob condições ambientais até que se verificasse redução de aproximadamente 10% do peso inicial.

Para a aplicação do choque térmico, as sementes foram acondicionadas em embalagens herméticas e colocadas em banho-maria a 36 °C durante 1 hora.

A secagem lenta foi realizada em BOD, com temperatura de 25 °C e 60% UR, por 48 horas. A secagem rápida ocorreu em estufa com circulação forçada de ar a 32 °C e 45% UR, por 48 horas.

A combinação dos procedimentos descritos acima constituiu os tratamentos estudados: testemunha (sementes sem condicionamento - Test); sementes condicionadas e sem secagem (Cond); secagem lenta (SL); secagem rápida (SR); choque térmico + secagem lenta (CTSL); choque térmico + secagem rápida (CTSR); redução do teor de água + secagem lenta (rSL); redução do teor de água + secagem rápida (rSR); redução do teor de água + choque térmico + secagem lenta (rCTSL); redução do teor de água + choque térmico + secagem rápida (rCTSR).

3.3.1.1 Variáveis avaliadas

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram submetidas às avaliações de qualidade física e fisiológica, análises bioquímicas e ultraestruturais, como descrito a seguir.

Curva de secagem

Durante a secagem das sementes condicionadas de berinjela, acompanhou-se a redução do teor de água das sementes. Utilizaram-se quatro amostras de 0,5 g para cada tipo de secagem (lenta e rápida). A redução da massa úmida das sementes foi acompanhada pela aferição em balança de precisão ($\pm 0,001$ g) nos seguintes intervalos: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42 e 48 horas. O teor de água das sementes foi avaliado após 48 horas, pelo método da estufa a 105 °C (BRASIL, 2009) com base na massa da matéria seca. Determinou-se ainda, a velocidade de secagem em pontos percentuais por hora ($pp.h^{-1}$).

Teor de água

O teor de água das sementes foi avaliado antes, após o condicionamento fisiológico e após a secagem das sementes. Para cada tratamento, foram utilizadas três amostras de 0,5 g de sementes avaliadas pelo método da estufa a 105 °C (BRASIL, 2009). Os resultados foram apresentados em porcentagem com base na massa úmida.

Porcentagem de germinação

Quatro repetições de 50 sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel, em caixas gerbox, que permaneceram em câmaras tipo BOD com temperatura alternada 20-30 °C e fotoperíodo de 8 horas, até 14 dias após a instalação do teste, quando foi computada a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Teste de emergência

Quatro repetições de 50 sementes foram semeadas em caixas plásticas contendo areia e terra (2:1 v/v) umedecida (60% da capacidade de retenção do substrato) e mantidas em câmara de crescimento a 25 °C e fotoperíodo de 8 horas até 21 dias após a semeadura, quando foi computado o número de plântulas normais emergidas, calculando-se a **porcentagem de emergência**.

Foram realizadas avaliações diárias das plântulas emergidas, calculando-se o **índice de velocidade de emergência** e o **tempo médio de emergência** de acordo com as fórmulas proposta por Labouriau (1983) e Maguire (1962).

Condutividade elétrica

Quatro repetições de 0,5 g de sementes foram imersas em 20 mL de água deionizada a 25 °C, por 24 horas, de acordo com metodologia descrita por Rudrapal e Nakamura (1988), com modificações. Avaliou-se a condutividade elétrica da solução em condutivímetro e os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente.

Análise da atividade do sistema antioxidante

O extrato enzimático foi obtido pela maceração em nitrogênio líquido de 0,2 g de sementes, às quais foram adicionados 1,5 mL do tampão de extração contendo: 1,47 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), 15 µL de EDTA 0,1 M (pH 7,0), ácido ascórbico 0,001 M e 12 mg de PVP. O extrato permaneceu 12 horas em geladeira, quando foi centrifugado a 13.000 xg por 10 minutos a 4 °C. Em seguida, o sobrenadante foi coletado e centrifugado novamente a 13.000 xg por 10 minutos. Os sobrenadantes coletados foram utilizados nas análises enzimáticas da superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) (BIEMELT; KEETMAN; ALBRECHT, 1998).

A atividade da superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) foi avaliada pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT), conforme proposto por Giannopolitis e Ries (1977), com modificações. Adicionou-se 10 µL do extrato enzimático a 190 µL do meio de incubação composto por: tampão de fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), metionina 14 mM, EDTA 0,1 µM, NBT 75 µM e riboflavina 2 µM. A placa de acrílico UV, contendo o meio de incubação e a amostra, foi iluminada com lâmpada fluorescente de 20 W por 10 minutos. As leituras foram realizadas a 560 nm em espectrofotômetro de ELISA. Uma unidade da SOD corresponde à quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a fotorredução do NBT nas condições do ensaio.

A atividade da catalase (CAT, EC 1.11.1.6) foi avaliada segundo Haver e McHale (1987), em que uma alíquota de 10 µL do extrato enzimático foi adicionada a 190 µL do meio de incubação contendo 100 µL de fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0) e 10 µL de peróxido de hidrogênio 12,5 mM e 80 µL de água destilada incubado a 28 °C. A atividade dessa enzima foi determinada

pelo decréscimo na absorvância a 240 nm, a cada 15 segundos, por 3 minutos, monitorado pelo consumo de peróxido de hidrogênio por meio do espectrofotômetro de ELISA. O coeficiente de extinção molar utilizado foi $36 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ corrigido para $18 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ uma vez que os poços da placa UV possuem 0,5 cm de comprimento.

Eletroforese de proteínas resistente ao calor

Foram macerados 100 mg de cada amostra em cadinhos em presença de PVP e nitrogênio líquido. Adicionou-se tampão de extração (Tris Base 50 mM pH 7,5; NaCl 0,5 M; MgCl_2 0,005 M; Metil Sulfonil Fluoreto - PMSF 0,001 M; água destilada; e β -mercaptoetanol 0,1%), na proporção de 10 partes de tampão para 1 de amostra, de acordo com Alfenas et al. (1991).

As amostras foram centrifugadas a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C. Depois, o sobrenadante foi separado e incubado em banho-maria a 85 °C por 15 minutos. Em seguida, foram centrifugados novamente, como descrito acima, e coletado 70 μL do sobrenadante, que foram colocados em microtubos de 2 mL com um furo na tampa, acrescentando-se 40 μL do tampão da amostra (2,5 mL de glicerol; 0,46 g de SDS; 20 mg de azul de Bromofenol) e, em seguida, transferido para água fervente durante 5 minutos.

Foram aplicados 50 μL da amostra em gel de poliacrilamida SDS-PAGE a 6% (gel concentrador) e 12,5% (gel separador). A corrida eletroforética foi realizada a 150 V por 6 horas, como descrito por Alfenas et al. (1991). A coloração dos géis foi realizada utilizando-se solução de Coomassie Blue 0,05% por 12 horas e solução de ácido acético e álcool etílico para descoloração.

Análise ultraestrutural

Foram retiradas 20 sementes assistematicamente de cada tratamento. Em seguida, as sementes foram colocadas em fixador primário Karnovsky modificado (Glutaraldeído 2,5%, Formaldeído 2,5% em tampão Cacodilato de Sódio 0,05 M pH 7,2 e CaCl_2 0,001 M), onde permaneceram por 48 horas. Em seguida, as sementes foram colocadas em glicerol 30% por 30 minutos e depois cortadas transversalmente com bisturi em nitrogênio líquido para subsequente lavagem em água destilada e posterior fixação secundária em Tetróxido de Ósmio 1% (3 gotas/amostra) em tampão Cacodilato 0,05 M pH 7,2 por 1 hora. Após a segunda fixação, os cortes dos embriões foram lavados em água destilada por três vezes e submetidos à desidratação em gradiente de acetona a 25%, 50%, 75%, 90% e 100%, durante 10 minutos cada. Uma vez desidratado, o material foi submetido à secagem ao ponto crítico no secador CPD 030 e posterior banho de ouro no evaporador SCD 050. A visualização das amostras foi realizada em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo 40 (ALVES, 2004).

3.3.1.2 Análise estatística

Para o ensaio 1, a análise de variância foi realizada de acordo com um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para as análises de qualidade fisiológica e três repetições para as análises enzimáticas. Quando o teste F foi significativo, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Para a condutividade elétrica, além da comparação de médias, foi realizado o teste de Scheffé a 5% de significância para comparar

as sementes que passaram pelo choque térmico e aquelas que não foram submetidas a esse tratamento.

3.3.2 Ensaio 2

No segundo ensaio, as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em solução aerada de KNO_3 (-0,8 MPa), a 25 °C por 48 horas, com fotoperíodo de 8 horas (REIS et al., 2012).

Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente para remover a solução osmocondicionante presente no tegumento e o excesso de água foi retirado por centrifugação das sementes em centrífuga de folhas.

Em seguida, as sementes foram submetidas aos melhores métodos de secagem verificados no primeiro ensaio: secagem lenta (SL), secagem rápida (SR), redução do teor de água + secagem lenta (rSL) e redução do teor de água + secagem rápida (rSR), além das sementes sem condicionamento, que foi a testemunha (Test).

A porção de sementes que passou pela redução inicial do teor de água foi pesada e permaneceu sob condições ambientais até que se verificasse redução de aproximadamente 10% do peso inicial.

A umidade relativa do ar estava entre 71 e 84%. Então, para realizar a secagem lenta, foi utilizada câmara BOD a 25 °C contendo sílica gel em seu interior, o que reduziu a umidade relativa para 40 a 50%. Na secagem rápida foi utilizada estufa com circulação forçada de ar a 32 °C com umidade relativa entre 55 e 65%. A umidade relativa de cada ambiente foi monitorada por meio de termo-higrômetro (Marca: Instrutheme Modelo: THAR-185).

Depois de 48 horas de secagem, as sementes foram acondicionadas em embalagens impermeáveis aluminizadas sob duas condições, a vácuo e atmosfera normal, e mantidas em câmaras climatizadas a 10 e 25 °C, durante 0,

30 e 60 dias. Após cada período de armazenamento, as sementes foram submetidas a avaliações de qualidade fisiológica e bioquímicas.

3.3.2.1 Variáveis avaliadas

No ensaio 2, a **porcentagem de germinação** e o **teste de emergência** foram realizados da mesma forma como descritos para o ensaio 1. As demais variáveis avaliadas foram descritas a seguir.

Teor de água

O teor de água das sementes foi avaliado para cada tratamento, em cada época de armazenamento. Foram utilizadas três amostras de 0,5 g de sementes avaliadas pelo método da estufa a 105 °C (BRASIL, 2009). Os resultados foram apresentados em porcentagem com base na massa úmida.

Deterioração controlada

Foi utilizada a metodologia descrita por Fanan e Novembre (2007), com modificações. Foram pesados 2 g de sementes e colocados em embalagem impermeável, adicionando-se um volume de água necessário para elevar o teor de água das sementes para 24%. As embalagens foram seladas e deixadas a 10 °C durante 5 dias, a fim de uniformizar a umidade em seu interior. Após esse período, as embalagens foram colocadas em BOD por 24 horas a 45 °C. Em seguida, foi montado um teste de germinação de acordo com a metodologia descrita anteriormente e a contagem das plântulas normais foi realizada aos 10 dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Eletroforese de isoenzimas

Foram seguidas as recomendações de Vieira (1996) com modificações. Em cada época de avaliação, para cada tratamento, foram coletados cerca de 3 g de sementes e armazenados a -86 °C até o início das análises. Foram macerados 100 mg de sementes em presença de PVP e nitrogênio líquido. Para a extração das enzimas foi utilizado tampão Tris HCl (0,2 M pH 8,0) na proporção de 600 µL por 100 mg de sementes, que foram homogeneizados e mantidos por 12 horas a 4 °C, seguido de centrifugação a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C. A corrida eletroforética foi realizada em gel de poliacrilamida em sistema descontínuo, 4,5% (gel concentrador) e 7,5% (gel separador) e o sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina (pH 8,9). Foram aplicados 40 µL do sobrenadante da amostra e a corrida efetuada a 150 V por 5 horas. Terminada a corrida, os géis foram revelados para os sistemas isoenzimáticos catalase e superóxido dismutase de acordo com Alfenas (1998).

3.3.2.2 Análise estatística

A análise de variância foi realizada de acordo um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2x3: cinco tipos de secagem (sem condicionamento, secagem lenta, secagem rápida, redução do teor de água + secagem lenta e redução do teor de água + secagem rápida), duas embalagens (a vácuo e atmosfera normal) e três épocas de armazenamento (0, 30 e 60 dias). Cada ambiente de armazenamento (10 e 25 °C) foi analisado separadamente. Quando o teste F foi significativo, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio 1

Na Figura 1, encontram-se as curvas de secagem dos dois métodos utilizados: secagem rápida e lenta de sementes de berinjela após condicionamento fisiológico.

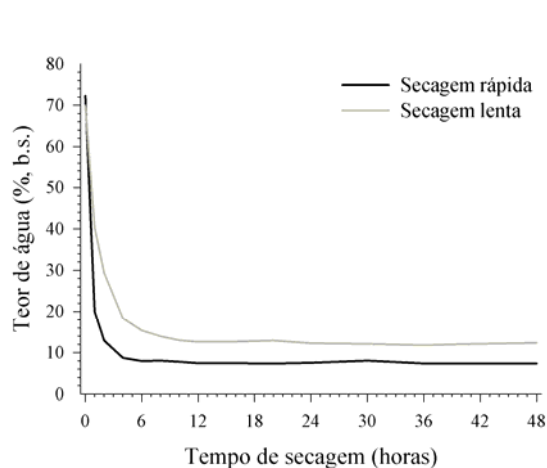


Figura 1 Curva de secagem de sementes de berinjela cv. Embu, após o condicionamento fisiológico, pelo método de secagem rápida e lenta.

Observou-se que o teor de água das sementes submetidas à secagem rápida foi reduzido drasticamente, partindo de 72,3% e chegando 19,9% após uma hora, o que corresponde a uma velocidade de secagem de $52,4 \text{ pp.h}^{-1}$. Nas cinco horas seguintes, o decréscimo foi menos acentuado, chegando a 8,0%, reduzindo a uma velocidade de $2,4 \text{ pp.h}^{-1}$. Depois, a umidade das sementes apresentou pequenas variações devido às variações da umidade relativa do ar, finalizando com 7,4% após 48 horas de secagem.

Para a secagem lenta, a velocidade de secagem foi modificada ao longo do período considerado. As sementes partiram de um teor de água de 69,9% e

atingiram 40,3% na primeira hora, com velocidade de secagem de 29,6 pp.h⁻¹, valor bem menor do que aquele verificado para a secagem rápida. Após mais uma hora de secagem, as sementes chegaram a 29,4% de umidade com redução de 10,9 pp.h⁻¹. Nas horas subsequentes, a velocidade de secagem foi decrescente, ou seja, diminuiu ao longo do tempo. Após 12 horas, as sementes chegaram a 12,6% de umidade e esse valor passou por pequenas alterações nas 36 horas seguintes, finalizando com 12,4% de umidade.

A perda de água inicial foi mais rápida, porque as sementes continham água tipo 5, 4 e 3, que são mais facilmente perdidas, pois estão apenas preenchendo os espaços intercelulares e diluindo o conteúdo celular. Depois, quando o grau de umidade é inferior a 20%, a água presente, tipo 2 e 1, está ligada aos compostos da semente por meio de ligações químicas, como pontes de hidrogênio e ligações iônicas, e participam da constituição da semente, sendo mais difícil retirá-la (VERTUCCI; FARRANT, 1995).

Gurusinghe e Bradford (2001) avaliaram a secagem de sementes de alface e tomate após o condicionamento fisiológico e verificaram que o teor de água decresce exponencialmente no início da secagem, atingindo a metade do valor inicial após 2 horas, mesmo quando foi utilizado método que proporcionou secagem lenta.

Na Figura 2, estão apresentados os teores de água com base na massa úmida das sementes de berinjela antes e após a aplicação dos tratamentos. Inicialmente, as sementes estavam com 9,2% de umidade e após o condicionamento fisiológico, chegaram a 38,4%. Em seguida, as sementes foram submetidas a diferentes métodos de secagem e observou-se que para a secagem lenta as sementes chegaram a teores de água entre 9,3 e 9,5%, enquanto que para a secagem rápida, a umidade foi reduzida a valores entre 7,0 e 7,5%. Como cada tipo de secagem foi realizado em ambientes com temperaturas e umidades

relativas diferentes, os graus de umidade encontrados são referentes ao teor de água no equilíbrio higroscópico.

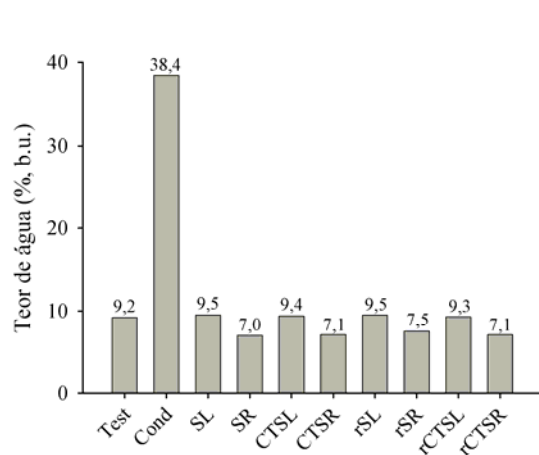


Figura 2 Teor de água (base úmida) de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Pelo resumo da análise de variância apresentado na Tabela 1, observou-se efeito significativo dos métodos de secagem para a porcentagem de germinação, índice de velocidade e tempo médio de emergência e condutividade elétrica. Para a porcentagem de emergência, não foi constatado efeito significativo dos tratamentos. Para atividade enzimática da superóxido dismutase, não houve efeito significativo dos métodos de secagem, enquanto que para a catalase, observou-se diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 1 Resumo da análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), porcentagem (PE), índice de velocidade (IVE) e tempo médio de emergência (\bar{t}), condutividade elétrica (CE) e atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		PG	PE	IVE	\bar{t}	CE	SOD	CAT
Secagem	9	24,48*	25,88 ^{ns}	0,45**	0,26**	2548,18**	21861,74 ^{ns}	0,229**
Resíduo	30/20 ¹	9,81	14,50	0,09	0,07	27,86	16434,63	0,052
CV (%)		3,40	4,07	4,82	3,53	4,31	16,90	16,71

^{ns}não significativo, *significativo a 5% pelo teste F, **significativo a 1% pelo teste F.

¹GL do resíduo referente à atividade da SOD e CAT.

De acordo com os dados expostos na Figura 3, as sementes condicionadas e as sementes condicionadas e submetidas à secagem lenta expressaram as maiores porcentagens de germinação, 96% e 97%. Nos demais tratamentos, não houve diferença significativa, apresentando 91% de germinação, em média.

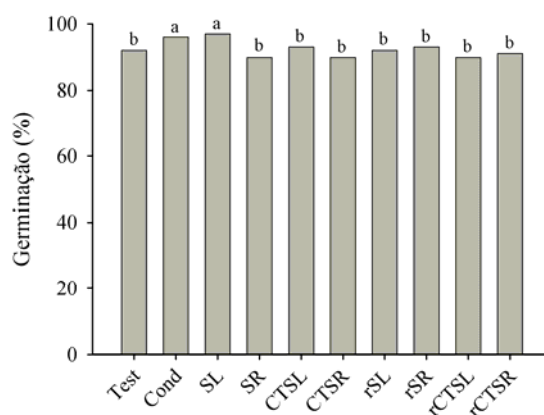


Figura 3 Porcentagem de germinação de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Como esse teste é realizado em condições ótimas para a germinação, é difícil detectar diferenças na qualidade quando as sementes apresentam alta viabilidade. Contudo, em tecnologia de sementes, no teste de germinação, são contabilizadas apenas as plântulas normais e foi possível verificar que o condicionamento fisiológico proporcionou incrementos dessa categoria de plântulas, o que pode ser o resultado do reparo de algum dano presente nas sementes.

De forma similar, as sementes condicionadas e submetidas à secagem lenta também se destacaram na porcentagem de germinação, mostrando que os benefícios obtidos com o condicionamento foram mantidos nesse tratamento.

Pela porcentagem de emergência, apresentada na Figura 4, não houve diferença estatística entre os tratamentos, com média igual a 94%. Por esse resultado verifica-se que, em relação à testemunha, mesmo não ocorrendo incrementos significativos na emergência das sementes após os tratamentos, os

métodos de secagem não prejudicaram o estande final avaliado 21 dias após a semeadura.

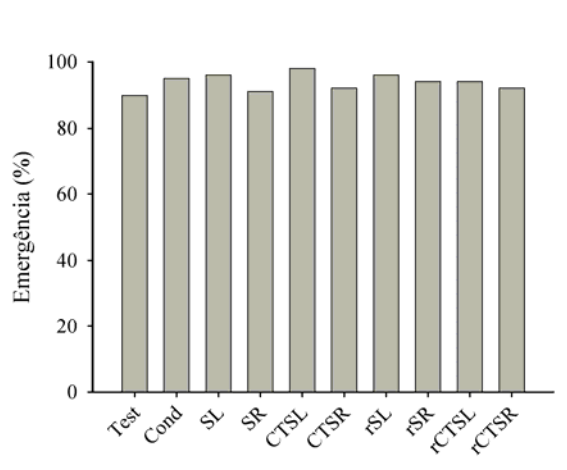


Figura 4 Porcentagem de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

Apesar de não ter sido encontrada diferença significativa entre os tratamentos para a porcentagem de emergência, quando se avaliou o índice de velocidade de emergência (Figura 5), houve diferença em relação à testemunha com média de 5,42, enquanto que as sementes condicionadas e submetidas ou não a algum método de secagem expressaram maiores velocidades de emergência e não diferiram estatisticamente entre si, com média igual a 6,32.

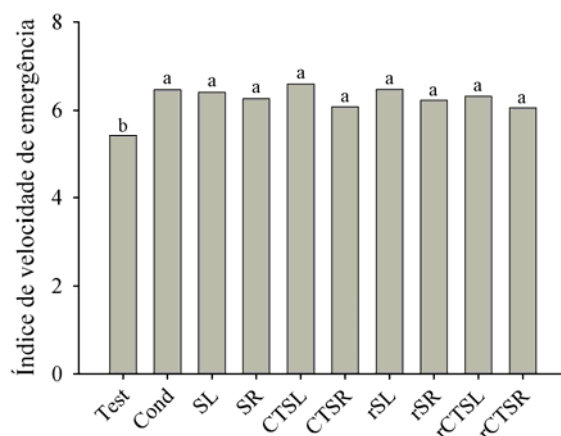


Figura 5 Índice de velocidade de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Os resultados encontrados no índice de velocidade refletiram no tempo médio de emergência (Figura 6), em que as sementes condicionadas ou condicionadas e submetidas a algum método de secagem não diferiram significativamente entre si e exibiram a máxima emergência em menor tempo (7,6 dias) do que a testemunha (8,3 dias).

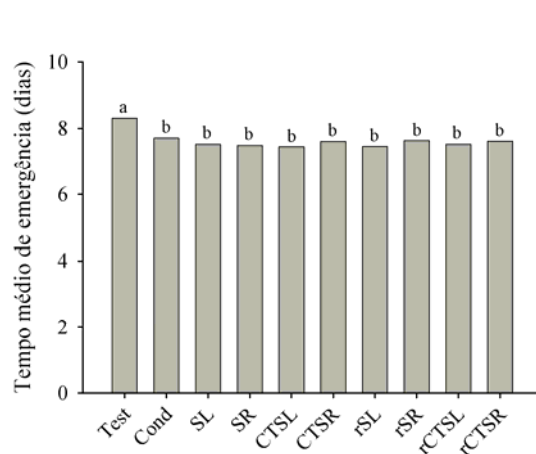


Figura 6 Tempo médio de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Os resultados obtidos para o índice de velocidade (Figura 5) e para o tempo médio de emergência (Figura 6) corroboram com aqueles obtidos por Caseiro e Marcos Filho (2005) para sementes de cebola, em que não houve reversão dos efeitos benéficos do condicionamento quando as sementes foram submetidas a diferentes métodos de secagem.

De acordo com os dados encontrados para a condutividade elétrica (Figura 7), a testemunha apresentou os maiores valores ($168,45 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e as sementes apenas condicionadas apresentaram os menores ($74,01 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), o que se deve ao maior teor de água dessas sementes (38,4%), mas também merece destaque a reorganização do sistema de membranas que ocorreu durante o condicionamento.

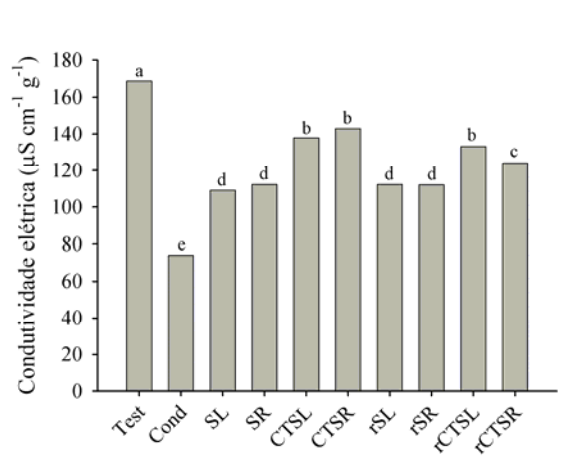


Figura 7 Condutividade elétrica de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Entre as sementes que passaram por algum tipo de secagem após o condicionamento fisiológico, destacaram-se dois grupos: as sementes que não foram submetidas ao choque térmico e sementes que passaram pelo choque térmico. O primeiro grupo apresentou média significativamente menor ($111,39 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) do que o segundo ($134,46 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$).

As sementes submetidas ao choque térmico foram acondicionadas em embalagens herméticas e permaneceram em banho-maria a 36°C durante 1 hora e, pelos maiores valores encontrados na condutividade elétrica, infere-se que a utilização desse tratamento tenha causado algum tipo de dano ao sistema de membranas celulares das sementes, o que permitiu maior concentração de lixiviados na solução de embebição. Resultados semelhantes foram observados por Caseiro e Marcos Filho (2005), que obtiveram menor condutividade elétrica para sementes de cebola secadas rapidamente do que naquelas submetidas ao choque térmico, que foram mantidas a 35°C por 1, 3 e 5 horas.

Pela atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (Figura 8), não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos. Sedghi (2013), trabalhando com sementes de *Callendula officinalis* (L.), não observou diferenças para a atividade dessa enzima entre sementes condicionadas e sementes condicionadas e secadas a 20 e 30 °C. Por outro lado, Chen e Arora (2011) verificaram maior atividade da SOD em sementes de espinafre sem condicionamento do que após o tratamento, já as sementes condicionadas e submetidas à secagem apresentaram valores intermediários.

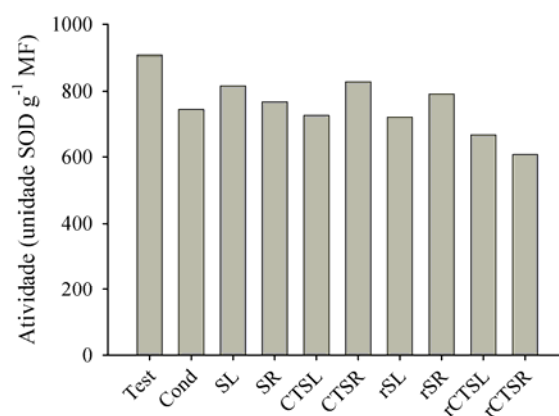


Figura 8 Atividade da enzima superóxido dismutase em sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Para a catalase (Figura 9), observou-se menor atividade nas sementes condicionadas e sem secagem. Para os demais tratamentos verificou-se maior atividade, exceto nas sementes que passaram pela redução do teor de água seguido de secagem lenta, que apresentaram valores intermediários. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Chen e Arora (2011), que verificaram maior atividade dessa enzima em sementes sem

condicionamento do que após o tratamento e, quando as sementes condicionadas foram secadas, verificaram-se incrementos na atividade da CAT, mas os valores encontrados permaneceram inferiores àqueles observados para as sementes sem tratamento.

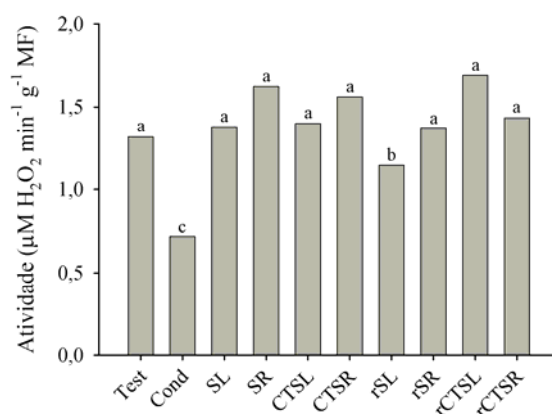


Figura 9 Atividade da enzima catalase em sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Chen e Arora (2011) comentam que a atividade do sistema antioxidante pode ser reduzida nos estágios iniciais da germinação. Assim, durante o condicionamento fisiológico, quando ocorre hidratação parcial das sementes iniciando os processos preparatórios para a germinação, também pode se verificar tal redução. Quando as sementes são secadas após o condicionamento, os mecanismos de proteção contra as EROs são novamente necessários, verificando-se incrementos na atividade de enzimas do sistema antioxidante.

A SOD e a CAT são as principais enzimas envolvidas na manutenção da longevidade das sementes durante o armazenamento, e durante o condicionamento é comum observar redução em sua atividade (CHEN;

ARORA, 2011). No entanto, Bailly et al. (2000) observaram comportamento distinto para sementes de girassol, em que a atividade da SOD e CAT aumentou após condicionamento das sementes, mas quando compararam as sementes sem condicionamento e as sementes condicionadas e submetidas à secagem, não houve diferença significativa.

Na Figura 10, estão os padrões de proteínas resistentes ao calor de sementes de berinjela. Em todos os tratamentos foram encontradas proteínas com alto e médio peso molecular, que estão na parte superior e mediana da figura. Acredita-se que sejam proteínas LEA, que estão presentes em menor quantidade em sementes de berinjela, pois, apesar de ser sabido que essas proteínas são degradadas durante a hidratação das sementes (ALBUQUERQUE et al., 2009; BEWLEY, 1997; CHEN; ARORA, 2011), a testemunha também apresentou bandas com baixa intensidade.

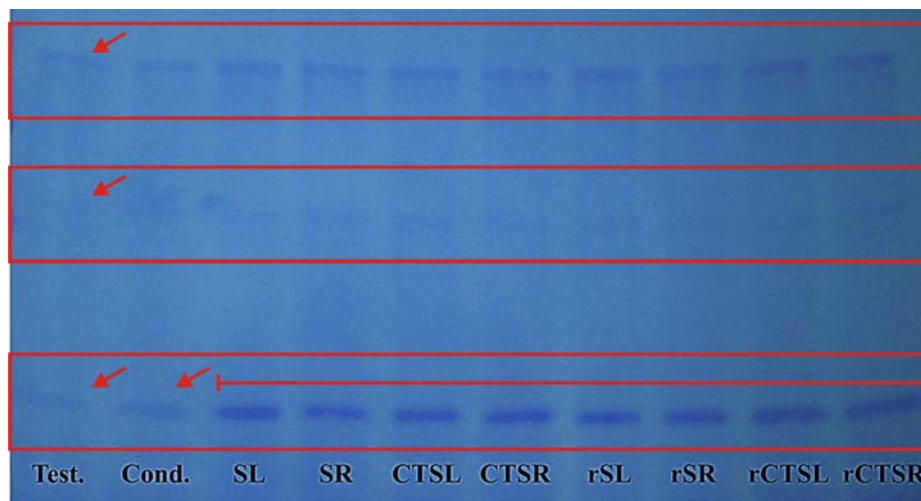


Figura 10 Padrão de proteínas resistentes ao calor de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem. SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Na parte inferior da Figura 10, onde estão localizadas as proteínas com menor peso molecular, observaram-se bandas em menor intensidade para a testemunha, já para as sementes condicionadas a intensidade foi intermediária, e para as sementes submetidas à secagem após condicionamento, verificou-se maior intensidade. Provavelmente estas são proteínas de choque térmico, ou *heat shock*, que têm menor peso molecular. Elas são responsáveis por estabilizar a conformação de outras proteínas e estão associadas à viabilidade das sementes durante a maturação e armazenamento, além de protegerem outras moléculas durante a secagem, conferindo tolerância à dessecação (WU et al., 2011).

Apesar de não haver diferenças perceptíveis na intensidade das bandas referentes aos tratamentos de secagem após o condicionamento (Figura 10), estudos relatam que a secagem lenta após condicionamento induz a síntese de proteínas LEA, enquanto que a aplicação de choque térmico pode favorecer a síntese de proteínas *heat shock*, e ambos os mecanismos são benéficos para a longevidade das sementes (GURUSINGHE; POWELL; BRADFORD, 2002).

Os dados obtidos pela atividade enzimática e pela eletroforese de proteínas resistentes ao calor estão de acordo com a afirmação de Soeda et al. (2005). Esses autores comentam que os mecanismos de proteção são reduzidos durante o condicionamento fisiológico, mas que podem ser restaurados após métodos de secagem apropriados.

Quando o sistema antioxidante e as proteínas resistentes ao calor não funcionam perfeitamente, podem ocorrer alterações estruturais, tais como a desorganização de membranas celulares, ocasionando perda da viabilidade ou redução da qualidade fisiológica das sementes (BERJACK; PAMMANTER, 2000).

Para visualizar o sistema de membranas celulares de sementes de berinjela, foi realizada a análise ultraestrutural por meio de microscopia

eletrônica de varredura. Observou-se que na testemunha (Figura 11A) o conteúdo celular estava desorganizado e que, após o condicionamento fisiológico, ocorreu melhor compartimentalização do conteúdo celular (Figura 11B). Esses resultados podem ser associados à condutividade elétrica verificada para a testemunha e sementes condicionadas, pois esse teste está relacionado com a quantidade de lixiviados na solução de embebição, e quanto mais desorganizado é o sistema de membranas, maiores são os valores observados para a condutividade elétrica.

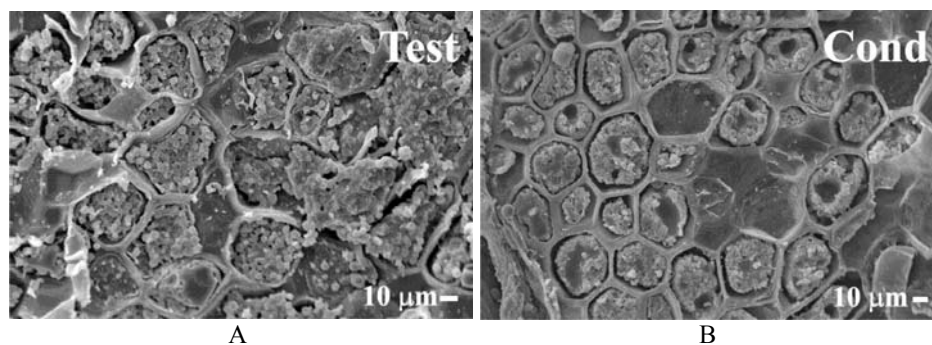


Figura 11 Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de sementes de berinjela cv. Embu sem condicionamento (A) e após condicionamento fisiológico (B). Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); Cond – sementes condicionadas sem secagem.

Nas sementes submetidas à secagem, com ou sem redução do teor de água inicial (Figuras 12), a organização das células ocasionada pelo condicionamento fisiológico foi mantida após a secagem das sementes, o que proporcionou menor condutividade elétrica do que nas sementes submetidas ao choque térmico, como pode ser observado na Figura 7.

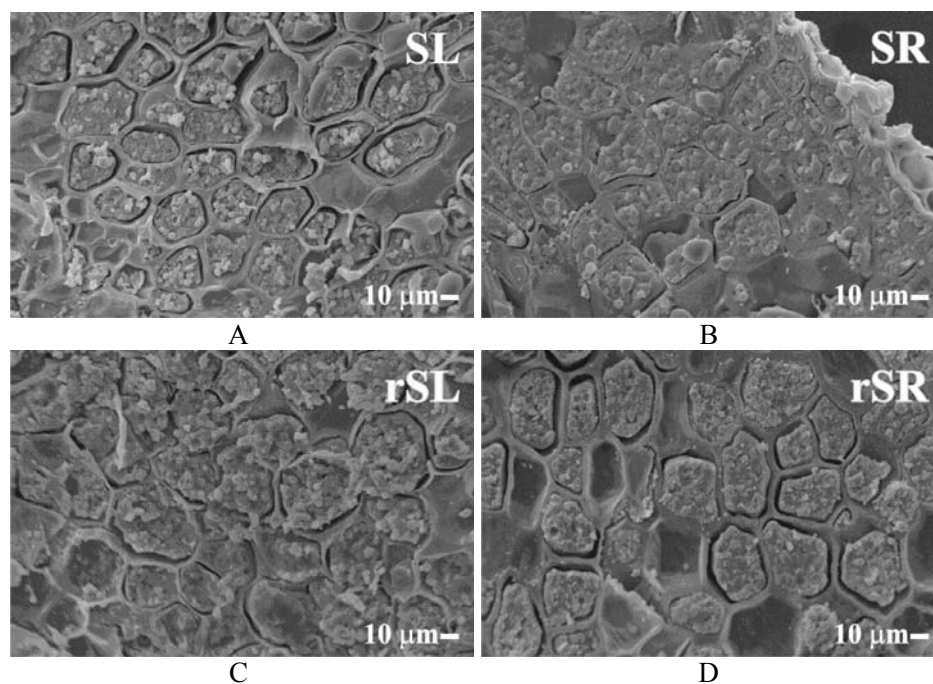


Figura 12 Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico.

SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Nos tratamentos em que foi realizado o choque térmico, verificou-se aglutinação de algum composto (destacado com setas na Figura 13), que pode ter acontecido devido à desestruturação das membranas de alguma organela. Nas sementes condicionadas e submetidas à combinação de choque térmico e secagem lenta (Figuras 13A e 13C), o coalescimento ocorreu em maior grau do que nas sementes que passaram pelo choque térmico seguido de secagem rápida (Figuras 13B e 13D).

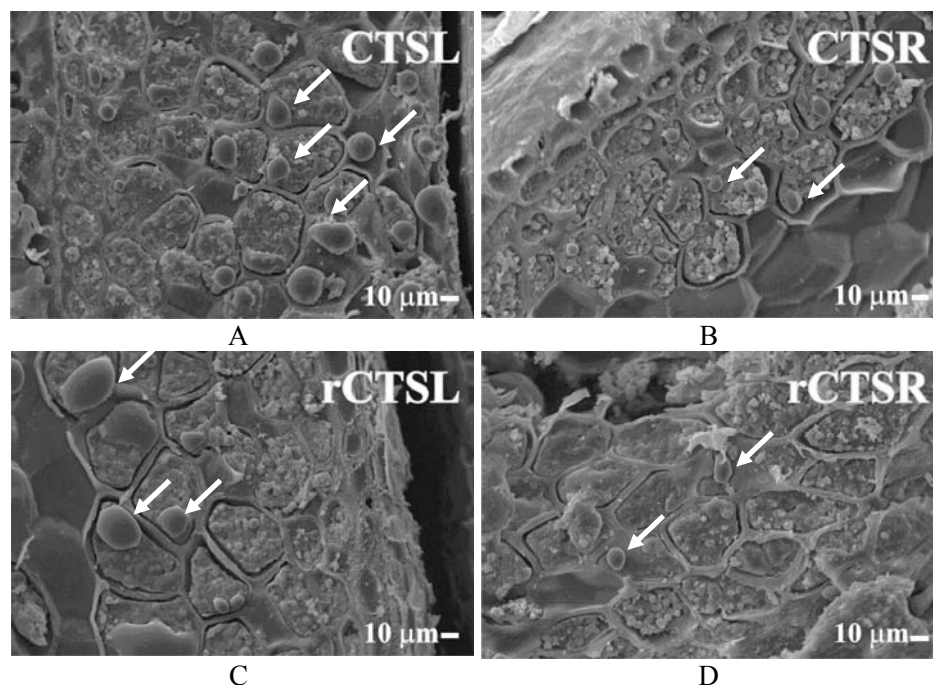


Figura 13 Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de sementes de berinjela cv. Embu condicionadas e submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico. A aglutinação de compostos está indicada pelas setas.

SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; CT – choque térmico; r – redução do teor de água.

Pode-se inferir, portanto, que os danos observados nas imagens estão relacionados à maior condutividade elétrica verificada para as sementes submetidas ao choque térmico. Esses resultados corroboram com Silva et al. (2007), que constataram que a maior incidência de danos estruturais nas membranas proporcionou maiores valores de condutividade elétrica de sementes de soja após a secagem.

De forma geral, verificaram-se melhorias no potencial fisiológico das sementes de berinjela após o condicionamento e os benefícios foram mantidos após a secagem, principalmente para a secagem lenta, que manteve a mesma porcentagem de germinação das sementes condicionadas e sem secagem.

Pelo teste de condutividade elétrica, observou-se que a aplicação do choque térmico foi prejudicial à qualidade das sementes e, de acordo com os dados bioquímicos, verificou-se que o sistema antioxidante e as proteínas resistentes ao calor foram reduzidos após o condicionamento e foram reativados quando as sementes passaram pela secagem.

Por último, constatou-se reorganização do sistema de membranas após o condicionamento, e que os tratamentos de choque térmico danificaram membranas de algumas organelas causando aglutinação de compostos.

Portanto, após o condicionamento fisiológico, a secagem de sementes de berinjela pode ser realizada de forma lenta, preferivelmente, ou rápida havendo ou não a redução do teor de água antes da secagem.

4.2 Ensaio 2

Pelo resumo da análise de variância apresentado na Tabela 3, nas duas temperaturas de armazenamento foram encontrados resultados similares. No teor de água das sementes, verificou-se que as interações tempo x secagem e tempo x embalagem foram significativas. Na porcentagem de germinação houve as interações tempo x secagem, tempo x embalagem e secagem x embalagem foram significativas. Para a porcentagem de emergência, ocorreu efeito significativo apenas para secagem. No tempo médio de emergência e deterioração controlada, verificou-se efeito significativo apenas para os fatores tempo e secagem isoladamente. Para o índice de velocidade de emergência, os resultados encontrados foram diferentes, pois no armazenamento a 10 °C verificou-se que a interação tempo x secagem foi significativa, enquanto que a 25 °C apenas os fatores tempo e secagem, isoladamente, apresentaram efeito significativo.

Tabela 2 Resumo da análise de variância para o teor de água (TA), a porcentagem de germinação (PG), porcentagem (PE), índice de velocidade (IVE) e tempo médio de emergência (\bar{t}), deterioração controlada (DC) e condutividade elétrica (CE) de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico, acondicionadas em duas embalagens por 0, 30 e 60 dias e armazenadas a 10 e 25 °C.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		TA	PG	PE	IVE	\bar{t}	DC	
Armazenamento a 10 °C	Tempo (A)	2	1,65**	787,00**	14,69 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,60**	19906,13**
	Secagem (B)	4	43,73**	405,46**	359,84**	5,13**	2,25**	1529,72**
	Embalagem (C)	1	1,38**	66,50 ^{ns}	67,50 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}	374,53 ^{ns}
	AxB	8	0,39**	352,64**	19,51 ^{ns}	0,55**	0,10 ^{ns}	125,59 ^{ns}
	AxC	2	0,39**	106,63**	17,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}	110,53 ^{ns}
	BxC	4	0,05 ^{ns}	52,36*	2,83 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	101,78 ^{ns}
	AxBxC	8	0,06 ^{ns}	29,51 ^{ns}	11,31 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	126,66 ^{ns}
	Resíduo	60 ¹ /90	1,87	20,13	24,36	0,18	0,06	119,64
	CV (%)		2,67	5,31	5,63	7,43	3,25	19,18
	Armazenamento a 25-°C	Tempo (A)	2	2,03**	437,56**	86,62 ^{ns}	0,60*	2,95**
Secagem (B)		4	184,42**	1215,20**	615,15**	7,04**	2,24**	885,88**
Embalagem (C)		1	0,49**	248,45*	113,43 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}	24,30 ^{ns}
AxB		8	2,53**	342,91**	57,61 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,07 ^{ns}	132,41 ^{ns}
AxC		2	0,25**	190,51**	28,49 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	40,30 ^{ns}
BxC		4	0,12 ^{ns}	209,25**	61,51 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,16 ^{ns}	98,72 ^{ns}
AxBxC		8	0,31 ^{ns}	73,53 ^{ns}	29,28 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,13 ^{ns}	40,09 ^{ns}
Resíduo		60 ¹ /90	1,42	38,91	28,93	0,17	0,08	74,92 ^{ns}
CV (%)			2,33	7,40	6,14	7,19	3,74	16,35

^{ns} não significativo, * significativo a 5% pelo teste F, ** significativo a 1% pelo teste F.

¹ Graus de liberdade do resíduo para o teor de água.

Inicialmente, o grau de umidade da testemunha era de 9,9% e houve redução após o armazenamento. O grau de umidade das sementes que passaram por algum tipo de secagem ficou entre 4,9 e 6,8% ao longo do armazenamento, valores inferiores àqueles observados para a testemunha (Figuras 14A e 14 B).

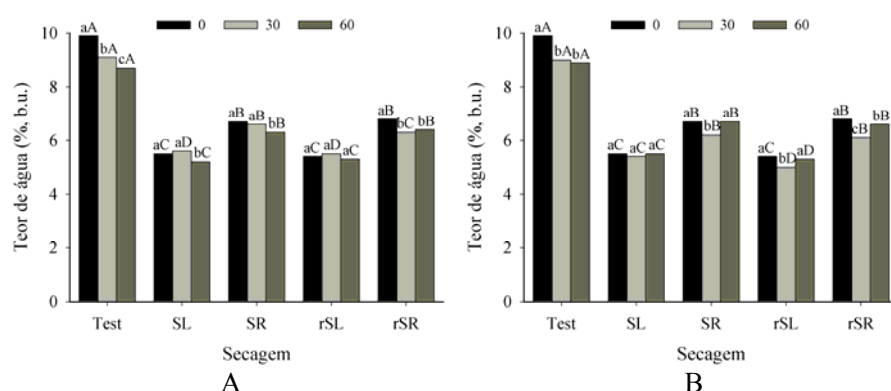


Figura 14 Teor de água (% b.u.) de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas por 0, 30 e 60 dias a 10 (A) e 25 °C (B).

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, minúscula entre tempos dentro de cada tipo de secagem e maiúscula entre tipos de secagem dentro de cada tempo, pelo teste de Scott-Knott a de 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Ainda na Figura 14, verifica-se que, ao longo do armazenamento a 10 e 25 °C, as sementes submetidas à secagem lenta estavam com menores valores de umidade do que aquelas submetidas à secagem rápida, pois, apesar da secagem lenta ter ocorrido em temperatura menor (25 °C), a umidade relativa do ambiente estava mais baixa, entre 40 e 50%, proporcionando um ponto de equilíbrio higroscópico menor do que na secagem na rápida, que ocorreu a 32 °C e umidade relativa entre 55 e 65%.

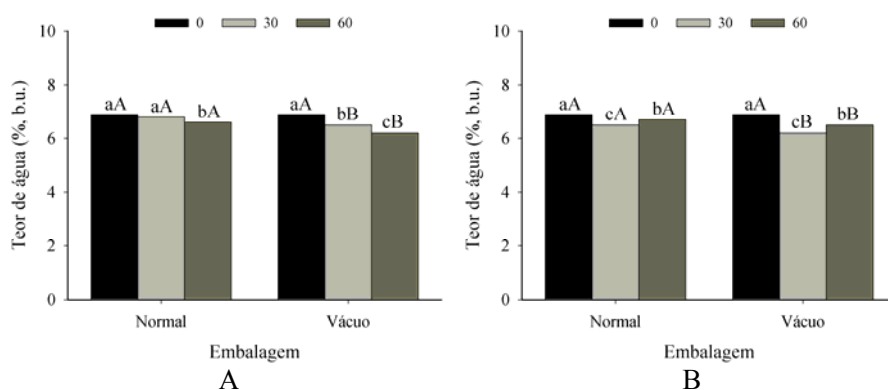


Figura 15 Teor de água (% b.u.) de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas por 0, 30 e 60 dias a 10 (A) e 25 °C (B). Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, minúscula entre tempos dentro de cada tipo de embalagem e maiúscula entre tipos de embalagens dentro de cada tempo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Em relação às embalagens, observou-se que nos dois ambientes de armazenamento, as sementes a condicionadas a vácuo apresentaram menores teores de água do que as sementes acondicionadas em embalagem normal (Figuras 15A e 15B). Isso pode ser devido ao fato de que o vácuo reduz a pressão de vapor da água, facilitando a redução do teor de água pela perda de umidade das sementes para o espaço existente no interior da embalagem.

Para sementes de olerícolas, geralmente o armazenamento é realizado com teores de água entre 5 e 7%, uma faixa de umidade em que as atividades metabólicas são restritas, o que deve ter contribuído para manter a qualidade das sementes que passaram pelo condicionamento seguido de secagem. Por outro lado, a testemunha esteve durante todo o armazenamento com umidade superior a 8,5%, favorecendo a ocorrência de algumas atividades enzimáticas e reações oxidativas relacionadas com a deterioração (MARCOS FILHO, 2005).

As sementes sem condicionamento armazenadas a 10 °C (Figura 16A) mantiveram a germinação inicial (84%) até 30 dias (87%), reduzindo para 61% nos 30 dias subsequentes. Enquanto que a 25 °C (Figura 16B), a porcentagem de germinação reduziu ao longo do armazenamento, com valor inicial e após 30 e 60 dias igual a 84%, 74% e 57%, respectivamente.

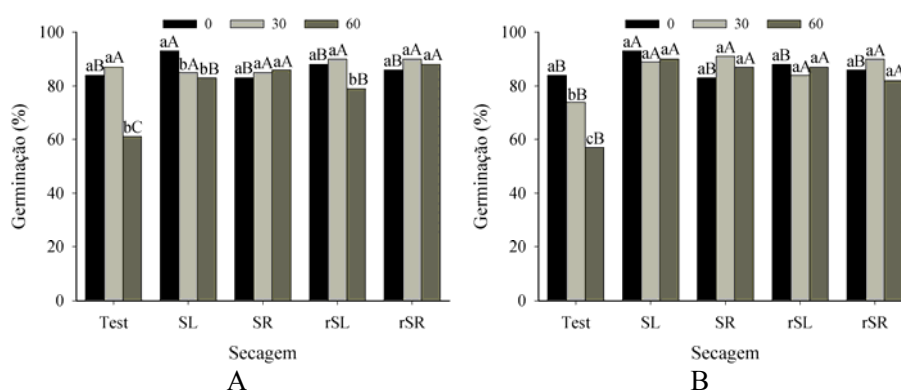


Figura 16 Porcentagem de germinação de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas por 0, 30 e 60 dias a 10 °C (A) e 25 °C (B).

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, minúscula entre tempos dentro de cada tipo de secagem e maiúscula entre tipos de secagem dentro de cada tempo, pelo teste de Scott-Knott a de 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Antes do armazenamento, as sementes submetidas à secagem lenta apresentaram germinação superior (93%) aos demais tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram 85% de germinação, em média (Figura 16).

Após 30 dias armazenados a 10 °C (Figura 16A), não houve diferença significativa entre a porcentagem de germinação dos tratamentos, com média igual a 87%. Depois de 60 dias, as sementes submetidas à secagem rápida, sem redução do teor de água (86%) e com redução (88%), não diferiram entre si e

apresentaram maior germinação do que as sementes que passaram pelos dois tipos de secagem lenta (sem redução do teor de água - 83% e com redução - 79%), que não diferiram entre si. A testemunha, por sua vez, apresentou a menor taxa de germinação (61%), que pode ser explicado pelo acondicionamento em embalagens impermeáveis e o maior teor de água, cerca de 9%, do que as sementes condicionadas e secadas.

Para o armazenamento a 25 °C (Figura 16B), não foi observada diferença significativa para a porcentagem de germinação entre os métodos de secagem em todas as épocas de armazenamento e dentro de cada tipo de secagem, mantendo-se ao longo do tempo, em geral, acima de 80%.

Como a temperatura de 25 °C é uma condição mais adversa de armazenamento do que 10 °C, as sementes com menor vigor (testemunha) perderam mais rapidamente a viabilidade do que as sementes submetidas ao condicionamento seguido de secagem. Com esse resultado pode-se inferir que os efeitos do condicionamento foram preservados ao longo do armazenamento, para essa variável, pois a porcentagem de germinação das sementes foi mantida e atende, inclusive, aos padrões propostos para sementes básicas (70%) e certificadas (80%) de berinjela (BRASIL, 2012).

A redução da germinação observada para as sementes sem condicionamento pode ter ocorrido devido ao maior grau de umidade durante o armazenamento, que estava entre 8,5 e 9,3%, enquanto que para as sementes submetidas ao condicionamento e secadas em seguida, o grau de umidade era menor, entre 4,9 e 6,8%. Powell et al. (2000) verificaram que sementes de couve-flor armazenadas a 10 e 20 °C com teores de água entre 4,5 e 5,2% mantiveram a germinação acima de 90% durante 12 meses, enquanto sementes com 12% de umidade perderam rapidamente a viabilidade.

Pelos dados apresentados na Figura 17A, no armazenamento a 10 °C em embalagem normal e a vácuo, a porcentagem de germinação inicial (87% e

87%) e após 30 dias (88% e 87%) não diferiram entre si e foram superiores àquela encontrada no final do armazenamento (77% e 82%). Apesar de comportamentos semelhantes, vale ressaltar que após 60 dias, a diminuição verificada para as sementes acondicionadas em embalagem normal foi maior do que das sementes da embalagem a vácuo, reduzindo 10 e 5 pontos percentuais. Como na embalagem a vácuo há menor tensão de oxigênio do que na embalagem normal, essa condição pode ter contribuído para reduzir a atividade das EROs, que prejudicam a qualidade das sementes (YEH et al., 2005).

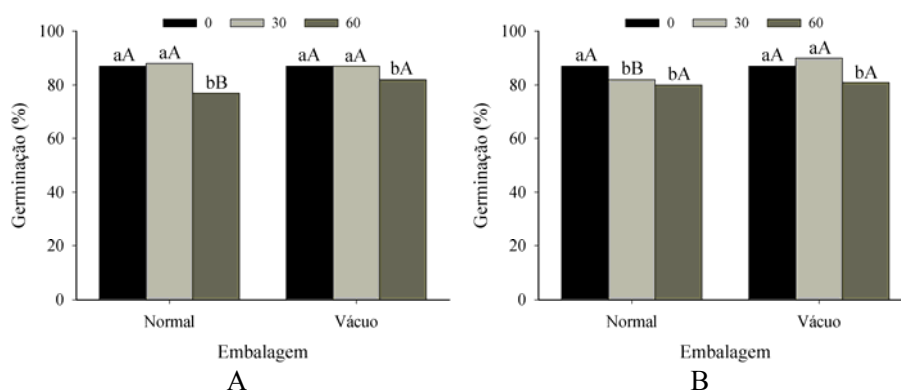


Figura 17 Porcentagem de germinação de sementes de berinjela cv. Embu acondicionadas em duas embalagens e armazenadas a 10 °C (A) e 25 °C (B) por 0, 30 e 60 dias.

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, minúscula entre tempos dentro de cada tipo de embalagem e maiúscula entre tipos de embalagens dentro de cada tempo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

No armazenamento a 25 °C em embalagem normal (Figura 17B), a porcentagem de germinação inicial (87%) foi superior à das sementes armazenadas por 30 (82%) e 60 dias (80%), que não diferiram entre si. Para a embalagem a vácuo, a germinação inicial (87%) não diferiu da observada após 30 dias (90%), sendo superior a das sementes armazenadas por 30 dias em embalagem normal (82%). No entanto, após 60 dias de armazenamento, a

germinação reduziu significativamente, diminuindo para 81% e não diferindo do valor verificado para as sementes armazenadas em embalagem normal (80%).

Chiu, Chen e Sung (2003) e Yeh et al. (2005), trabalhando com sementes de milho-doce e de melão-de-são-caetano, constataram que sementes submetidas ao condicionamento e acondicionadas em embalagens a vácuo apresentaram maior porcentagem de germinação do que as sementes de embalagens normais, após 12 meses de armazenamento a 25 °C. Nos dois trabalhos, a manutenção da longevidade das sementes foi atribuída à redução da ação de radicais livres.

Na interação secagem x embalagem, para as sementes armazenadas a 10 °C (Figura 18A), quando houve redução do teor de água seguido de secagem lenta, as sementes acondicionadas em embalagem a vácuo apresentaram maior porcentagem de germinação (89%) do que aquelas acondicionadas em embalagem normal (83%). Para a testemunha e os outros métodos de secagem não houve diferença significativa entre embalagens. Verificou-se também, que as sementes submetidas à secagem após condicionamento fisiológico apresentaram maior porcentagem de germinação do que as sementes sem condicionamento (testemunha) nas duas embalagens.

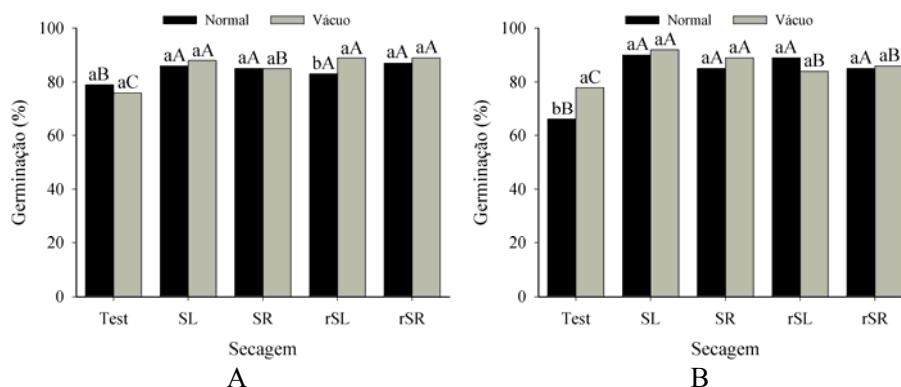


Figura 18 Porcentagem de germinação de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e acondicionadas em duas embalagens (normal e vácuo), a 10 °C (A) e 25 °C (B).

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, minúscula entre tipos de embalagens dentro de cada tipo de secagem e maiúscula entre tipos de secagem dentro de cada tipo de embalagem, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

No armazenamento a 25 °C (Figura 18B), observou-se diferença entre as embalagens apenas para a testemunha, e a embalagem a vácuo (78%) preservou melhor a porcentagem de germinação das sementes do que a embalagem normal (66%).

Ainda na Figura 18B, as sementes secadas após condicionamento apresentaram maior germinação do que a testemunha, em ambas as embalagens. Para as sementes acondicionadas a vácuo, a porcentagem de germinação das sementes submetidas apenas à secagem lenta ou à secagem rápida foram superiores àqueles verificados para os tratamentos com redução do teor de água seguido de secagem.

Como o armazenamento a 10 °C é uma condição que promove a redução da atividade metabólica das sementes, não houve diferença significativa entre os tipos de embalagens. Contudo, para as sementes sem condicionamento

armazenadas a 25 °C em embalagem normal, que é uma condição mais adversa, observou-se maior redução da germinação. Yeh et al. (2005) observaram que a condição a vácuo propiciou que a germinação inicial de sementes condicionadas de melão-de-são-caetano permanecesse inalterada por três meses, mas após 12 meses houve redução significativa. Chiu, Chen e Sung (2003) explicam que na condição aeróbica, a redução da longevidade está relacionada às injúrias causadas por EROs durante o armazenamento.

Quanto à porcentagem de emergência (Figuras 19A e 19B), observou-se comportamento similar para as duas temperaturas de armazenamento, não havendo diferença significativa entre tipos de secagem, que foram superiores à testemunha.

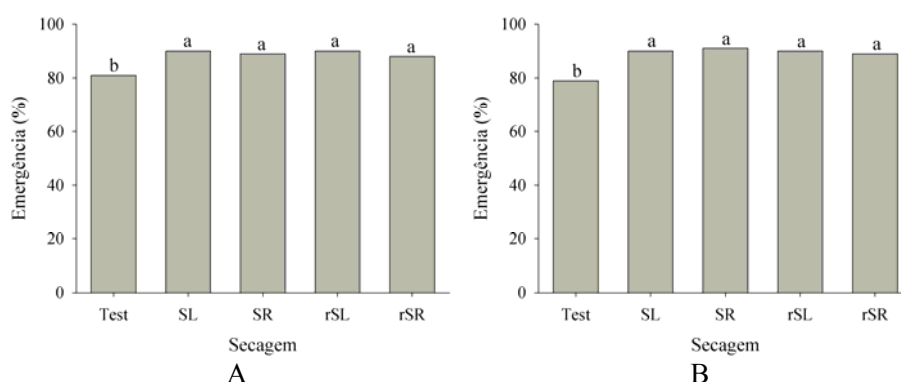


Figura 19 Porcentagem de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas a 10 °C (A) e 25 °C (B).

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Para o índice de velocidade de emergência das sementes armazenadas a 10 °C (Figura 20), os resultados da testemunha foram sempre inferiores ao longo do armazenamento, em relação aos métodos de secagem. Enquanto que para os

tipos de secagem não houve diferença significativa entre tempos de armazenamento nem entre métodos de secagem.

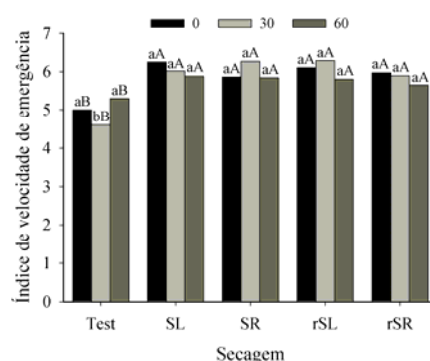


Figura 20 Índice de velocidade de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas a 10 °C por 0, 30 e 60 dias.

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, minúscula entre tempos dentro de cada tipo de secagem e maiúscula entre tipos de secagem dentro de cada tempo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Ainda na Figura 20, encontrou-se índice de velocidade de emergência inicial igual a 5,0 para a testemunha, reduzindo após 30 dias (4,6). No entanto, observou-se incremento depois de 60 dias de armazenamento (5,3). Esse resultado pode ser devido a uma peculiaridade dessa variável, que consiste em aumentos na velocidade, mesmo que ocorra redução da porcentagem de emergência, ou seja, se as plântulas emergirem nos primeiros dias do teste, mesmo que as porcentagens finais sejam baixas, os valores do índice de velocidade são mais altos e incoerentes com os resultados da emergência, expressando o vigor restrito às plântulas que emergiram. Ranal e Santana (2006) comentam sobre esse problema e recomendam a utilização desse teste apenas quando as porcentagens de germinação, ou de emergência, das amostras são semelhantes.

Em relação à velocidade de emergência das sementes armazenadas a 25 °C, os tratamentos de secagem após condicionamento fisiológico não diferiram entre si, apresentando média igual a 6,03 e foram superiores à testemunha com 4,83 (Figura 21A).

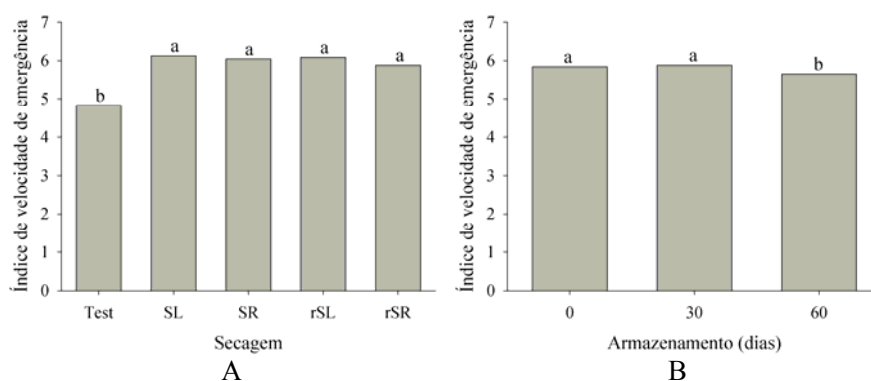


Figura 21 Índice de velocidade de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico (A) e armazenadas por 0, 30 e 60 dias (B) a 25 °C.

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Comparando os tempos de armazenamento a 25 °C, apresentada na Figura 21B, o índice de velocidade de emergência obtido inicialmente e depois de 30 dias não diferiram entre si (5,84 e 5,88) e foram superiores ao valor encontrado após 60 dias de armazenamento (5,65).

Em relação ao tempo médio de emergência (Figura 22), verificou-se comportamento similar entre as sementes armazenadas a 10 e 25 °C, não sendo observadas diferenças significativas entre os tipos de secagem, que expressaram a máxima germinação em menor tempo do que a testemunha.

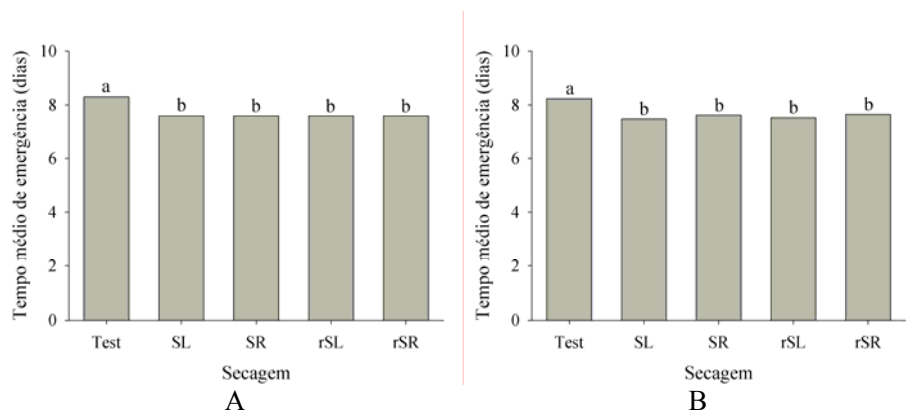


Figura 22 Tempo médio de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas a 10 °C (A) e 25 °C (B).

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Ainda para o tempo médio de emergência, mas comparando os tempos de armazenamento (Figura 23), os valores obtidos a 0 e 30 dias não diferiram entre si e foram inferiores àquele obtido após 60 dias de armazenamento, em ambas as temperaturas de armazenamento. Yeh et al. (2005) também verificaram incrementos no tempo médio de germinação de sementes sem condicionamento de melão-de-são-caetano e atribuíram esse resultado ao maior acúmulo de peróxidos causado pela redução da atividade do sistema antioxidante.

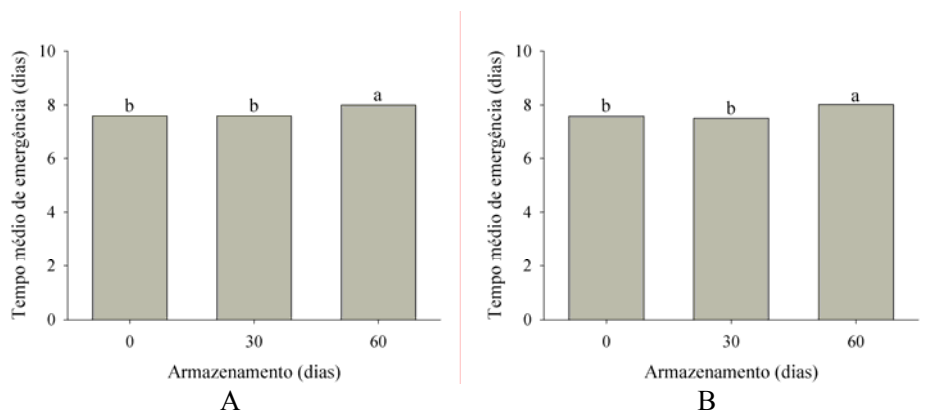


Figura 23 Tempo médio de emergência de sementes de berinjela cv. Embu submetidas à secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas por 0, 30 e 60 dias a 10 °C (A) e 25 °C (B). Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para a porcentagem de germinação após deterioração controlada (Figura 24 **Figura 24**), observou-se que, nas duas temperaturas, não houve diferença significativa entre os tipos de secagem e que a testemunha apresentou resultados significativamente inferiores, ou seja, as sementes submetidas ao condicionamento seguido de secagem apresentaram maior potencial de armazenamento do que a testemunha. Yeh e Sung (2008) verificaram resultados similares em sementes de melão-de-são-caetano com e sem condicionamento submetidas ao envelhecimento acelerado. Esses autores observaram que, após o envelhecimento acelerado, as sementes condicionadas expressaram maior porcentagem de germinação do que as sementes sem tratamento. Rudrapal e Nakamura (1988) também verificaram que sementes de berinjela e rabanete submetidas a tratamentos de hidratação-desidratação apresentaram melhores resultados do que a testemunha após o envelhecimento acelerado. Esses autores comentam ainda que, nas sementes tratadas, foi observada maior atividade das desidrogenases e menor peroxidação de lipídios.

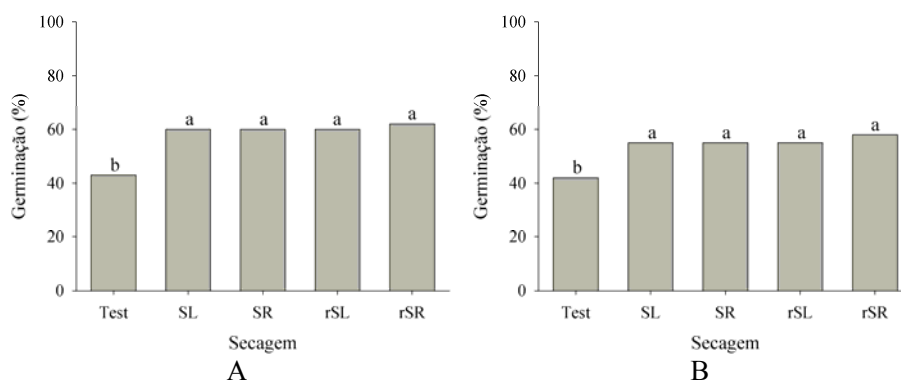


Figura 24 Porcentagem de germinação após a deterioração controlada de sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas a 10 °C (A) e 25 °C (B). Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água.

Analisando o comportamento durante o armazenamento das sementes submetidas à deterioração controlada (Figura 25), constatou-se que o vigor das sementes foi reduzindo com o tempo, nas duas temperaturas. Contudo, mesmo que 10 °C seja uma condição mais amena do que 25 °C, as germinações após deterioração controlada foram similares, 61% e 63%, o que significa que o potencial de armazenamento das sementes reduziu de forma análoga nos dois ambientes após 30 dias. Entretanto, depois de 60 dias de armazenamento verificou-se menor redução da germinação na temperatura de 10 °C do que a 25 °C, iguais a 43 e 58 pontos percentuais em relação ao valor inicial.

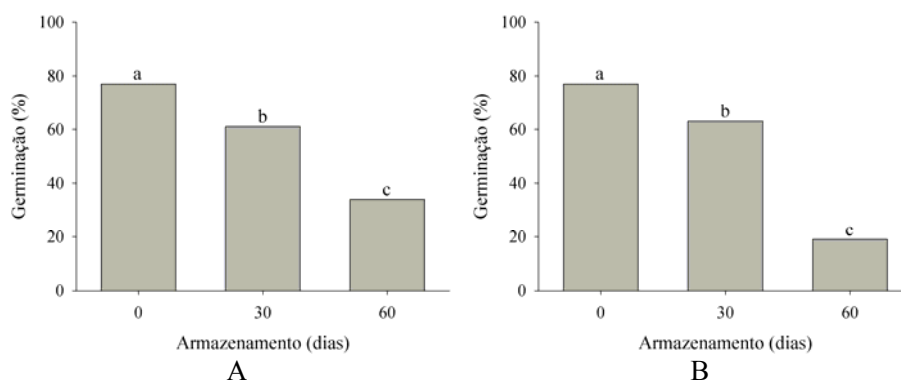


Figura 25 Porcentagem de germinação após a deterioração controlada de sementes de berinjela cv. Embu submetida à secagem após condicionamento fisiológico e armazenadas por 0, 30 e 60 dias a 10 °C (A) e 25 °C (B). Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para os resultados da eletroforese de isoenzimas, observou-se que, inicialmente, a atividade da catalase foi maior nas sementes sem condicionamento, enquanto que nas sementes submetidas a alguns tipo de secagem verificou-se menor atividade (Figura 26A). Como as sementes foram hidratadas e passaram pelos processos preparatórios para a germinação, é provável que isso tenha reduzido a atividade da catalase, uma vez que esse sistema enzimático está relacionado aos mecanismos que favorecem a manutenção da qualidade durante o armazenamento. Chen e Arora (2011) também verificaram redução da atividade dessa enzima em sementes de espinafre que foram condicionadas e submetidas à secagem.

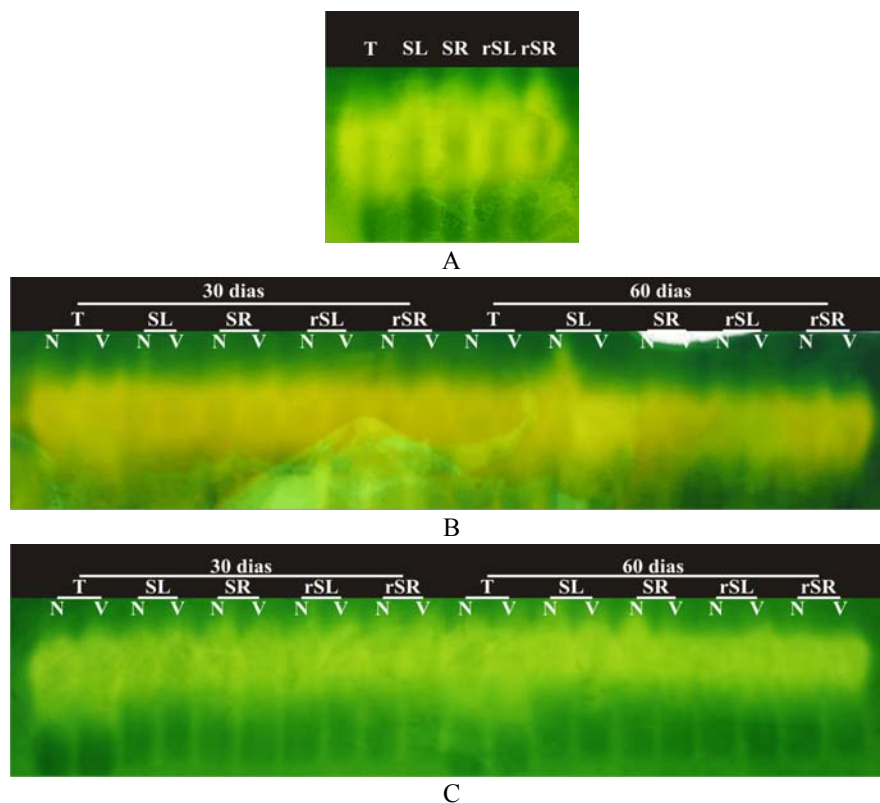


Figura 26 Padrão do sistema isoenzimático catalase observado em sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico (A) e armazenadas por 30 e 60 dias em duas embalagens a 10 °C (B) e 25 °C (C).

Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água; N – normal; V – vácuo.

Nas sementes armazenadas a 10 °C (Figura 26**Figura 26B**) observou-se maior atividade na testemunha do que entre os métodos de secagem, aos 30 dias. Após 60 dias, verificou-se redução mais expressiva. Resultados similares foram constatados para o armazenamento a 25 °C (Figura 26C). Após um mês de armazenamento, é provável que o sistema enzimático tenha mantido a sua integridade, mas com o passar do tempo, as enzimas perderam atividade devido à alteração e à deterioração de proteínas. Chiu, Chen e Sung (2003) também

verificaram redução da atividade dessa enzima ao longo do armazenamento e comentam que esse decréscimo está relacionado a modificações e degradações de proteínas ao longo do armazenamento.

A maior atividade da CAT verificada na testemunha nas duas temperaturas e aos 30 e 60 dias de armazenamento, em relação aos métodos de secagem, pode estar relacionada ao maior teor de água das sementes, que se manteve acima de 8,5%, e nesse grau de umidade ocorrem algumas reações enzimáticas (MARCOS FILHO, 2005).

Para a superóxido dismutase, foi observado comportamento contrário ao da catalase, ou seja, a atividade inicial da testemunha foi menor em relação aos métodos de secagem (Figura 27A), que pode ser devido a algum estresse oxidativos devido à secagem após o condicionamento. Esse resultado vai de encontro aos encontrados por Chen e Arora (2011), em que sementes de espinafre condicionadas e submetidas à secagem apresentaram menor atividade para a SOD do que a testemunha (sementes sem condicionamento).

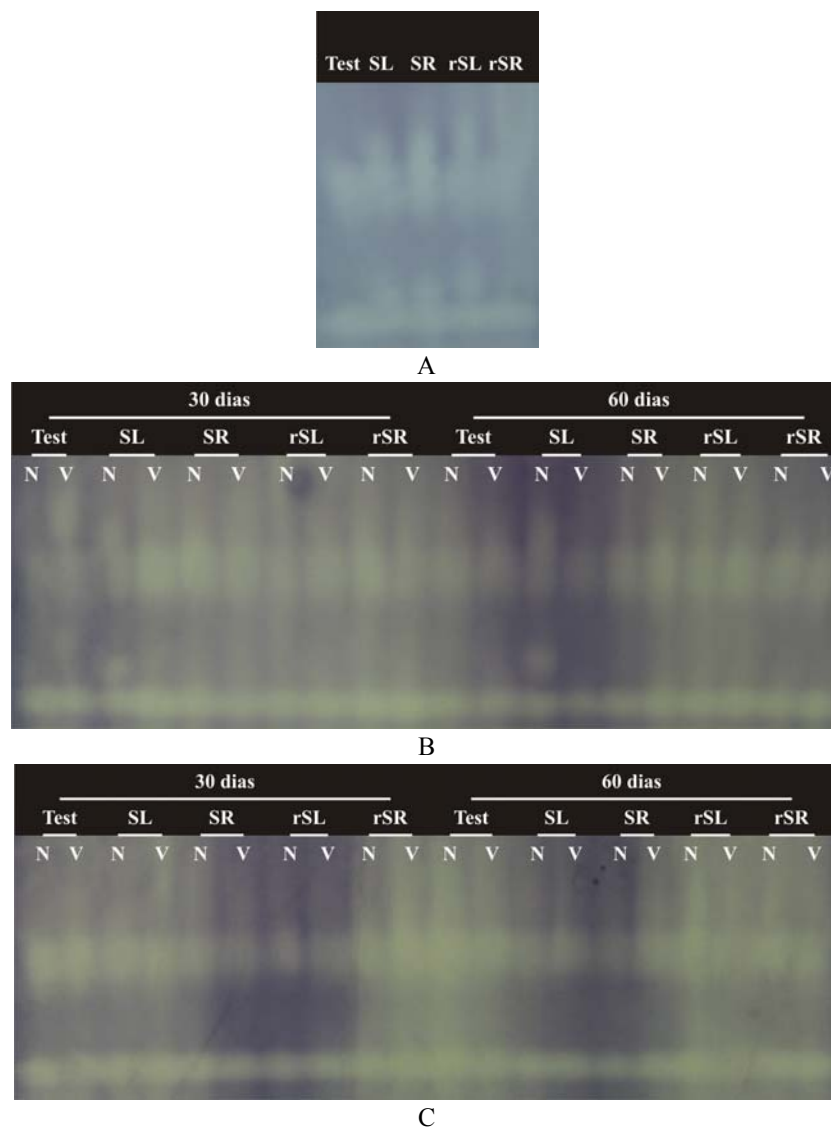


Figura 27 Padrão do sistema isoenzimático superóxido dismutase observado em sementes de berinjela cv. Embu submetidas a diferentes métodos de secagem após condicionamento fisiológico (A) e armazenadas por 30 e 60 dias em duas embalagens a 10 °C (B) e 25 °C (C).

Test – Testemunha (sementes sem condicionamento); SL – secagem lenta; SR – secagem rápida; r – redução do teor de água; N – normal; V - vácuo.

Após 30 dias de armazenamento a 10 °C, verificou-se maior atividade da SOD nas sementes que foram condicionadas e submetidas à secagem do que na testemunha (Figura 27B). Em geral, houve maior atividade dessa enzima aos 30 do que aos 60 dias de armazenamento. Para as sementes armazenadas a 25 °C, não foi encontrado nenhum padrão de atividade (Figura 27C).

A redução da atividade da SOD observada no armazenamento a 10 °C pode estar ligada à degradação e modificações estruturais da enzima, perdendo a sua função. Yeh et al. (2005) e Yeh e Sung (2008) comentam que sementes condicionadas apresentam maior atividade para a SOD do que sementes sem condicionamento e ambas apresentam decréscimos na atividade durante o armazenamento e envelhecimento acelerado.

Entre os tipos de embalagem, normal e a vácuo, não houve diferença expressiva para a atividade enzimática da CAT nem da SOD. Como o teor de oxigênio nas embalagens a vácuo é menor, é provável que a formação de EROs seja reduzida, e como essas enzimas atuam na remoção dessas moléculas, esperava-se encontrar diferentes atividades entre os tipos de embalagem, pois alguns autores relatam que o uso de embalagens a vácuo proporcionam melhor conservação da qualidade das sementes devido ao menor acúmulo de radicais livres e menor peroxidação de lipídios (CHIU; CHEN; SUNG, 2003; SCHWEMBER; BRADFORD, 2011; YEH et al., 2005).

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados observados no ensaio 1, conclui-se que:

- O potencial fisiológico das sementes de berinjela obtido com o condicionamento é mantido após a secagem;
- O sistema antioxidante e as proteínas resistentes ao calor são reduzidos após o condicionamento e são reativados quando as sementes são secadas;
- O condicionamento fisiológico promove reorganização do sistema de membranas de sementes de berinjela;
- A secagem de sementes de berinjela condicionadas pode ser realizada de forma lenta, preferivelmente, ou rápida e com ou sem redução inicial do teor de água;
- A aplicação de choque térmico prejudica a integridade do sistema de membranas celulares de sementes de berinjela.

Com base nos resultados do ensaio 2, conclui-se que:

- Sementes de berinjela submetidas ao osmocondicionamento seguido de secagem devem ser acondicionadas em embalagem a vácuo;
- Os efeitos benéficos do condicionamento são mantidos durante o armazenamento independente de a secagem ser lenta ou rápida e com ou sem redução inicial do teor de água;
- A diminuição da qualidade fisiológica das sementes de berinjela ao longo do armazenamento está relacionada com a redução da atividade do sistema antioxidante.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, K. S. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.).

Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 31, n.1, p. 249-258, mar. 2009.

ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins**: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa, MG: UFV, 1998. 574 p.

ALFENAS, A. C. et al. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 242 p.

ALVES, E. **Introdução à microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: FAEPE, 2004. 43 p. Apostila.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, Wageningen, v. 14, n. 2, p. 93-107, May 2004.

BAILLY, C. et al. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 10, n. 1, p. 35-42, Mar. 2000.

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

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113-123, jan./fev. 2006.

BERJACK, P.; PAMMANTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 22-55, 2000. Edição especial.

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

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum, 1994. 455 p.

BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 116, n. 2, p. 651-658, Feb. 1998.

BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis of drying damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, London, v. 99, n. 1, p. 62-66, Jan. 2008.

BRACCINI, A. L. et al. Influência do processo de hidratação-desidratação na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 80-87, 1997.

BRASIL. Portaria nº 111, de 4 de setembro de 2012. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de espécies Olerícolas, Condimentares, Medicinais e Aromáticas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 173, p.3, 5 set. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

BROCKLEHURST, P. A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion: I., laboratory

germination. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 102, n. 3, p. 577-584, June 1983.

BRUGGINK, G. T.; OOMS, J. J. J.; TOORN, P. van der. Induction of longevity in primed seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 1, p. 49-53, Jan. 1999.

BUITINK, J.; HEMMING, M. A.; HOEKSTRA, F. A. Is there a role for oligosaccharides in seed longevity?: an assessment of intracellular glass stability. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 122, n. 4, p. 1217-1224, Apr. 2000.

BUITINK, J.; LEPRINCE, O. Intracellular glasses and seed survival in the dry state. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 331, n. 10, p. 788-795, Oct. 2008.

BUTLER, L. H. et al. Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. **Annals of Botany**, London, v. 103, n. 8, p. 1261-1270, June 2009.

CARVALHO, M. H. C. de. Drought stress and reactive oxygen species. **Plant Signaling and Behavior**, Bonn, v. 3, n. 3, p. 156-165, Mar. 2008.

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

CASEIRO, R. F.; BENNETT, M. A.; MARCOS FILHO, J. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 32, n. 2, p. 365-375, July 2004.

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

CHAKRABORTEE, S. et al. Hydrophilic protein associated with desiccation tolerance exhibits broad protein stabilization function. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 104, n. 46, p. 18073-18078, Nov. 2007.

CHEN, K.; ARORA, R. Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*). **Plant Science**, Shannon, v. 180, n. 2, p. 212-220, Feb. 2011.

CHIU, K. Y.; CHEN, C. L.; SUNG, J. M. Partial vacuum storage improves the longevity of primed sh-2 sweet corn seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 99-111, Apr. 2003.

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

DEMIR, I.; ERMIS, S.; OKCU, G. Effect of dehydration temperature and relative humidity after priming on quality of pepper seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 33, n. 3, p. 563-569, Oct. 2005.

DIAS, D. C. F. S. et al. Pré-condicionamento de sementes de quiabo: efeito na qualidade fisiológica e no potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 224-231, 1999.

DOIJODE, S. D. **Seed storage of horticultural crops**. New York: Food Products, 2001. 339 p.

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

FARIA, J. M. R. **Desiccation tolerance and sensitivity in *Medicago trunculata* and *Inga vera* seeds**. 2006. 145 p. Thesis (Doctor op Gezag) – Wageningen Universiteit, Wageningen, 2006.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 59, n. 2, p. 309-314, Feb. 1977.

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

GUIMARÃES, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; LOUREIRO, M. E. Hidratação de sementes. **Revista Trópica**, Chapadinha, v. 2, n. 1, p. 31-39, 2008.

GURUSINGHE, S.; BRADFORD, K. J. Galactosyl-sucrose oligosaccharides and potential longevity of primed seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 11, n. 2, p. 121-134, June 2001.

GURUSINGHE, S.; POWELL, A. L. T.; BRADFORD, K. J. Enhanced expression of BiP is associated with treatments that extends storage longevity of primed tomato seeds. **Journal of the American Society for the Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 127, n. 4, p. 528-534, July 2002.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 84, n. 2, p. 450-455, June 1987.

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 9, p. 431-438, Sept. 2001.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: OEA, 1983. 147 p.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, n. 4, p. 231-246, Dec. 1993.

LIN, R. H. et al. Slow post-hydration drying improves initial quality but reduces longevity of primed bitter melon seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, n. 1, p. 114-124, Aug. 2005.

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

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

MIRANDA, Z. F. S. et al. Avaliação da qualidade de sementes de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 125-129, 1992.

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 211-214, abr./jun. 2005.

_____. Germinação de sementes de melão osmoticamente condicionadas durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 158-161, 2002.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Germination of primed lettuce seeds after storage. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 111, n. 1, p. 96-99, 1998.

NASCIMENTO, W. M.; LIMA, L. B. Condicionamento osmótico de sementes de berinjela visando à germinação sob temperaturas baixas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 224-227, 2008.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination: still a mystery. **Plant Science**, Shannon, v. 179, n. 6, p. 574-581, Dec. 2010.

POSSE, S. C. P.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Temperatura de armazenamento e desempenho de sementes hidratadas e osmocondicionadas de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 38-43, 2004.

POWELL, A. A. et al. The influence of aerated hydration seed treatment on seed longevity as assessed by the viability equations. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 353, p. 2031-2043, Dec. 2000.

RAJJOU, L.; DEBEAUJON, I. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 331, n. 10, 796-805, Oct. 2008.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2006.

REIS, R. G. E. et al. Physiological quality of osmoprimed eggplant seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 5, p. 526-532, set./out. 2012.

RIBEIRO, C. S. C. **Berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2007. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/index.html>. Acesso em: 10 abr. 2012.

ROSSETTO, C. A. V.; MINAMI, K.; NAKAGAWA, J. Efeito do condicionamento fisiológico de sementes de beterraba na emergência e na

produtividade. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 112-117, 1998.

RUDRAPAL, D.; NAKAMURA, S. The effect of hydration-dehydration pretreatments on eggplant and radish seed viability and vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 16, n. 1, p.123-130, Apr. 1988.

SAATH, R. et al. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 196-203, jan./fev. 2010.

SANTOS, M. C. A. et al. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 1-6, 2008.

SCHWEMBER, A. R.; BRADFORD, K. J. Drying rates following priming affect temperature sensitivity of germination and longevity of lettuce seeds. **Hortscience**, Alexandria, v. 40, n. 3, p. 778-781, June 2005.

_____. Oxygen interacts with priming, moisture content and temperature to affect the longevity of lettuce and onion seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 21, n. 3, p. 175-185, Sept. 2011.

SEDGHI, M. Changes in the activity of antioxidante and glyoxylate cycle enzymes of hydro-primed *Calendula officinalis* (L.) seeds after re-drying temperature stress. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, Irkutsk, v. 9, n. 2, p. 279-286, 2013.

SILVA, P. A. et al. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 2, p. 15-22, ago. 2007.

SIVASUBRAMANIAM, K. et al. Seed priming: triumphs and tribulations. **The Masdras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 98, n. 7/9, p. 197-209, Sept. 2011.

SOEDA, Y. et al. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 137, n. 1, p. 354-368, Jan. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TIAN, X.; SONG, S.; LEI, Y. Cell death and reactive oxygen species metabolism during accelerated ageing of soybean axes. **Russian Journal of Plant Physiology**, Moscow, v. 55, n. 1, p. 33-40, Jan. 2008.

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

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

VARIER, A.; VARI, A. K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, Columbus, v. 99, n. 4, p. 450-456, Aug. 2010.

VENKATASUBRAMANIAN, A.; UMARANI, R. Evaluation of seed priming methods to improve seed performance of tomato (*Lycopersicon esculentum*), eggplant (*Solanum melongena*) and chili (*Capsicum annum*). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 35, n. 2, p. 487-493, July 2007.

VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, 1995. p.237-271.

VIEIRA, M. G. C. G. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 127 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-281.

WAGES, R.; KARSEN, C. M. The influence of redesciccation on dormancy and K⁺ leakage of primed lettuce seeds. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 39, n. 4/6, p. 327-336, 1990.

WALTERS, C.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. A. Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. **Plant Science**, Shannon, v. 179, n. 6, p. 565-573, Dec. 2010.

WOJTYLA, L. et al. A comparative study of water distribution, free radical production and activation of antioxidative metabolism in germinating pea seeds. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 163, n. 12, p. 1207-1220, Dec. 2006.

WU, X. et al. Proteomic analysis of seed viability in maize. **Acta Physiologiae Plantarum**, Copenhagen, v. 33, n. 1, p. 181-191, Jan. 2011.

YEH, Y. M. et al. Partial vacuum extends longevity of primed bitter melon seeds by enhancing their anti-oxidative activities during storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 101-112, Mar. 2005.

YEH, Y. M.; SUNG, J. M. Priming slows deterioration of artificially aged bitter melon seeds by enhancing anti-oxidative activities. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 36, n. 2, p. 350-359, July 2008.

YOGEESHA, H. S. et al. Mechanism of seed dormancy in eggplant (*Solanum melongena* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 34, n. 2, p. 319-325, July 2006.