

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

ESTRESSE HÍDRICO E OSMOCONDICIONAMENTO DE
SEMENTES DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE EUCALIPTO

Rafael Aranha Pereira Justus

Biólogo

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRESSE HÍDRICO E OSMOCONDICIONAMENTO DE
SEMENTES DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE EUCALIPTO**

Rafael Aranha Pereira Justus

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

2014

J96e Justus, Rafael Aranha Pereira
Estresse hídrico e osmocondicionamento de sementes de espécies
e híbridos de eucalipto / Rafael Aranha Pereira Justus. --
Jaboticabal, 2014
IX 31p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula
Banca examinadora: Bruno Ettore Pavan, Sérgio Valiengo Valeri
Bibliografia

1. Estresse hídrico. 2. Eucalipto. 3. Germinação.
4. Osmocondicionamento. 5. Sobrevivência. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.531..634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Rafael Aranha Pereira Justus – Filho de Emerson Luiz Justus e Simone Vargas Aranha Pereira Justus, nascido no dia 09 de dezembro de 1986, na cidade de São Paulo-SP. Biólogo, formado pela Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (FEIS/UNESP), tendo concluído o curso no mês de julho de 2011. Iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), em março de 2012, sendo bolsista do CNPq durante 18 meses.

Aos meus pais, Emerson Luiz Justus e
Simone Vargas Aranha Pereira Justus,
por todo apoio, incentivo e afeto
dedicados a mim durante esta etapa.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, irmãos e familiares pelo companheirismo e suporte proporcionados durante todo esse período.

Ao Professor Dr. Rinaldo Cesar de Paula, pela paciência e auxílio incondicional que me motivou e embasou; tornando possível a produção desta dissertação.

A todos os amigos que me apoiaram acadêmica e emocionalmente durante esta etapa.

Aos professores Dr. Gustavo Vitti Moro e Sérgio Valiengo Valeri pelas enriquecedoras contribuições no exame de qualificação.

Aos professores Dr. Antônio Sergio Ferraudó e José Carlos Barbosa, pelo auxílio prestado na confecção e interpretação das análises estatísticas presentes neste estudo.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela oportunidade oferecida para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e à Suzano Papel e Celulose pela doação das sementes usadas neste experimento.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
SUMMARY.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 O Eucalipto e o Setor Florestal.....	3
2.2 Estresse Abiótico	6
2.3 Germinação e Condicionamento Osmótico de Sementes.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Espécies e Híbridos de Eucalipto e Locais de Condução dos Experimentos.....	10
3.2 Testes Preliminares.....	11
3.3 Teste de Germinação Sob Diferentes Potenciais Hídricos.....	11
3.4 Condicionamento Osmótico das Sementes.....	12
3.5 Germinação de Sementes Osmocondicionadas e Não Osmocondicionadas.....	13
3.6 Produção de Mudanças.....	14
3.7 Experimento de Sobrevivência em Casa de Vegetação.....	15
3.8 Análise dos Dados.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Teste de Germinação Sob Diferentes Potenciais Hídricos	18
4.2 Efeito do Osmocondicionamento das Sementes na Emergência de Espécies e Híbridos de Eucalipto em Viveiro.....	22
4.3 Efeito do Osmocondicionamento das Sementes na Sobrevivência de Mudas Após a Suspensão da Irrigação.....	25
5 CONCLUSÕES.....	28
6 REFERÊNCIAS.....	29

ESTRESSE HÍDRICO E OSMOCONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE EUCALIPTO

RESUMO - O presente trabalho objetivou avaliar o efeito do estresse hídrico sobre a germinação de sementes de seis espécies (*Eucalyptus brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. resinifera* e *E. urophylla*) e quatro híbridos (*E. brassiana* x *E. pellita*, *E. brassiana* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. grandis* x *E. urophylla*) de eucalipto, submetendo-os a seis potenciais hídricos (0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8 e -1,0 MPa) simulados por soluções aquosas de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000). Pretendeu-se também avaliar o efeito do condicionamento osmótico de sementes sobre a porcentagem, velocidade de emergência em viveiro, sobre o desenvolvimento de mudas e sobre a possível indução de maior tolerância dessas mudas ao déficit hídrico, em casa de vegetação. Os experimentos realizados no laboratório e em viveiro foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, e o realizado na casa de vegetação foi conduzido em blocos ao acaso. Os dados foram submetidos a análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey e análise de regressão. Observou-se que o aumento da restrição hídrica afeta de forma diferenciada a germinação das espécies e híbridos de eucalipto, sendo *E. brassiana* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. resinifera* os mais tolerantes à deficiência hídrica. O osmocondicionamento proporcionou o aumento na velocidade de emergência de *E. brassiana* x *E. pellita* e *E. brassiana* x *E. tereticornis*, mas prejudicou a emergência de *E. grandis* x *E. camaldulensis* e de *E. urophylla* x *E. grandis*. Na etapa realizada na casa de vegetação o osmocondicionamento resultou na diminuição da média da altura das mudas de *E. resinifera*, *E. grandis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*, e no aumento da média desse caráter em *E. brassiana* x *E. pellita*. Não houve diferença no período de sobrevivência das mudas provenientes de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas.

Palavras chave: estresse hídrico, eucalipto, germinação, osmocondicionamento, sobrevivência

WATER STRESS AND PRIMING OF EUCALYPTUS SPECIES AND HYBRID SEEDS.

SUMMARY - This research aimed to evaluate the effect of water stress under the seed germination of six eucalypt species (*Eucalyptus brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. resinifera* and *E. urophylla*) and four eucalypt hybrids (*E. brassiana* x *E. pellita*, *E. brassiana* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. grandis* x *E. urophylla*), subjected to six osmotic potentials (0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8 e -1,0 MPa) simulated by solutions of polyethylene glycol 6000 (PEG 6000). The aim was also to evaluate the effect of seed priming on percentage and emergence in nursery, on seedling development and the possible induction of drought tolerance to these seedlings, in greenhouse. The experiments were carried out in completely randomized design, in laboratory and in nursery, and in completely randomized block in greenhouse. The data were subjected to analysis of variance and means compared by the Tukey test and regression analyses. It was noted that the rising of water restriction affects in a different way the germination of the species and hybrids of eucalyptus, *E. brassiana* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* and *E. resinifera* the most tolerant to the water deficit. The effect of the priming was little among the species and hybrids studied, giving an increasing in the emergency speed of the *E. brassiana* x *E. pellita* e *E. brassiana* x *E. tereticornis*, but damaging the emergency rate of *E. grandis* x *E. camaldulensis* and de *E. urophylla* x *E. grandis*. In stage conducted in a greenhouse priming resulted in decreased of average seedling height on genotypes *E. resinifera*, *E. grandis* and *E. grandis* x *E. camaldulensis*, and increasing this characteristic of *E. brassiana* x *E. pellita*. No significant differences were found in survival time between the seedlings from primed seeds and the unprimed.

Keywords: eucalyptus, germination, priming, survival, water stress

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal assume uma posição de destaque na economia do Brasil, tendo apresentado, em 2012, o valor bruto da produção de 56,3 bilhões de reais; gerando 4,4 milhões empregos diretos e indiretos (ABRAF, 2013). Grande parte desse montante advém do setor de papel e celulose, que concentra 72,5% da área plantada com eucalipto, seguido pelos segmentos de siderurgia a carvão Vegetal (19,5%), painéis de madeira industrializada (7,3%) O setor de celulose, também se destaca por ocupar o 3º lugar em produção, atrás apenas dos Estados Unidos e Canadá (ABRAF, 2013).

Ultimamente o cultivo de eucalipto tem expandido para áreas com grandes limitações térmicas, em geral com temperaturas elevadas, e hídricas, esta dada pela baixa disponibilidade hídrica em grande parte do ano. Isto faz com que pesquisas voltadas à seleção e desenvolvimento de genótipos tolerantes à seca, por exemplo, assumam importância atual no setor florestal.

Várias técnicas têm sido utilizadas para melhorar a capacidade de germinação das sementes e sua tolerância a diversos fatores ambientais, bem como para reduzir o tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas (BRACCINI et al., 1999). Dentre esses métodos pode-se citar os tratamentos pré-germinativos de escarificação química, física, tratamento térmico, uso de fitoreguladores e condicionamento osmótico e fisiológico de sementes Destes, um dos mais promissores é o condicionamento osmótico, também denominado *priming* ou osmocondicionamento que consiste na hidratação controlada das sementes até um determinado nível, de modo a permitir a ocorrência das etapas iniciais do processo de germinação, sem que ocorra a protrusão da radícula (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O osmocondicionamento tem proporcionado resultados promissores, referentes à melhoria do percentual e velocidade de germinação, emergência e vigor, para várias espécies, principalmente hortaliças como cenoura (PEREIRA et al., 2008), berinjela (GOMES et al., 2012), salsa (RODRIGUES et al., 2009) e ainda em espécies como sorgo (OLIVEIRA; GOMES FILHO, 2010) e soja (BRACCINI et al., 1999). Entretanto, um número bem menor de estudos foi realizado com espécies florestais, principalmente com eucalipto, dentre os quais pode-se citar os trabalhos

de Cordoba et al. (1995a), com sementes de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora* (ex *E. citriodora*).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto sob diferentes níveis de estresse hídrico e verificar a eficácia do osmocondicionamento na melhoria da emergência de plântulas e tolerância de mudas ao déficit hídrico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Eucalipto e o Setor Florestal

O eucalipto é uma planta alógama, em geral, de porte arbóreo, com mais de 900 espécies catalogadas, pertencentes a dois gêneros: *Eucalyptus* e *Corymbia* (BOLAND et al., 2006). Dessas espécies, apenas *E. urophylla* e *E. deglupta* não são originárias da Austrália.

A Austrália é dividida em sete estados, sendo que as espécies de eucalipto de maior importância econômica ocorrem na Tasmânia, Victória e Nova Gales do Sul. Entretanto, outras espécies como *E. tereticornis*, *E. pellita*, *E. brassiana*, e *E. urophylla*, de grande importância no Brasil, possuem ocorrência também em Papua Nova Guiné (FONSECA et al., 2010).

A cultura do eucalipto apresenta alta relevância no setor madeireiro no Brasil, sendo empregada principalmente na produção de celulose e papel, na produção de carvão e na construção civil (ABRAF, 2013). O Brasil é o segundo país, atrás apenas da Índia, em área cultivada com espécies de eucalipto (FONSECA et al., 2010), sendo *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis*, as cinco espécies mais utilizadas. Vale salientar que a última possui o mais largo espectro geográfico de distribuição natural, ocorrendo em todos os estados australianos.

Outras espécies se destacam, porém, com importância secundária, como *E. pellita* e *E. brassiana* (FONSECA et al., 2010) e, mais recentemente, *E. benthamii* para o cultivo em regiões frias, sujeitas a geadas.

A cultura do eucalipto vem ocupando uma área cada vez maior de plantio no Brasil, chegando à marca, no ano de 2012, de 5,1 milhões de ha, de acordo com dados da ABRAF (2013), conforme pode-se observar na Figura 1.



Figura 1: Distribuição, por estado, da área plantada no país.

No quesito social, estima-se que o setor florestal manteve 4,7 milhões de postos de empregos, incluindo empregos diretos (0,6 milhões), empregos indiretos (1,5 milhões) e empregos resultantes do efeito-renda (2,6 milhões), tendo-se arrecadado pelos segmentos associados às florestas plantadas, aproximadamente 7,6 bilhões de reais em tributos em 2011, o que representa 0,51% da arrecadação nacional (ABRAF, 2012).

Para atingir índices tão expressivos, o setor florestal brasileiro investe constantemente em tecnologia para aumentar a produtividade das florestas. Esta produtividade depende intrinsecamente da interação entre as espécies e o ambiente no qual estão inseridas, estando portanto, frequentemente sujeitas ao estresse ambiental.

A seguir são apresentadas, resumidamente, algumas características das espécies estudadas neste trabalho.

Eucalyptus brassiana ocorre naturalmente desde o sudoeste de Papua Nova Guiné até o nordeste de Queensland, Austrália, ocupando regiões de clima quente e úmido ao norte e quente e subúmido ao sul; com estações secas e úmidas bem definidas. Pode ocorrer em um intervalo de 650 m de altitude, em solos pobres de estrutura rochosa (FONSECA et al., 2010)

Eucalyptus pellita, segundo Boland et al. (2006), distribui-se pelo nordeste australiano, sendo submetido a um clima quente-úmido com temperaturas mínimas de 4 a 19 °C e máxima de 30 °C sendo que nestas condições não constata-se período de seca severa. A vegetação associada é pluvial, possuindo um denso e variado sub-bosque, de solo argiloso, localizados nas encostas ao longo de córregos, onde desenvolve suas raízes mais fasciculadas. Tem-se notado que esta espécie caracteriza-se pela alta exigência em Mg.

Eucalyptus tereticornis está normalmente submetido às condições semelhantes a do *E. pellita*, ocorrendo sempre próximas, embora o período seco possa atingir até 7 meses em alguns locais onde essa espécie ocorre (BOLAND et al., 2006). Outros diferenciais são que a espécie em questão ocorre na parte mais interna das florestas, requerendo um solo com melhor drenagem e profundo, além de abranger um gradiente de altitude mais amplo, podendo variar desde o nível do mar até 1.000 m no continente australiano e alcançar 2.000 m de altitude em Papua - Nova Guiné. Segundo IPEF (2012), a madeira de *E. tereticornis* é intensamente utilizada para serraria, estruturas, construções, postes, mourões e carvão; outra importante contribuição desta espécie refere-se ao fato dela juntamente com o *E. camaldulensis* serem as espécies mais importantes para o reflorestamento em zonas tipicamente tropicais da África, e começam a despontar como potenciais para o Brasil. Em todos os estudos efetuados, a espécie vem revelando boa resistência à pragas, doenças e à deficiência hídrica, boa capacidade de regeneração por brotação das cepas e tolerância ao fogo rasteiro.

Eucalyptus camaldulensis possui a distribuição mais ampla do gênero na Austrália, não ocorrendo apenas na Tasmânia. Ocorre preferencialmente em regiões áridas e semiáridas, de clima quente, obrigatoriamente ao longo de córregos

e rios sazonais (FONSECA et al., 2010). Cresce melhor em solos profundos, sedimentares ou argilosos com uma base de argila e lençol freático acessível. É uma das espécies apontadas como tolerante a solos ácidos, visto que naturalmente a duração da estação seca pode variar de 0 a 8 meses.

Eucalyptus grandis ocorre em clima quente e úmido, sendo encontrado tanto na região sudeste quanto na nordeste da Austrália, preferencialmente em baixadas em solos mais férteis profundos e drenados. Encontra-se associado a florestas pluviais, com sub-bosque denso, não estando naturalmente sujeito a déficit hídrico (BARROS; NOVAIS, 1990). Sua madeira é leve e fácil de ser trabalhada, utilizada intensivamente, na Austrália e na república Sul Africana, como madeira de construção, caixotaria, podendo também, se corretamente manejado o plantio, ser utilizada para serraria e laminação. Tem grande importância no Estado de São Paulo, compondo a principal fonte de matéria prima para celulose e papel (IPEF, 2012).

Eucalyptus urophylla é uma das espécies que não ocorre naturalmente no território australiano, ocorrendo em algumas ilhas do arquipélago indonésio, em altitudes entre 400 e 3000 m, podendo estar sujeito a geadas nas zonas de maior altitude (FONSECA et al., 2010)

2.2. Estresse Abiótico

Estresse é definido, por Taiz e Zeiger (2004), como um fator externo que influencia negativamente o desenvolvimento das plantas, sendo mensurado de acordo com a sobrevivência, crescimento, produtividade ou absorção de gás carbônico e minerais da planta.

Os estresses bióticos e abióticos, impossibilitam que a planta atinja seu completo potencial, como relata Boyer (1982) citado por Taiz e Zeiger (2004), ao alegar que nos Estados Unidos da América os fatores abióticos estressantes são responsáveis por inibir 78% da produtividade potencial genética das culturas agrícolas.

Dentre os fatores abióticos, de acordo com Souza et al. (2006), aqueles que mais afetam o crescimento das árvores são: radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica. O último merece grande destaque, pois a água é essencial

para qualquer vegetal, afetando todo o metabolismo e, conseqüentemente, a produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2004). Esse recurso é componente essencial para a grande maioria dos processos fisiológicos e metabólicos vegetais, influenciando desde o acúmulo de reservas nutricionais na semente, sua germinação bem como o desenvolvimento e maturação das plantas.

2.3. Germinação e Condicionamento Osmótico de Sementes

A germinação é compreendida como o processo de retomada de crescimento do embrião, sendo dependente de alguns fatores, tanto de natureza interna quanto externa, como, por exemplo, oxigênio, água, temperatura e luz (RAVEN, 2007).

A água é requisito crucial para o início da germinação, visto que esta não ocorre enquanto uma quantidade adequada de água seja absorvida, possibilitando com isso a atividade metabólica. Essa absorção dá-se por embebição, promovendo o aumento volumétrico da semente, tornando maior a pressão interna e resultando no rompimento do tegumento da semente (RAVEN, 2007).

Portanto, a manutenção do balanço hídrico é essencial para o íntegro desenvolvimento vegetal. Este condicionante pode ser definido, segundo Souza *et al.* (2006), como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume de água no solo, influenciado basicamente pelo regime pluvial, evapotranspiração, percolação profunda e escoamentos superficial e sub-superficial de saída respectivamente. .

O condicionamento osmótico é uma técnica que consiste em submeter as sementes à embebição em soluções com potenciais hídricos previamente estabelecidos, podendo ser utilizados a própria água, na forma de embebição lenta, ou mais comumente, compostos como polietilenoglicol (PEG 6000 ou 8000), manitol, NaCl, MgSO₄ ou KNO₃ (MARCOS FILHO, 2005).

Dentre as vantagens dessa técnica destacam-se a maior velocidade e uniformidade de germinação e emergência de plântulas, manutenção da integridade do sistema de membranas e, conseqüentemente, o menor índice de injúrias; além da maior tolerância ao estresse hídrico, térmico e salino. Esses efeitos benéficos do condicionamento osmótico devem-se ao fato que este permite o desdobramento de reservas e a síntese de metabólitos necessários à germinação, fazendo com que

ocorra uma germinação mais rápida das sementes, diminuindo o seu tempo de exposição às condições desfavoráveis (MARCOS FILHO, 2005). Para Khan (1992), essa técnica pode resultar, também, no envigoramento de sementes pertencentes a lotes de desempenho intermediário.

Córdoba et al. (1995a) estudaram os efeitos do osmocondicionamento em *E. Corymbia citriodora* (ex *Eucalyptus citriodora*) e *E. grandis*, e verificaram a associação entre condicionamento e o método de secagem das sementes e o período e temperatura de armazenamento dessas. Relataram, também, o efeito positivo do condicionamento, sobre a porcentagem de emergência para *C. citriodora*, quando submetido à secagem superficial com papel-toalha, sob condições normais de ambiente. Embora o osmocondicionamento, quando seguido do armazenamento, não tenha atingido o mesmo resultado acima reportado, evitou a redução da viabilidade das sementes. As sementes de *E. grandis* apresentaram melhores resultados, pois responderam positivamente ao osmocondicionamento em todas as condições de secagem e armazenamento testadas, exceto ao serem submetidas à secagem com circulação de ar e armazenadas por 30 dias, a 20 °C.

Apesar das vantagens enumeradas do osmocondicionamento, diversos fatores podem comprometer o sucesso esperado com a técnica, e outros são motivos de grandes discussões entre os pesquisadores. Como fator limitante da técnica, destaca-se a dificuldade, muitas vezes verificada, na definição do potencial osmótico e do tempo de embebição das sementes na solução. Neste sentido, períodos de embebição superiores aos recomendados podem promover o início do processo germinativo e, em casos de secagem das sementes após o osmocondicionamento, as sementes poderão sofrer danos irreparáveis e o lote apresentar menor desempenho germinativo. De forma semelhante, isto também pode ocorrer ao se trabalhar com potenciais osmóticos menos negativos. Por outro lado, em direção oposta a este raciocínio, períodos menores de embebição e potenciais mais negativos para o osmocondicionamento poderão ser insuficientes para se alcançar os benefícios da técnica. Autores como Lopes e Souza (2008) questionam a secagem das sementes posteriormente ao osmocondicionamento, alegando que a mesma reverteria os benefícios a serem alcançados com a técnica; resultado evidenciado por Theodoro et al. (2012) ao verificarem que o

osmocondicionamento a $-0,4$ MPa, seguido da secagem, de sementes de pepino culminou em valores de índice de velocidade de germinação e emergência inferiores aos encontrados nas sementes não osmocondicionadas.

Por outro lado, caso as sementes não venham a ser usadas imediatamente ao condicionamento osmótico, a não secagem acarretaria maior deterioração e possibilidade de contaminação, comprometendo a qualidade do lote de sementes (CÓRDOBA et al., 1995b; OLIVEIRA; GOMES FILHO, 2010)

Um ponto interessante, conforme relatado por Marcos Filho (2005), é que alguns autores têm relatado que mudas produzidas a partir de sementes osmocondicionadas poderão apresentar vantagens adaptativas às condições estressantes, comparativamente àquelas oriundas de sementes não osmocondicionadas. Esse fato pode ser uma grande vantagem para a cultura do eucalipto a ser estabelecida em áreas com restrições hídricas, a exemplo de algumas áreas de expansão da cultura, conforme mencionado anteriormente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Espécies e Híbridos de Eucalipto e Locais de Condução dos Experimentos

Para a realização deste estudo foram utilizadas sementes de seis espécies de *Eucalyptus* e quatro híbridos entre algumas dessas espécies, cujas procedências, ano de coleta e grau de melhoramento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Características das sementes de espécies e híbridos de *Eucalyptus*.

Espécies e híbridos	Procedências	Safras	Graus de melhoramento
<i>E. urophylla</i>	Piracicaba-SP	2009	PSM (F3)
<i>E. resinífera</i>	Anhembi-SP	2000	APS (F1)
<i>E. grandis</i>	Anhembi-SP	2006	PCS (F1)
<i>E. brassiana</i>	Urbano Santos-MA	2006	APS-MS (F1)
<i>E. camaldulensis</i>	Selviria-MS	2011	APS-MS (F1)
<i>E. pellita</i>	Urbano Santos-MA	2011	APS-MS (F1)
<i>E. brassiana x E. pellita</i>	Urbano Santos-MA	2006	APS-MS (F1)
<i>E. grandis x E. camaldulensis</i>	Anhembi-SP	2011	APS-MS (F3)
<i>E. brassiana x E. tereticormis</i>	Urbano Santos-MA	2006	APS-MS (F1)
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	Anhembi-SP	2011	PSM (F3)

APS-MS = Área de Produção de Sementes com matrizes selecionadas,
 PSM = Pomar de Sementes por Mudanças, PCS = Pomar Clonal de Sementes,
 Fn (n = 1 a 5) = Geração de Melhoramento

As sementes de *E. pellita* foram cedidas pela empresa Suzano Papel e Celulose e as demais pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), em Piracicaba-SP.

Os testes preliminares e definitivos de germinação e o osmocondicionamento das sementes foram conduzidos no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal, e o teste de emergência de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas em viveiro e de sobrevivência em casa de vegetação, foram realizados no Viveiro Experimental de Mudanças Ornamentais e Florestais, ambos pertencentes ao Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências

Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Câmpus de Jaboticabal.

3.2 Testes Preliminares

Inicialmente foram conduzidos testes de germinação para determinar a temperatura (25 ou 30 °C) e o substrato mais adequado (areia esterilizada ou papel mata-borrão) para germinação de sementes de *E. urophylla*, *E. pellita*, *E. brassiana* e dos híbridos, pois as prescrições não constam nas regras brasileiras ou internacionais de análise de sementes.

A partir destes testes, determinou-se também o número de sementes viáveis por grama, almejando uniformizar o número de sementes por repetição utilizado nos testes posteriores de germinação e de emergência. Esse procedimento mostrou-se necessário devido às diferenças de tamanho de sementes entre as espécies e híbridos estudados e à dificuldade de diferenciar e separar as sementes do material inerte.

3.3. Teste de Germinação Sob Diferentes Potenciais Osmóticos

A partir dos resultados dos testes preliminares, definiu-se que o teste de germinação seria conduzido com uma quantidade, para cada espécie, em gramas que contivesse cerca de 50 sementes por repetição. Os valores estipulados foram 0,2 g de sementes de *E. brassiana* e *E. urophylla*, 0,5 g de *E. brassiana* x *E. pellita*, 0,25 g de *E. resinifera* e 0,1 g para as demais espécies e híbridos.

Foram montados testes de germinação, submetendo as sementes a diferentes potenciais osmóticos, obtidos com a embebição do substrato com água (potencial 0 MPa) ou com soluções aquosas de polietilenglicol 6000 (PEG 6000), nos potenciais de -0,2, -0,4, -0,6, -0,8 e -1,0 MPa, preparadas conforme descrito por Villela, Doni Filho e Sequeira (1991).

Foram usadas quatro repetições por tratamento, acondicionadas em caixas de plástico transparente e com tampa (10,5 x 10,5 x 3,5 cm), contendo 60 g de areia esterilizada para o *E. resinifera*, e duas folhas de papel mata-borrão para as demais

espécies e híbridos. Essas caixas foram incubadas em câmaras de germinação, mantidas a 25 °C, exceto para o *E. camaldulensis* em que usou-se a temperatura de 30 °C (BRASIL, 2009) sob fotoperíodo de 12 h.

A areia foi umedecida com 30 mL de água ou de solução de PEG 6000, quantidade suficiente para atingir 50% da sua capacidade de retenção. Já aos papéis foram aplicados 12 mL, quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado (BRASIL, 2009). Para evitar a perda de solução, por evaporação, cada bandeja das BODs foi envolta por um saco de plástico transparente. Este teste foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 10 x 6 (10 espécies e híbridos e 6 potenciais hídricos), com quatro repetições.

De acordo com Brasil (2009) a contagem do número sementes germinadas deve ser feita em duas datas, no entanto dentro gênero *Eucalyptus* este período é bastante variável, principalmente no tocante à primeira contagem que pode variar entre 3, 5 e 7 dias após montagem do teste. Tendo em vista esse fato e a falta de especificações para as diferentes espécies e híbridos decidiu-se determinar o número de sementes germinadas após 3, 5, 7 e 14 dias da montagem do experimento. Este teste foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 10 x 6 (10 espécies e híbridos e 6 potenciais hídricos), com quatro repetições.

3.4. Condicionamento Osmótico das Sementes

De acordo com os resultados obtidos nos testes do item anterior, uma amostra, correspondente a aproximadamente 200 sementes, de cada espécie ou híbrido foi submetida ao condicionamento osmótico por embebição em solução aquosa de PEG 6000, no potencial hídrico cuja germinação foi nula ou próxima de zero (CÓRDOBA et al., 1995a); durante o número de dias necessário para a observação das primeiras sementes germinadas no teste, tendo este variado de acordo com a espécie ou híbrido. Os potenciais e períodos usados para cada espécie ou híbrido encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 Potenciais e períodos de condicionamento aplicados às sementes de espécies e híbridos de *Eucalyptus*.

Espécies e híbridos	Potenciais (MPa)	Períodos de osmocondicionamento (dias)
<i>E. urophylla</i>	-0,8	7
<i>E. resinífera</i>	-0,8	7
<i>E. grandis</i>	-0,8	7
<i>E. brassiana x E. tereticormis</i>	-0,8	7
<i>E. brassiana x E. pellita</i>	-0,8	7
<i>E. grandis x E. camaldulensis</i>	-0,8	7
<i>E. pellita</i>	-0,4	7
<i>E. brassiana</i>	-0,6	5
<i>E. camaldulensis</i>	-0,6	5
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	-0,6	5

Após a embebição nas soluções aquosas de PEG 6000, as sementes foram colocadas para secar sob temperatura constante de 25 °C por dois dias e em seguida foram levadas para a produção de mudas no Viveiro Experimental de Mudas Ornamentais e Florestais,.

3.5. Germinação de Sementes Osmocondicionadas e Não Osmocondicionadas

As sementes condicionadas e uma amostra de mesma massa de cada material sem condicionamento (não osmocondicionadas) foram encaminhadas ao viveiro, para realização do teste de emergência. As sementes desses 20 tratamentos foram submetidas à germinação sob sombreamento artificial obtido com telas de capacidade de retenção de 30% de luz solar. A semeadura foi realizada manualmente, em tubetes preenchidos com 55 cm³ de substrato comercial para formação de mudas florestais composto por casca de pinus, fibra de coco, vermiculita, e casca de arroz (Bioplant Prata HT®) e acondicionados em bandejas com capacidade para 96 unidades.

Após a semeadura, os tubetes receberam uma fina camada de substrato peneirado e uma cobertura morta, composta de gramíneas, sendo a última retirada após o início da germinação. As 20 bandejas foram mantidas sobre uma bancada e

sob irrigação por aspersão durante cinco minutos, em intervalos de uma hora entre as irrigações sucessivas (Figura 2).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 10 x 2 (10 materiais - espécies e híbridos de eucaliptos x sementes osmocondicionadas ou não), com quatro repetições com parcelas experimentais formadas por 24 tubetes cada. A emergência foi avaliada em dias alternados até que esse número se estabilizasse. Após este período foi determinado o número de sementes germinadas e o índice de velocidade de emergência (IVE), conforme Maguire (1962).

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2 - E1}{N2} + \frac{E3 - E2}{N3} + \dots + \frac{En - E(n - 1)}{Nn}$$

Onde:

IVE = Índice de Velocidade de Emergência

E_1, E_2, \dots, E_n = número de plântulas emersas na primeira, na segunda e na última contagens.

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da sementeira à primeira, à segunda e à última contagens.



Figura 2. Experimento de emergência de espécies e híbridos de *Eucalyptus* provenientes de sementes osmocondicionadas ou não.

3.6. Produção de Mudanças

As plântulas resultantes do experimento anterior foram utilizadas para o teste de sobrevivência em casa de vegetação. As mudas foram mantidas nas mesmas condições descritas no item anterior até que atingissem cerca de 15 a 20 cm de comprimento, sendo posteriormente transferidas para uma área aberta, a pleno sol, a fim de promover a rustificação das mesmas, permanecendo nesta condição por de 15 dias.

3.7. Experimento de Sobrevivência em Casa de Vegetação

As mudas produzidas a partir de sementes osmocondicionadas ou não foram plantadas em vasos de plásticos preenchidos com quatro litros de terra peneirada, e mantidas em casa de vegetação.

Antes do plantio os vasos foram irrigados com 700 mL de água, a fim de umedecer todo o substrato e facilitar o plantio. A irrigação das mudas, a fim de promover o bom enraizamento e estabelecimento das mesmas nos vasos, foi realizada durante duas semanas, aplicando-se 300 mL de água por vaso, em dias alternados.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco blocos, devida incidência diferenciada de luz solar na casa de vegetação. Cada bloco continha quatro mudas de cada um dos 20 tratamentos, com exceção do híbrido *E. brassiana* x *E. pellita*, com sementes não osmocondicionadas que dada a baixa germinação não produziu mudas suficientes para este experimento. Com isso, em dois blocos não havia mudas desse tratamento e num terceiro bloco, havia apenas duas mudas do mesmo (Figura 3).



Figura 3. Aspecto do experimento de sobrevivência em casa de vegetação.

Após o plantio nos vasos, foram avaliados o diâmetro do coleto (mm), a altura (cm) e o número de folhas por planta. Após duas semanas de aclimação das mudas nos vasos, a irrigação foi suspensa em todo o experimento e diariamente foi contabilizado o número de plantas mortas. Para tanto, foram consideradas mortas, as mudas que apresentaram seca total de folhas. Os dados foram expressos em termos de número de dias para a morte das mudas após suspensão da irrigação.

3.8. Análise dos Dados

O número de sementes germinadas, no experimento sob estresse hídrico em laboratório e de sementes osmocondicionadas ou não em viveiro, foi relativizado em porcentagem de germinação, assumindo como 100% o valor máximo de sementes germinadas em uma das repetições do tratamento sob potencial 0 MPa (em laboratório) ou com sementes osmocondicionadas ou não osmocondicionadas (em viveiro), para cada espécie.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Liliefors e por não atenderem à normalidade foram transformados em $\arcseno(\sqrt{P/100})$, para porcentagem de germinação ou de emergência, e em $\sqrt{(x+0,5)}$ para o índice de

velocidade de emergência, e submetidos à análise de variância pelo teste F. Para o experimento de germinação sob estresse hídrico (em laboratório), no caso de interação significativa entre os fatores estudados na avaliação de 14 dias, esta foi desdobrada e feita a comparação das médias entre espécies e híbridos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, dentro de cada potencial hídrico, e de análise de regressão não linear para os potenciais hídricos, para cada espécie, utilizando-se o software STATISTICA versão 7.0 (STASOFT, 2004). O modelo de equação não linear ajustado foi o citado por Pôrto et al. (2006):

$$Y = a / (1 + e^{-k(x-xc)})$$

em que:

Y= valor da porcentagem de germinação para cada valor de x;

x= potencial hídrico;

a= valor máximo da germinação para cada espécie;

k= taxa relativa de redução de y;

xc= valor de x que proporciona uma redução de 50% do valor máximo de y, ponto de inflexão da curva.

Para as avaliações preliminares da germinação (aos 3, 5 e 7 dias), das sementes submetidas aos diferentes potenciais hídricos, as médias entre espécies e híbridos foram comparadas dentro de cada potencial hídrico estudado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No experimento em viveiro, a interação significativa entre os fatores estudados, foi desdobrada e feita a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o uso do software SISVAR (FERREIRA, 2010).

De posse dos dados provenientes do experimento em casa de vegetação foram calculadas as médias dos tratamentos por bloco e os valores foram submetidos à análise de variância e à comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o uso do software SAS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste de Germinação Sob Diferentes Potenciais Hídricos

Três dias após a instalação do experimento somente *E. pellita* e *E. urophylla* germinaram. *E. pellita* apresentou 6% de germinação a 0 MPa (substrato umedecido com água) e 1,5% a -0,2 MPa; *E. urophylla* germinou 46% e 14%, respectivamente, a 0 e a -0,2 MPa. Estes resultados evidenciam diferenças na velocidade de germinação das espécies, o que pode ser atribuído às características da própria espécie e à qualidade das sementes.

Os percentuais de germinação nas datas subsequentes estão expostos na Tabela 3. No quinto dia, a exceção do híbrido de *E. brassiana* x *E. pellita* que germinou apenas a 0 MPa, todos materiais germinaram até -0,2 MPa, merecendo destaque *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*, que no tratamento testemunha apresentaram desempenho superior aos demais exceto ao híbrido *E. brassiana* x *E. tereticornis*.

E. urophylla, *E. grandis* e os híbridos de *E. brassiana* x *E. tereticornis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* germinaram também a -0,4 MPa, embora não difiram dos demais materiais que ainda haviam germinado. No entanto, é importante salientar que esses mesmos quatro materiais, juntamente com *E. camaldulensis*, apresentam germinação superior aos demais na condição -0,2 MPa.

No 7º dia após a instalação do teste, a germinação de *E. urophylla*, *E. resinífera*, *E. brassiana* x *E. tereticornis* estendeu-se até o potencial -0,6 MPa, embora a porcentagem de germinação seja muito baixa, não diferindo portanto dos materiais que não germinaram. No potencial -0,4 MPa apenas *E. grandis* e *E. resinífera* começaram a germinar, além dos materiais que já haviam iniciado após 5 dias. Essa última espécie se destacou nesse potencial por ser a única a diferenciar-se daquelas que ainda não haviam germinado. Comportamento contrário dessa espécie foi observado no potencial mais brando (-0,2 MPa) perante o qual seu desempenho está entre os mais baixos. No potencial -0,2 MPa e na testemunha, *E. urophylla*, e *E. grandis* x *E. camaldulensis* apresentam germinação superior àqueles com os mais baixos índices, *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. pellita*

Tabela 3. Germinação (%) de espécies e híbridos de *Eucalyptus*, aos 5, 7 e 14 dias, submetidos a diferentes potenciais hídricos simulados com soluções aquosas de polietilenoglicol (PEG 6000)

Espécie/Híbrido	Germinação/Potencial Hídrico (MPa)											
	0		-0,2		-0,4		-0,6		-0,8		-1,0	
	Germinação aos 5 dias											
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	33	ef	2	f	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i>	37	cde	4	de	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. camaldulensis</i>	50	bc	50	ab	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. pellita</i>	35	cdf	12	de	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. urophylla</i>	65	a	54	a	3	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	23	f	0	f	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. resinífera</i>	41	cde	16	d	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. grandis</i>	47	cd	35	c	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	63	ab	43	abc	7	a	0	a	0	a	0	a
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	70	a	40	bc	4	a	0	a	0	a	0	a
	Germinação aos 7 dias											
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	51	c	19	de	0	b	0	a	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i>	68	abc	46	ab	0	b	0	a	0	a	0	a
<i>E. camaldulensis</i>	61	abc	59	a	0	b	0	a	0	a	0	a
<i>E. pellita</i>	54	bc	25	cde	0	b	0	a	0	a	0	a
<i>E. urophylla</i>	73	a	61	a	7	ab	4	a	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	65	abc	17	e	0	b	0	a	0	a	0	a
<i>E. resinífera</i>	75	a	36	bcd	20	a	1	a	0	a	0	a
<i>E. grandis</i>	51	c	37	bc	2	b	0	a	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	71	ab	56	a	12	ab	2	a	0	a	0	a
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	75	a	51	ab	9	ab	0	a	0	a	0	a
	Germinação aos 14 dias											
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	64	a	37	b	2	e	0	c	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i>	80	a	72	a	3	e	3	c	0	a	0	a
<i>E. camaldulensis</i>	75	a	74	a	6	cde	0	c	0	a	0	a
<i>E. pellita</i>	89	a	61	ab	4	de	1	c	0	a	0	a
<i>E. urophylla</i>	77	a	59	ab	29	bcd	25	abc	0	a	0	a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	89	a	55	ab	17	cde	20	abc	2	a	0	a
<i>E. resinífera</i>	80	a	38	b	45	ab	40	a	14	a	0	a
<i>E. grandis</i>	74	a	66	a	31	bc	12	bc	1	a	0	a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	84	a	66	a	53	ab	32	ab	7	a	1	a
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	86	a	74	a	58	a	23	abc	4	a	0	a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, dentro das colunas, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 14 dias observou-se germinação até -1,0 MPa para *E. brassiana* x *E. tereticornis*, embora não difira dos materiais que não germinaram. Essa semelhança

estatística foi observada também nos potenciais -0,8 e 0 MPa. Na condição -0,6 MPa os maiores valores de germinação são observados em *E. resinífera* e *E. brassiana* x *E. tereticornis*, assim como ocorre no potencial -0,8 MPa, sendo, em 0,6 MPa, demonstrada superioridade desses frente aos materiais que apresentaram germinação inferior a 5%. A porcentagem de germinação dos materiais *E. urophylla*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. brassiana* x *E. pellita* não diferem daquela apresentadas pelos dos anteriormente citados, demonstrando maior tolerância dessas espécies e híbridos ao déficit hídrico.

O híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis* destaca-se no potencial -0,4 MPa, superando as demais espécies e híbridos, com exceção de *E. brassiana* x *E. tereticornis* e *E. resinífera*. Esse último, devido ao comportamento singular já relatado, assim como o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, apresenta germinação inferior aos demais materiais.

As equações estimadoras da germinação das sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos, simulados com PEG 6000 (Tabela 4; Figura 4), evidenciam comportamentos distintos entre as espécies e híbridos de eucalipto.

Tabela 4. Equações estimadoras da germinação das espécies e híbridos de *Eucalyptus* em função do potencial hídrico simulado com polietilenoglicol (PEG 6000) aos 14 dias após a semeadura.

Espécie e híbrido	Equação	Coefficiente de Determinação (R ²)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	$Y=64,28/(1+e^{19,2225(X-0,21725)})$	0,999
<i>E. brassiana</i>	$Y=80,0/(1+e^{26,9649(X-0,28409)})$	0,999
<i>E. camaldulensis</i>	$Y=75,41/(1+e^{31,1425(X-0,32223)})$	0,999
<i>E. pellita</i>	$Y=88,64/(1+e^{18,6873(X-0,24151)})$	0,999
<i>E. urophylla</i>	$Y=77,42/(1+e^{6,42173(X-0,38215)})$	0,978
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	$Y=89,13/(1+e^{8,49586(X-0,27155)})$	0,975
<i>E. resinífera</i>	$Y=80,4/(1+e^{3,77442(X-0,43665)})$	0,898
<i>E. grandis</i>	$Y=74,42/(1+e^{9,67906(x-0,38356)})$	0,996
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	$Y=83,82/(1+e^{6,14045(X-0,48399)})$	0,993
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	$Y= 85,5/(1+e^{8,12684(X-0,47913)})$	0,998

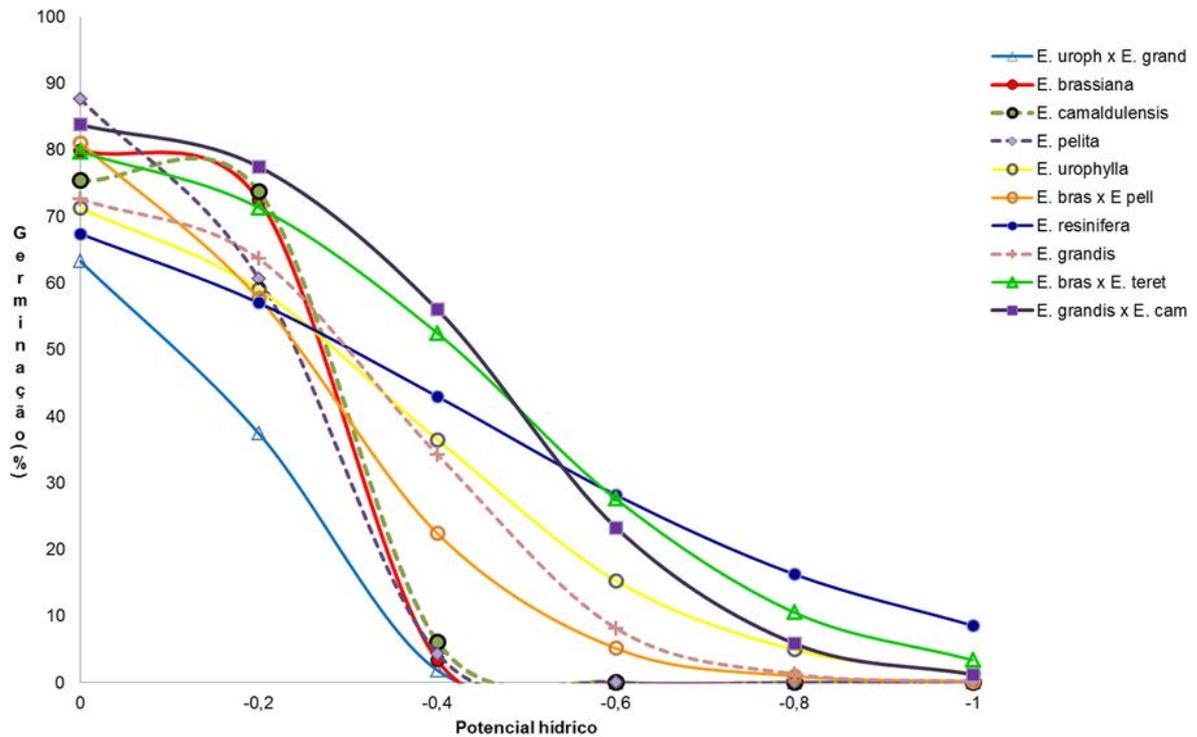


Figura 4. Germinação de sementes de espécies e híbridos de *Eucalyptus* submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), 14 dias após a sementeira.

Tomando-se como indicativo de tolerância o potencial no qual observa-se a redução de 50% no valor de germinação a 0 MPa (Tabela 4), *E. brassiana* x *E. tereticornis* (-0,484 MPa), *E. grandis* x *E. camaldulensis* (-0,479 MPa) e *E. resinifera* (-0,437 MPa) mostraram-se mais tolerantes ao estresse hídrico. A superioridade apresentada pelos híbridos pode estar relacionada ao efeito da heterose em plantas alógamas que, segundo Borém e Miranda (2009), é o principal fator da superioridade produtiva dos híbridos, além desses garantirem o controle da produção de sementes.

Embora não seja possível afirmar sobre o efeito da heterose no híbrido *E. brassiana* x *E. tereticornis* pelo fato de *E. tereticornis* não ter sido avaliado neste trabalho, este efeito torna-se bastante evidente no caso de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, visto que tanto *E. grandis* quanto *E. camaldulensis* apresentaram desempenho significativamente inferior sob estresse hídrico.

Além do possível efeito da heterose o maior valor do potencial anteriormente citado apresentado pelo híbrido *E. brassiana* x *E. tereticornis* pode estar

correlacionado, também, a procedência desse material (Tabela 1) visto que a região de Urbano Santos-MA apresenta condições de maior escassez hídrica quando comparada às demais procedências, podendo as sementes utilizadas serem resultado do cruzamento de matrizes já selecionadas para a resistência à essa condição adversa.

4.2. Efeito do Osmocondicionamento das Sementes na Emergência de Espécies e Híbridos de *Eucalyptus* em Viveiro

A interação espécie-híbrido x condicionamento osmótico de sementes foi significativa tanto para a velocidade quanto para a porcentagem de emergência (Tabelas 5 e 6). O osmocondicionamento favoreceu a velocidade de emergência apenas de *E. brassiana* x *E. pellita* e *E. brassiana* x *E. tereticornis*. A porcentagem de emergência de *E. brassiana* x *E. pellita* também foi maior em sementes osmocondicionadas. A eficácia do condicionamento osmótico deve-se ao fato de que este permite o desdobramento de reservas e a síntese de metabólitos necessários à germinação, fazendo com que ocorra uma germinação mais rápida das sementes, diminuindo o seu tempo de exposição às condições desfavoráveis (MARCOS FILHO, 2005).

Por outro lado para *E. grandis* x *E. camaldulensis* o osmocondicionamento foi prejudicial para a porcentagem de emergência, o que pode estar relacionado à inadequação do potencial aplicado ou ainda ao tempo de exposição ao osmocondicionamento.

Entre as sementes não osmocondicionadas, o *E. urophylla* apresentou maior velocidade de emergência que *E. brassiana* x *E. pellita*, *E. pellita* e *E. brassiana* x *E. tereticornis*. Para a porcentagem de emergência o *E. brassiana* x *E. pellita* apresentou o menor valor, não diferindo apenas de *E. brassiana* x *E. tereticornis*, que por sua vez não diferencia-se de nenhum dos materiais.

Entre as sementes osmocondicionadas, *E. brassiana* x *E. pellita*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* apresentaram maior velocidade de emergência (IVE) que *E. pellita*, *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*, não havendo diferenças entre as demais espécies. Para a porcentagem de emergência

houve diferença apenas entre *E. camaldulensis* e o híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis*, tendo a espécie apresentado emergência superior ao híbrido.

Tabela 5. Índice de velocidade de emergência (IVE) em viveiro de espécies e híbridos de *Eucalyptus* submetidos ou não ao osmocondicionamento com soluções aquosas de polietilenoglicol (PEG 6000).

Espécies e Híbridos	Não osmocondicionadas	Osmocondicionadas
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	0,91 c B	2,35 a A
<i>E. pellita</i>	1,58 bc A	1,57 b A
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	1,68 bc B	2,35 ab A
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,81 abc A	1,64 b A
<i>E. brassiana</i>	1,93 abc A	2,27 ab A
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	1,98 ab A	1,56 b A
<i>E. grandis</i>	2,11 ab A	1,96 ab A
<i>E. resinífera</i>	2,42 ab A	2,08 ab A
<i>E. camaldulensis</i>	2,37 ab A	2,98 a A
<i>E. urophylla</i>	2,82 a A	2,72 a A
CV (%)	21,98	
Média geral:	2,05	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Porcentagem de emergência em viveiro de sementes de espécies e híbridos de *Eucalyptus* submetidos ou não ao osmocondicionamento com soluções aquosas de polietilenoglicol (PEG 6000).

Espécies e Híbridos	Testemunhas	Osmocondicionadas
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	8 b B	77 ab A
<i>E. pellita</i>	63 a A	56 ab A
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	43 ab A	60 ab A
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	67 a A	28 ab A
<i>E. brassiana</i>	72 a A	51 ab A
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	64 a A	27 b A
<i>E. grandis</i>	80 a A	56 ab A
<i>E. resinífera</i>	88 a A	56 ab A
<i>E. camaldulensis</i>	78 a A	83 a A
<i>E. urophylla</i>	60 a A	41 ab A
CV (%)	41,88	
Média geral:	57,98	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Vários fatores, intrínsecos as espécies e híbridos e metodológicos, podem ter contribuído, para a resposta insatisfatória ao osmocondicionamento e mesmo para a grande variabilidade nos resultados obtidos dentro de um mesmo tratamento, o que ocasionou altas estimativas de coeficientes de variação. Um desses é o fato de se trabalhar com repetições expressas em termos de massa e não de número de sementes; podendo haver, assim, diferenças na quantidade de sementes por repetição o que contribuiria para o aumento do coeficiente de variação.

Dentre os fatores ligados a natureza das espécies aqui vale ressaltar a alogamia, característica que promove maior variabilidade genética às espécies. Esta, embora seja vantajosa por propiciar um maior número de genótipos exploráveis na seleção, proporciona maior desuniformidade de desempenho das sementes provenientes de uma mesma matriz, acarretando em possíveis diferenças nas respostas ao estresse, e conseqüentemente ao tratamento aplicado.

Outro fator relevante é a qualidade do lote e a influencia desta na eficácia do tratamento. Segundo Marcos Filho (2005) e Khan (1992) o osmocondicionamento surte efeito na velocidade de germinação ou de emergência das sementes provenientes de lotes de qualidade intermediária, não sendo capaz de melhorar lotes de muito baixo vigor, nem aprimorar estas características em materiais de alto desempenho.

Os efeitos do osmocondicionamento, assim como a tolerância ao estresse ambiental, são muito variáveis de acordo com as espécies às quais é aplicado. Não há, portanto, uma padronização do potencial osmótico e o período aos quais as sementes devam ser submetidas. Desta forma, é possível que alguns potenciais de osmocondicionamento tenham sido excessivos para alguma espécie e, ou híbrido, promovendo assim o efeito contrário ao almejado, ou seja, a inibição da germinação das sementes osmocondicionadas.

Também, é possível que o tempo de exposição ao osmocondicionamento tenha sido excessivo para algumas espécies e híbridos, tendo acarretado o início do processo germinativo de parte das sementes. Tendo em vista que a tolerância das sementes à dessecação diminui com o decorrer da embebição, sendo mínima ou nula após a protrusão da radícula (MARCOS FILHO, 2005), a secagem, nesta circunstância, pode ter ocasionado injúrias irreversíveis ou até a morte das

sementes; diminuindo assim a percentual germinativo. Ainda neste aspecto, e juntamente com o estabelecimento do potencial de osmocondicionamento, por tratar-se de sementes muito pequenas, a curva de embebição e de germinação ao longo do tempo não é tão precisa, o que pode ter contribuído para os resultados insatisfatórios observados.

4.3. Efeito do Osmocondicionamento das Sementes na Sobrevivência de Mudanças Após a Suspensão da Irrigação

A interação espécies e híbridos x condicionamento osmótico foi significativa para a variável altura (Tabela 7) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, havendo decréscimo desta variável em decorrência do osmocondicionamento, para *E. resinifera*, *E. grandis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*, efeito contrário foi observado em *E. brassiana* x *E. pellita*.

Para diâmetro do coleto (Tabela 8) não houve diferenças estatísticas. Já para número de folhas e sobrevivência (Tabelas 9 e 10, respectivamente) somente ocorreu diferença entre as espécies, ressaltando a diferença natural quanto ao desenvolvimento e tolerância.

Tabela 7. Altura média, em centímetros, das mudas de espécies e híbridos de *Eucalyptus*.

Espécies e híbridos	Testemunhas	Osmocondicionadas
<i>E. urophylla</i>	25,84 a	23,94 a
<i>E. resinifera</i>	28,69 a	20,75 b
<i>E. grandis</i>	26,44 a	19,78 b
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	22,47 a	22,95 a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	15,26 b	21,06 a
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	30,07 a	21,41 b
<i>E. pellita</i>	24,60 a	20,7 a
<i>E. brassiana</i>	26,07 a	24,80 a
<i>E. camaldulensis</i>	31,33 a	30,15 a
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	27,46 a	25,61 a
CV(%)		16,60
Média geral:		24,66

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Diâmetro médio do coleto, em centímetros, das mudas de espécies e híbridos de *Eucalyptus*.

Espécies e híbridos	Coleto (cm)
<i>E. urophylla</i>	2,62
<i>E. resinífera</i>	2,45
<i>E. grandis</i>	2,80
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	2,33
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	2,22
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	3,12
<i>E. pellita</i>	2,53
<i>E. brassiana</i>	2,44
<i>E. camaldulensis</i>	2,72
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2,72
CV(%)	25,36
Média geral:	2,60

Tabela 9. Média do número de folhas das mudas de espécies e híbridos de *Eucalyptus*.

Espécies e híbrido	Número de Folhas
<i>E. urophylla</i>	11,47 b
<i>E. resinífera</i>	12,72 a
<i>E. grandis</i>	12,75 a
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	12,42 b
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	11,34 b
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	12,32 b
<i>E. pellita</i>	10,55 b
<i>E. brassiana</i>	11,75 b
<i>E. camaldulensis</i>	11,75 b
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,25 a
CV(%)	12,10
Média geral:	12,05

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Período de sobrevivência, em dias, das mudas de espécies e híbridos de *Eucalyptus* submetidas à restrição hídrica.

Espécies e híbridos	Sobrevivência (dias)
<i>E. urophylla</i>	8,65 ab
<i>E. resinífera</i>	9,85 a
<i>E. grandis</i>	8,67 ab
<i>E. brassiana</i> x <i>E. tereticornis</i>	9,05 ab
<i>E. brassiana</i> x <i>E. pellita</i>	9,50 ab
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	8,35 b
<i>E. pellita</i>	8,65 ab
<i>E. brassiana</i>	8,87 ab
<i>E. camaldulensis</i>	7,82 b
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	8,17 b
CV(%)	8,94
Média geral:	8,74

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

E. resinífera destaca-se também nesta etapa do experimento, apresentando um período de sobrevivência superior a *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis*. Isso, reforça a superioridade da primeira espécie quanto a tolerância tendo em vista que a mesma apresentou um dos maiores valores do índice Xc dentre as equações estimadoras de germinação (Tabela 4). Essa semelhança não ocorre, no entanto, para o híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis*.

Os fatores metodológicos apontados como possíveis interferentes nos resultados para a velocidade e índice de emergência, conseqüentemente aplicam-se também aos resultados deste item.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do experimento, o aumento da restrição hídrica afeta de forma diferenciada o processo germinativo de espécies e híbridos de eucalipto, sendo que *E. brassiana* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. resinífera* apresentam melhor desempenho germinativo frente ao estresse hídrico simulado com PEG 6000.

O osmocondicionamento favorece a velocidade de emergência dos híbridos *E. brassiana* x *E. pellita* e *E. brassiana* x *E. tereticornis* e a porcentagem de emergência de *E. brassiana* x *E. pellita*. Por outro lado, o osmocondicionamento reduz a porcentagem de emergência *E. urophylla* x *E. camaldulensis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*.

No experimento em casa de vegetação *E. resinífera* manteve a superioridade quanto a tolerância, obtendo posição de destaque para todas as variáveis analisadas.

A interação espécie/híbrido x condicionamento osmótico foi significativa apenas para a altura de plantas sendo que o osmocondicionamento das sementes prejudicou o desempenho de *E. resinífera*, *E. grandis* e do híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis*, e beneficiou *E. brassiana* x *E. pellita*.

6. REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>.

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

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Ed.). **Relação solo- eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. 330 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Austrália**. 5 ed. Colingwood: Csiro, 2006. 768 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=CRQg11hSJ1kC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Endogamia e Heterose. In: _____. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa, Brasil. UFV, 2009. Cap. 21. p. 303-320.

Carvalho, N. M, Nakagawa, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 pag.

CÓRDOBA, G. A. T.; BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento, secagem e armazenamento de sementes de *Eucalyptus citriodora* Hook E *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex.-Maiden). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17 n. 1, p. 81-95, 1995a. Disponível em: <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1995/v17n1/artigo14.pdf>>.

CÓRDOBA, G.A.T; BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento em sementes de *Esenbeckia leiocarpa* ENGL (guarantã). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 17 n. 2, p. 220-226,1995. Disponível em: <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1995/v17n2/artigo16.pdf>>.

- Ferreira, D.F. 2010. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3(Build 77). Lavras-MG. DEX/UFLA.
- FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa:UFV, 2010, 200 p.
- GOMES, D. P.; SILVA, A. F.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; PANOZZO, L. E.; SILVA, L. J. Priming and drying on the physiological quality of eggplant seeds. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 30, n. 3, p.484-488, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n3/21.pdf>>.
- IPEF(Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais). ***Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden)**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/grandis.asp>>.
- LOPES, H. M.; SOUZA, C. M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Rev. Bras. Sementes Londrina**, v. 30 n.1, p. 181-189, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000100023>.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- Marcos Filho, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, Fealq, 2005. 495 p.
- OLIVEIRA, A. B.; GOMES FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32 n. 3, p. 25-34, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n3/v32n3a03.pdf>>.
- PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30 n.2, p. 137-145, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n2/a17v30n2.pdf>>.
- PÔRTO, D.RQ.; CECÍLIO FILHO, A.B; MAY, A.; BARBOSA, J.C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola 'Optima' estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 470-475, 2006.

- RAVEN, P. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.830p
- RODRIGUES, A. P. D. C.; LAURA, V. A.; CHERMOUTH, K. S.; GADUN, J. Osmocondicionamento de sementes de salsa (*Petroselinum sativum* Hoffm.) em diferentes potenciais hídricos. **Ciências Agrárias**, Lavras, v. 33 n.5, p. 1288-1294, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v33n5/v33n5a13.pdf>>.
- SOUZA, M.J.H; RIBEIRO, A.; LEITE,H. G.; LEITE, F.P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p.399-410, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000300010&script=sci_arttext>.
- STATSOFT, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. Disponível em: <www.statsoft.com>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.
- THEODORO, J. V. C.; CÂNDIDO, A. C. S.; ALVES, C. Z. Efeito do condicionamento osmótico e da secagem na germinação e vigor de sementes de pepino. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 13 n. 4, p. 31-44, 2012. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/academica/article/view/30339/19592>>.
- VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26 n. 2, p. 1957-1968, 1991. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>>. Acesso em: 12 jun. 2012.