



ANA CARLA RESENDE FRAIZ

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO E
ESTRESSE TÉRMICO DURANTE A GERMINAÇÃO DE
SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus*
grandis HILL EX MAIDEN**

LAVRAS – MG

2011

ANA CARLA RESENDE FRAIZ

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE
TÉRMICO DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES
E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Eucalyptus grandis HILL EX MAIDEN**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, área de
concentração em Silvicultura, para a
obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Fraiz, Ana Carla Resende.

Indução de tolerância ao déficit hídrico e estresse térmico durante a germinação de sementes e produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden / Ana Carla Resende Fraiz. – Lavras : UFLA, 2011.

77 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva.

Bibliografia.

1. Sementes florestais. 2. Condicionamento osmótico. 3. Priming.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97342

ANA CARLA RESENDE FRAIZ

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE
TÉRMICO DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES
E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Eucalyptus grandis HILL EX MAIDEN**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, área de
concentração em Silvicultura, para a
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 25 de março de 2011

Prof. Dr. Anderson Cleiton José - UFLA

Prof. Dr. João Almir Oliveira - UFLA

Dr. Jessé Marques da Silva Junior - UFLA

Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Orientador

LAVRAS – MG

2011

SUMÁRIO

INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE TÉRMICO DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Eucalyptus grandis</i> HILL EX MAIDEN.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Coleta e beneficiamento das sementes	20
2.2 Curvas de embebição e condicionamento osmótico das sementes	20
2.3 Germinação em estresse hídrico.....	21
2.4 Germinação em estresse térmico.....	22
2.5 Avaliação dos testes de germinação e análise estatística	22
3 RESULTADOS	23
3.1 Curva de embebição	23
3.2 Efeito do condicionamento na germinação em déficit hídrico...25	
3.3 Efeito do condicionamento na germinação em estresse térmico 32	
4 DISCUSSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
CAPÍTULO 2	51
O USO DA TÉCNICA DE OSMOCONDICIONAMENTO EM SEMENTES DE <i>Eucalyptus grandis</i> HILL EX MAIDEN VISANDO A PRODUÇÃO DE MUDAS MAIS TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO.	51
RESUMO	52
1 INTRODUÇÃO.....	54
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1 Semeadura e produção das mudas.....	57
2.2 Estresse hídrico em mudas <i>E. grandis</i>	59
2.3 Análise estatística.....	60

3 RESULTADOS	61
3.1 Efeito do condicionamento osmótico no crescimento das mudas	61
3.2 Efeito do condicionamento osmótico na tolerância das mudas à deficiência hídrica	63
4 DISCUSSÃO.....	69

RESUMO

Fraiz, Ana Carla Resende. **Indução de tolerância ao déficit hídrico e estresse térmico durante a germinação de sementes e produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2011, 78p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Condicionamento osmótico é uma técnica usada para acelerar e uniformizar a germinação. Efeitos positivos do condicionamento osmótico são evidentes sob condições de estresse. Desta maneira, esta técnica pode ser usada para conferir às sementes resistência a estresses, melhorando seu desempenho sob condições adversas como, por exemplo, a baixa disponibilidade de água e a diferentes temperaturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento osmótico na indução de tolerância ao déficit hídrico e ao estresse térmico durante a germinação de sementes e produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. No Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras, as sementes foram condicionadas em soluções de PEG 6000 com potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa por 36, 48, 120, 240 e 240 horas, respectivamente. A deficiência hídrica foi simulada em BOD a 25°C, utilizando soluções de PEG6000 com potenciais hídricos de 0,0MPa -0,2MPa, -0,4MPa, -0,6MPa, -0,8MPa e -1,0MPa. Para os testes sob estresse térmico as sementes, incubadas em placas de Petri com papel umedecido com água, foram colocadas em mesa termograde em temperaturas de 10°C a 35 °C. No Viveiro Florestal, as sementes condicionadas e não condicionadas foram semeadas em tubetes (50 ml). O crescimento das mudas, quanto ao diâmetro do colo e altura da parte aérea, foi avaliado até os 90 dias após a semeadura (DAS). Aos 120 DAS as mudas foram transferidas da área de pleno sol para a casa de vegetação, onde deu-se início a simulação de deficiência hídrica, com suspensão total da irrigação. As variáveis fisiológicas monitoradas até a morte das mudas foram: potencial hídrico, condutância estomática, fotossíntese e transpiração. Os resultados mostraram que o osmocondicionamento não influenciou a porcentagem final de germinação, porém aumentou a velocidade de germinação nas situações de estresse testadas. O crescimento das mudas, assim como a tolerância ao déficit hídrico, mostrou-se indiferente ao condicionamento osmótico.

Palavras-chave: sementes florestais; condicionamento osmótico; priming

¹Comitê Orientador: Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UFLA (Orientador); Dr. Antonio Cláudio Davide – UFLA.

ABSTRACT

Fraiz, Ana Carla Resende. **Induction of tolerance to drought and heat stress during seed germination and seedling production of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2011, 78p. (Dissertation - Master Program in Forest Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

Priming is a technique used for rapid and uniform germination. Positive effects of priming are evident under stress conditions. Thus, priming can be used to provide seed resistance to stresses, improving performance under adverse conditions such as, for example, low water availability and different temperatures. The aim of this study was to evaluate the effect of priming on the induction of tolerance to drought and heat stress during seed germination and seedling production of *Eucalyptus grandis*. In the seed laboratory of the Federal University of Lavras, seeds were primed in PEG 6000 with potentials of 0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1, 0 MPa for 36, 48, 120, 240 and 240 hours respectively. Drought stress was simulated in chamber at 25°C using PEG6000 solutions with water potentials of 0.0 MPa -0.2 MPa, -0.4 MPa, -0.6 MPa, -0.8 MPa and -1.0 MPa. For the tests under heat stress the seeds were incubated in Petri dishes with paper soaked in water, were placed in thermo table at temperatures from 10°C to 35°C. In Forest Nursery, seeds conditioned and not conditioned were seeded in tubes (50 ml). The growth of seedlings, about the diameter and shoot height was measured at 90 days after sowing (DAS). At 120 DAS, the seedlings were transferred from the area of full sun for the greenhouse, which was initiated to simulate water deficit, with total suspension of irrigation. The physiological variables monitored by the death of the seedlings, water potential, stomatal conductance, photosynthesis and transpiration. The results showed that priming did not influence the final percentage of germination, but increased germination rate in stress situations tested. Seedling growth, as well as tolerance to drought, was unmoved priming.

Key-words: seeds forestry; osmoconditioning; priming

¹ Guidance Committee: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UFLA (Adviser), Antonio Cláudio Davide – UFLA.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Estresses abióticos limitam a produtividade das plantas e têm um papel importante na determinação de como ocorre a distribuição das espécies vegetais ao longo dos diferentes tipos de ambientes encontrados no mundo. Seus efeitos, tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista agrícola, tem recebido muita atenção de pesquisadores devido aos impactos potenciais que as mudanças climáticas podem causar em todas as formas de vida no planeta (ALLEY et al., 2007).

As pesquisas têm direcionado para o entendimento dos mecanismos de respostas das plantas em condições que a água limita o crescimento e o desenvolvimento do vegetal, buscando identificar produtos gênicos que conferem adaptação ao estresse por déficit hídrico. Os mecanismos de respostas podem ser estudados em diferentes níveis, desde a planta inteira até o nível molecular (ANSARI e LIN, 2010), desencadeando uma série de processos fisiológicos, celulares e moleculares que culminam na tolerância ao estresse.

A redução da atividade fotossintética, acumulação de solutos orgânicos (HARE et al., 1998), mudanças no metabolismo de carboidratos, ativação da respiração (ANSARI e LIN, 2010), produção de antioxidantes (ALSCHER et al., 2002) e proteção de membrana (VALLYIODAN e NGUYEN, 2006) são respostas típicas de uma planta em condições de deficiência hídrica.

Nas sementes, a germinação também é afetada já que a disponibilidade de água é considerada de grande importância por influenciar no progresso de muitas reações metabólicas. Potenciais muito negativos do substrato durante a germinação podem diminuir a absorção de água afetando a germinação das sementes. Pesquisas têm demonstrado que o estresse hídrico reduz a germinação e a probabilidade de estabelecimento de plântulas (FAROOQ et al., 2009b; YANG et al., 2010). Em sementes, uma técnica que tem sido estudada com a

finalidade de se conhecer os efeitos gerados pela deficiência hídrica durante o processo germinativo e estabelecimento das plântulas é o condicionamento fisiológico.

O condicionamento osmótico ou condicionamento fisiológico, consiste na hidratação parcial das sementes sem que a protrusão da radícula ocorra, é uma técnica usada para acelerar e uniformizar a germinação das sementes (BRADFORD, 1986). Muitos métodos são utilizados: osmo -, hidro - e matri-condicionamento. No condicionamento osmótico, a hidratação pode ser controlada usando soluções osmóticas, como por exemplo, o polietilenoglicol (PEG) (CASENAVE et al., 2007; FAROOQ et al. 2007; MICHEL et al., 1973).

Efeitos positivos do condicionamento osmótico nas sementes são evidentes também sob condições de estresse, em que aumenta não só a taxa de germinação como também o percentual final de germinação, como já foi demonstrado em alguns trabalhos (EIRA et al., 1990; KAIA et al., 2006; KAUR et al., 2002; PATENE et al., 2008; PEREIRA et al., 2009). Desta maneira, o condicionamento fisiológico pode ser usado para conferir às sementes resistência ao estresse, melhorando seu desempenho sob condições adversas como, por exemplo, a baixa disponibilidade de água e diferentes temperaturas (BRADFORD, 1990; MARCOS FILHO, 2005).

Beckers e Conrath (2007) sugerem que a técnica de condicionamento osmótico está associada à indução de tolerância a um estresse abiótico por haver uma ativação rápida e forte das respostas defensivas das células. Isto pode ser hipotetizado porque as células condicionadas acumulam uma sinalização de compostos latente que não são usados antes da exposição ao estresse. Ou seja, a indução de resistência está associada com o acúmulo de mRNA e de proteínas inativas produzidas durante o condicionamento osmótico (BRAY et al. 1989; FU et al. 1988).

Os efeitos da técnica de condicionamento osmótico no desempenho das sementes durante a germinação têm sido relatados. No entanto, poucas informações são encontradas sobre a influência desta técnica na produção de mudas florestais. Farroq et al. (2009a) demonstraram a eficiência dos tratamentos de condicionamento osmótico em aumentar e melhorar a produção de arroz. Em estudos com *Solanum lycocarpum*, Anese (2008) afirmou que plantas jovens originadas de sementes hidrocondicionadas apresentaram melhores respostas para as variáveis altura, diâmetro do colo e matéria seca.

Diante dos efeitos dos estresses ambientais na produtividade dos vegetais, torna-se imprescindível o estudo de mecanismos de respostas e de técnicas que aumentem o desempenho das plantas em condições adversas do ambiente. Devido a importância econômica da espécie, sementes de *Eucalyptus grandis* foram utilizadas para investigar os efeitos do condicionamento osmótico na tolerância ao déficit hídrico e ao estresse térmico durante a germinação e produção de mudas. É possível que o emprego deste tratamento estimule a expressão de genes e seus produtos, permitindo a sementes e mudas de *E. grandis* desenvolver mecanismos que auxiliem na tolerância a situações ambientais desfavoráveis, possibilitando a produção de novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

ALLEY, R.; BERNTSEN, T.; BINDOFF, N. L. Climate change the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Annual Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2007

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N. Role of superoxide dismutase (SOD) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002.

ANESE, S. **Condicionamento de sementes de *Solanum lycocarpum* st. Hill e o desenvolvimento de mudas na fase inicial**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANSARI, M. I.; LIN, T. P. Molecular analysis of dehydration in plants. **International Research Journal of Plant Science**, v. 1, n. 2, p. 21-25, 2010.

BECKERS, G.J.; CONRATH, U. Priming for stress resistance: from the lab to the field. **Current Opinion in Plant Biology**, v.10, p.425-431, 2007.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming improve germination under stress conditions. **Horticulture Science**, v. 2, p. 1105-1112, 1986.

BRADFORD, K.J. A water relations analysis of seed germination rates. **Plant Physiology**, v.94, n.3, p.840-849, 1990.

BRAY, C.M.; DAVISON, P.A.; ASHRAF, M.; TAYLOR, R.M. Biochemical changes during priming of leek seeds. **Annals of Botany**. v.63, p. 185–193, 1989.

CASENAVE, E.C.; TOSELLI, M.E. Hydropriming a pre-treatment for cotton germination under thermal and water stress conditions. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.35, p. 88-98, 2007.

EIRA, M.T.S.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface: Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, p.9-27, 1990.

FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; AHMAD, A. Improving the performance of transplanted Rice by seed priming. **Plant Growth Regul**, v. 5, p. 129–137, 2007.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Sustainable Agriculture**, v. 29, p. 153-188, 2009a.

FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; AHMAD, N.; MURTAZA, E. G. Enhancing the performance of transplanted coarse rice by seed priming. **Paddy Water Environment**, v. 7, p.55–63, 2009b.

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

HARE, P. D.; CRESS, W. A.; STANDEN, J. V. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 21, p. 535–553, 1998.

KAUR, S.; GUPTA, A. K. Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. **Plant Growth Regulation**, v. 37, p. 17–22, 2002.

KAYA, M. D.; OKCU, G. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Europ. Journal Agronomy**, v. 24, p. 291-295, 2006

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

MICHEL, B. E.; KAUFMAN, M. E. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, p.914-6, 1973.

PATANE, C.; CAVALLARO, V. Plant Emergence of PEG-osmoprimed seeds under suboptimal temperatures in two cultivars of sweet sorghum differing in seed tannin content. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 194, p. 304–309, 2008.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. D. S. Primed carrot seeds performance under water and temperature stress. **Science Agriculture**, v. 66, n.2, p. 174-179, 2009.

VALLIYODAN, B.; NGUYEN, H. T. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, p. 1-7, 2006.

YANG, Y.; LIU, Q.; WANG, G. X.; WANG, X. D.; GUO, J. Y. Germination, osmotic adjustment, and antioxidant enzyme activities of gibberellin-pretreated *Picea asperata* seeds under water stress. **New Forests**, v. 39, p. 231-23, 2010.

CAPÍTULO 1

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE
TÉRMICO DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Eucalyptus*
grandis HILL EX MAIDEN**

RESUMO

Fraiz, Ana Carla Resende. **Indução de tolerância ao déficit hídrico e estresse térmico durante a germinação de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2011, 78p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do osmocondicionamento durante germinação de sementes de *Eucalyptus grandis* sob condições de déficit hídrico e estresse térmico. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Em BOD a 25°C, as sementes de *Eucalyptus grandis* foram condicionadas em soluções de PEG 6000 com potenciais osmóticos de -0,2MPa, -0,4MPa, -0,6MPa, -0,8MPa, -1,0MPa por 36, 48, 120, 240 e 240 horas, respectivamente. O tempo de incubação das sementes foi determinado de acordo com a curva de embebição para cada potencial osmótico. Para avaliar o efeito do condicionamento, testes de germinação foram realizados sob deficiência hídrica e estresse térmico. A deficiência hídrica foi simulada em BOD a 25°C, utilizando soluções de PEG6000 com potenciais hídricos de 0,0MPa -0,2MPa, -0,4MPa, -0,6MPa, -0,8MPa e -1,0MPa. Para os testes sob estresse térmico as sementes, incubadas em placas de Petri com papel umedecido com água, foram colocadas em mesa termogradiante em gradiente de temperaturas de 10°C a 35 °C. Utilizou-se o delineamento experimental casualizado, com quatro repetições de 25 sementes, em esquema fatorial de 6x6 (cinco potenciais de condicionamento osmótico e controle de sementes secas por seis potencias para germinação) para o teste em déficit hídrico e 6x7 (cinco potenciais de condicionamento osmótico e o controle por sete temperaturas) para o teste de estresse térmico. Dentro das condições simuladas de estresse hídrico e térmico, o condicionamento osmótico não apresentou efeito positivo sobre a porcentagem final de germinação, porém aumentou consideravelmente a velocidade de germinação.

Palavras-chave: estresse, sementes florestais, PEG

¹Comitê Orientador: Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UFLA (Orientador); Dr. Antonio Cláudio Davide – UFLA.

ABSTRACT

Fraiz, Ana Carla Resende. **Induction of tolerance to thermal stress during germination of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2011, 78p. (Dissertation - Master Program in Forest Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG¹

The aim of this study was to evaluate the effect of priming during germination of *Eucalyptus grandis* seeds submitted to water deficit and thermal stress. The experiment was conducted at the Forestry Seeds Laboratory of the Federal University of Lavras, Lavras, MG. Seeds were primed on PEG 6000 solutions with osmotic potential of -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa for 36, 48, 120, 240 and 240 hours respectively, at 25°C. In order to determine the period of incubation, it was adjusted an imbibition curve for each osmotic potential. To evaluate the effect of priming, germination tests were conducted under thermal stress. Drought stress was simulated in chamber at 25°C using PEG6000 solutions with water potentials of 0.0 MPa -0.2 MPa, -0.4 MPa, -0.6 MPa, -0.8 MPa and -1.0 MPa. Germination was carried in Petri dishes over filter paper moistened with distilled water. Petri dishes were placed over a thermo table providing a range of temperatures (10, 14, 20, 23, 25, 29 and 35 °C). Experiment was conducted in a randomized experimental design, using four replications of 25 seeds in a factorial 6x6 (Five osmotic potential of priming and control osmotic potential for germination of six) 6x7 (five osmotic potential of priming and seven temperatures). It was observed that priming did not affect the final germination percentage but increased germination rate.

Key-words: stress; forestry seeds, PEG

¹Guidance Committee: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UFLA (Adviser), Antonio Cláudio Davide – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A germinação de sementes é afetada por muitos fatores, como temperatura, luz e conteúdo de água no solo. A disponibilidade de água é considerada um dos mais importantes fatores para controle da germinação, já que influencia no progresso de muitas reações metabólicas. O déficit hídrico inibe fortemente a germinação (KAIA et al., 2006) podendo reduzir a probabilidade de estabelecimento de plântulas, já que o baixo conteúdo de água no solo afeta a emergência e sobrevivência de plântulas, e crescimento das mudas (YANG et al., 2010).

Estudos buscam maior desempenho de sementes em situações de estresse ambiental. Sabe-se que o estresse pode gerar perdas, mas também pode acarretar respostas de prevenção e reparo (KRANNER et al., 2010) fazendo com que as sementes se aclimatem, passando a tolerá-lo (EIRA et al., 1990; KAIA et al., 2006; KAUR et al., 2002; PATENE et al., 2008; PEREIRA et al., 2009). A partir desse pressuposto, tratamentos fisiológicos que se baseiam na exposição da semente a um estresse anterior a germinação são empregados, resultando em um melhor desempenho em situações ambientais desfavoráveis. Uma técnica conhecida e comumente usada é o condicionamento fisiológico.

O condicionamento de sementes tem sido demonstrado como uma efetiva estratégia que melhora a qualidade fisiológica das sementes e o crescimento das plântulas sob diferentes estresses. Nesse processo, a hidratação das sementes é controlada permitindo que apenas as primeiras etapas do processo de germinação (fase I e fase II) sejam completadas. Assim, o processo germinativo é iniciado sem que ocorra a protrusão da radícula (fase III) (BRADFORD, 1986). Um dos métodos de condicionamento que permite controlar o conteúdo de água embebida pelas sementes utiliza soluções osmóticas.

Soluções de polietileno glicol (PEG) têm sido usadas como meio osmótico para o condicionamento. Este soluto apresenta características desejáveis, pois é inerte, não é absorvido pela semente, e não é tóxico (HEIDECKERT et al., 1978). O estresse induzido pelo PEG pode levar a respostas relacionadas a ajustamento osmótico, menor custos de energia e crescimento (MUNNS et al., 2002).

O baixo potencial hídrico das soluções osmóticas pode fazer com que a semente, durante o condicionamento, induza mecanismos de proteção e reparo. Deste modo, quando exposta a um estresse posterior, as sementes já teriam proteção ativada resultando em uma possível aclimação e tolerância a estresse hídrico. Pesquisas com diferentes espécies já foram realizadas relacionando o efeito do osmocondicionamento na germinação de sementes em estresse (GUAN et al., 2009; ZHANG et al., 2004). O efeito benéfico desta técnica tem sido associado com vários eventos bioquímicos e moleculares, incluindo síntese de RNA e proteínas (OZBINGOL et al., 1999). Soeda (2005) identificou expressão de genes relacionados à tolerância a estresse durante o condicionamento de sementes de *Brassica oleracea*, como SOD (superóxido dismutase), HSP (proteínas de choque térmico) e LEA.

A cascata gênica ativada durante a exposição a um determinado estresse envolve genes que também são responsivos a outros tipos de estresses (FOOLAD et al., 2003). Portanto, há um sistema comum de sinais que promove defesa e proteção contra os desafios de um ambiente danoso. Esse fenômeno é conhecido como tolerância cruzada (CUSTÓDIO et al., 2009).

Assim, as sementes osmocondicionadas em soluções de PEG 6000, ao passarem por deficiência hídrica, além de induzir mecanismos de proteção e reparo para a restrição de água também podem induzir respostas a outras condições adversas, como altas temperaturas (TAIZ & ZEIGER, 2004). Ou seja, a planta se aclimata a uma gama de diferentes estresses após a exposição a um

estresse específico. Esse efeito pode ser exemplificado pelo trabalho apresentado por Zhuo et al. (2009) com sementes de soja, em que a sensibilidade ao frio foi reduzida após condicionamento das sementes em solução PEG.

Deste modo, este trabalho foi produzido com a finalidade de avaliar o efeito do condicionamento osmótico na germinação de *E. grandis* sob deficiência hídrica e diferentes temperaturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e beneficiamento das sementes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), entre os anos de 2009 e 2010. Para esse estudo foram usadas sementes de *Eucalyptus grandis* obtidas no campus da UFLA no ano de 2009. A colheita dos frutos e o beneficiamento das sementes foram realizados de acordo com Hoppe (2004). Posteriormente, as sementes foram inicialmente beneficiadas em soprador (Modelo South Dakota) e em seguida, manualmente em laboratório com auxílio de pinça, separando-se completamente a semente da palha. Finalmente foram acondicionadas em tubos de polietileno e armazenadas em câmara fria ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) até a realização dos testes.

2.2 Curvas de embebição e condicionamento osmótico das sementes

As sementes foram condicionadas em placas de Petri, de 90 mm de diâmetro, contendo 5 ml de solução de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) nos potenciais osmóticos de: -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 MPa e incubadas em BOD a 25°C . Esse volume foi suficiente para cobrir metade da altura das sementes, ficando parte da superfície exposta à atmosfera do interior das placas de Petri. O tempo de condicionamento para cada potencial foi determinado por curvas de embebição. Considerou-se o período necessário para as sementes atingirem a fase dois de embebição. Cada potencial de condicionamento foi considerado um tratamento, sementes secas foram consideradas como controle.

Para a curva de embebição, três repetições de 0,02 g de sementes foram incubadas em placas de Petri contendo 5 ml de água ou de cada solução de

polietileno glicol (PEG 6000) nos potenciais e condições citados acima. O peso das sementes secas foi determinado inicialmente para cada repetição. Depois de colocadas para embeber as sementes foram pesadas a cada 1 hora, nas primeiras 3 horas e depois a cada três horas até a protrusão radicular. Para a pesagem utilizou-se balança de precisão de 0,0001g. O preparo das soluções de PEG 6000 foi baseado nos cálculos e recomendações de Vilella et al. (1991) e Michel e Kaufman (1973).

Para o condicionamento osmótico e para as curvas de embebição a solução de PEG 6000 foi trocada a cada três dias, para oxigenar as soluções utilizadas e manter constante o potencial osmótico das mesmas, já que a alta viscosidade do PEG dificulta a difusão do oxigênio. Além disso, após os testes de condicionamento as sementes foram colocadas para germinarem em água para verificar a viabilidade.

Após o condicionamento, as sementes foram lavadas rapidamente em água corrente e colocadas para secar sobre bancada, apenas para perder a água superficial, e logo em seguida, usadas nos experimentos. Testou-se o efeito do condicionamento osmótico na germinação de sementes em situações simuladas de estresse hídrico e térmico.

2.3 Germinação em estresse hídrico

O tempo de condicionamento para cada potencial osmótico estudado foi: de 30 horas para sementes incubadas em solução de -0,2 MPa, de 48 horas para as de -0,4 MPa, de 120 horas para as de -0,6 MPa e de 240 horas para as soluções de -0,8 e -1,0 MPa.

Sementes condicionadas e não condicionadas foram submetidas à deficiência hídrica. Quatro repetições de 25 sementes foram dispostas em placas de Petri sobre duas folhas de papel de germinação e mantidas em BOD a 25°C

com luz constante (Brasil, 1992). Para a simulação do estresse hídrico o papel de germinação foi umedecido com as soluções de PEG 6000 nas concentrações de: 0,0 (água), -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,0 MPa. Para que os níveis dos potenciais osmóticos se mantivessem constantes e permitir oxigenação, a solução de PEG 6000 foi trocada a cada três dias. Considerou-se como tratamento controle as sementes que não foram previamente condicionadas.

2.4 Germinação em diferentes temperaturas

As sementes condicionadas e não condicionadas nos potenciais descritos acima foram colocadas em placas de Petri, sobre papel umedecido com água e incubadas em mesa termogradiante (Modelo Seed Processing Holland, series 29782). O teste de germinação foi realizado em sete intervalos de temperatura: 10, 14, 20, 23, 25, 29, 35°C, sob luz constante.

2.5 Avaliação dos testes de germinação e análise estatística

As avaliações foram realizadas diariamente, e considerou-se germinada a semente que apresentou protrusão radicular (1mm). O índice de velocidade de germinação foi determinado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

O experimento de estresse hídrico e estresse térmico foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de 6x6 (seis potenciais de condicionamento e seis níveis de déficit hídrico) e 6x7 (seis potenciais de condicionamento e sete temperaturas), respectivamente. Os dados foram processados no programa estatístico SISVAR 4.3 (FURTADO, 2000) e as curvas de regressão plotadas no programa SigmaPlot 11.0.

3 RESULTADOS

3.1 Curva de embebição

O peso fresco das sementes de *E. grandis* durante a embebição foi obtido com o objetivo de definir a curva de embebição em soluções de PEG 6000 e em água (Figura 1).

Após 27 horas de embebição em água observou-se protrusão da radícula. Já as sementes incubadas em soluções de PEG, foi constatado um período maior de tempo para o início da germinação. Nos potenciais de -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa a emissão da raiz primária foi verificada com aproximadamente 36, 52, 150 e 260 horas, respectivamente. Em potenciais de -1,0 MPa não houve germinação até o período avaliado.

As curvas de embebição em água e em soluções osmóticas nos potenciais de -0,2, -0,4, -0,6, e -0,8 MPa demonstrou o padrão trifásico de embebição proposto por Bewley e Black (1994). Entretanto, a curva de embebição em potencial de -1,0 MPa foi observada apenas as duas primeiras fases do processo germinativo, já que não houve protrusão radicular (Tabela 1). Observou-se que o aumento do peso fresco inicial das sementes (fase I), na água e nos demais potenciais osmóticos, ocorreu nas primeiras 8 horas de embebição (Figura 1). O período de duração da fase II variou de acordo com o potencial osmótico da solução usada. Quanto menor o potencial, maior o período em que as sementes permaneceram nessa fase, o que implica em atraso da protrusão radicular. Para os potenciais de -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; e -1,0MPa o tempo de duração da fase dois foi de 30, 48, 120, 240, 240 horas respectivamente.

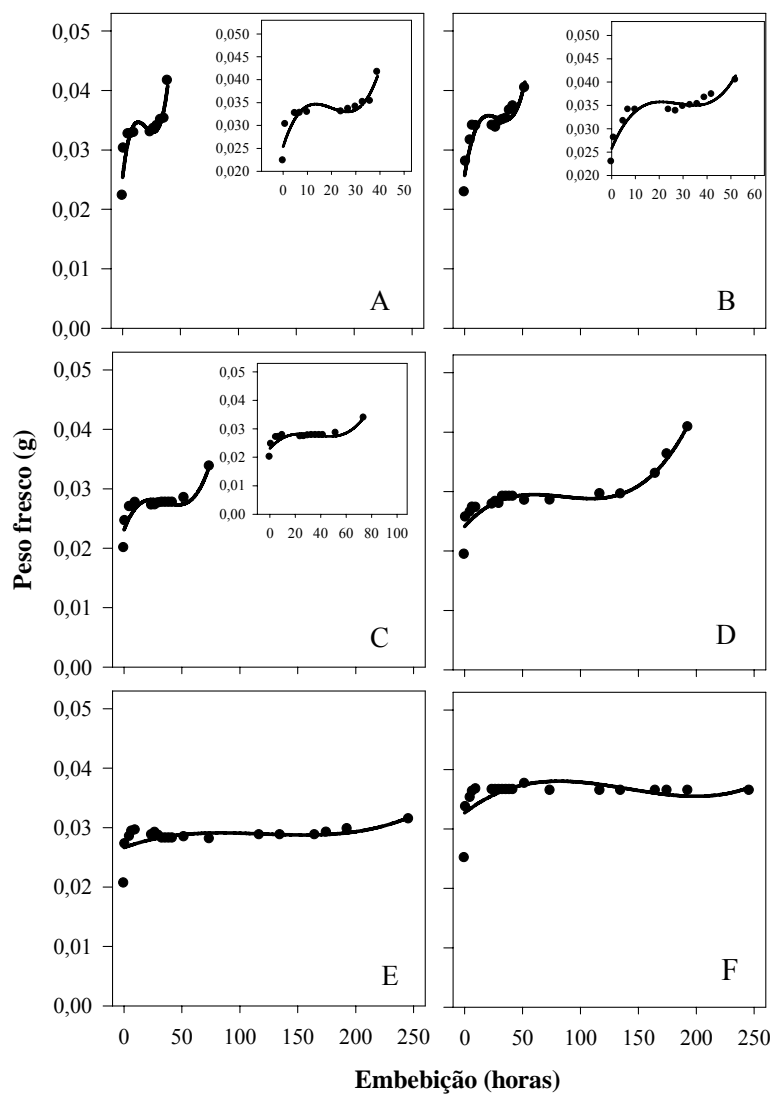


Figura 1: Curva de embebição de sementes de *E. grandis* em água e soluções de PEG 6000. **A)** água, **B)** -0,2 MPa, **C)** -0,4 MPa, **D)** -0,6 MPa, **E)** -0,8 MPa, **F)** -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados

3.2 Efeito do condicionamento na germinação em déficit hídrico

Dados percentuais de germinação estão apresentados na Tabela 1. A taxa média de germinação das sementes não condicionadas, colocadas em substratos umedecidos com água, foi de 95 %, indicando que um lote com boa qualidade fisiológica (Tabela 1). Na Figura 2 encontra-se a análise de regressão do gradiente de estresse hídrico das soluções osmóticas do meio germinativo dentro de cada nível de condicionamento. Independente do tratamento de condicionamento aplicado nas sementes, a germinação na presença de estresse hídrico diminui na medida em que decresce o potencial hídrico (mais negativo). As sementes incubadas em potencial hídrico a -1,0 MPa apresentaram valores mínimos de germinação (Tabela 1).

Tabela 1: Médias de porcentagem de germinação de sementes de *E. grandis* sob estresse hídrico após o condicionamento osmótico. NC: sementes não condicionadas

Condição	Estresse					
	Água	-0,2 MPa	-0,4 MPa	-0,6MPa	-0,8MPa	-1,0 MPa
NC	95 aA	87 aA	88 aA	69 aB	13 cC	2 aC
-0,2 MPa	90 aA	90 aA	95 aA	64 abB	34 abC	2 aD
-0,4 MPa	92 a A	92 aA	90 aA	79 aA	24 abB	0 aC
-0,6 MPa	92 aA	88 aA	91 aA	68 abB	17 bcC	1 aC
-0,8 MPa	87 aA	90 aA	82 abA	73 aA	25 abB	0 aC
-1,0 MPa	88 aA	83 aA	73 bA	51bB	35 aB	0 aC

Letras iguais (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha) indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada nível de estresse hídrico

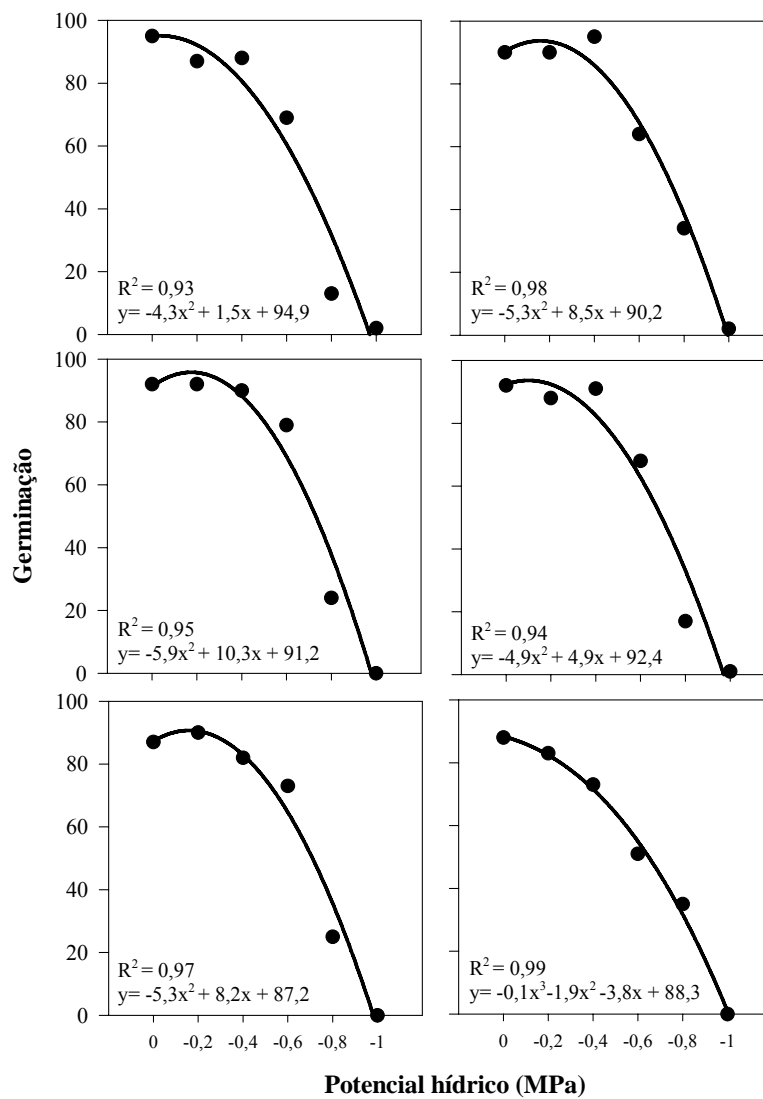


Figura 2: Médias percentuais de germinação de sementes de *E. grandis* em água e soluções de PEG 6000 em função do condicionamento osmótico. **A)** sementes não condicionadas, **B)** sementes condicionadas em solução de -0,2 MPa, **C)** de -0,4 MPa, **D)** de -0,6 MPa, **E)** de -0,8 MPa e **F)** de -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados

As curvas de regressão apresentadas na Figura 3, onde se observa o comportamento germinativo em água e em diferentes níveis de potenciais hídricos, apresenta diferenças para os tratamentos de condicionamento osmótico testados. O condicionamento osmótico não influenciou significativamente a porcentagem de germinação das sementes (Tabela 1) colocadas para embeber em água (Figura 3A), -0,2MPa (Figura 3B) e -1,0 MPa (Figura 3F) . Já na germinação em condições de estresse de -0,8 MPa (Figura 3E e tabela 1) pode-se observar influência do condicionamento onde foi observado aumento de até 35% na germinação de sementes condicionadas em soluções de -0,2 e -1,0 MPa. Porém, efeitos negativos do condicionamento na germinação de sementes de *E. grandis* em meios germinativo com potenciais de -0,4 (Figura 3C) e -0,6 MPa (Figura 3D) foi observado. É verificada tendência das curvas à queda no percentual de germinação de sementes anteriormente condicionadas em potenciais mais negativos, como -1,0 MPa .

Médias do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes condicionadas e posteriormente postas para germinar em soluções de PEG 6000 estão descritas na Tabela 2. As curvas apresentadas na Figura 4 são do desdobramento dos níveis de estresse hídrico para cada condicionamento osmótico. As sementes após o condicionamento dobraram os valores de IVG quando colocadas para geminarem em água. E, em alguns casos, os índices de velocidade chegaram a valores quatro vezes maiores do que aqueles de sementes não condicionadas (Tabela 2). Nota-se que as sementes osmocondicionadas em potenciais de -0,6 MPa (Figura 4D) e -0,8 MPa (Figura 4E) demonstraram valor de IVG superior quando em meio germinativo de solução de -0,2 MPa. Nos demais tratamentos de condicionamento o IVG superior foi detectado para sementes que germinaram em água.

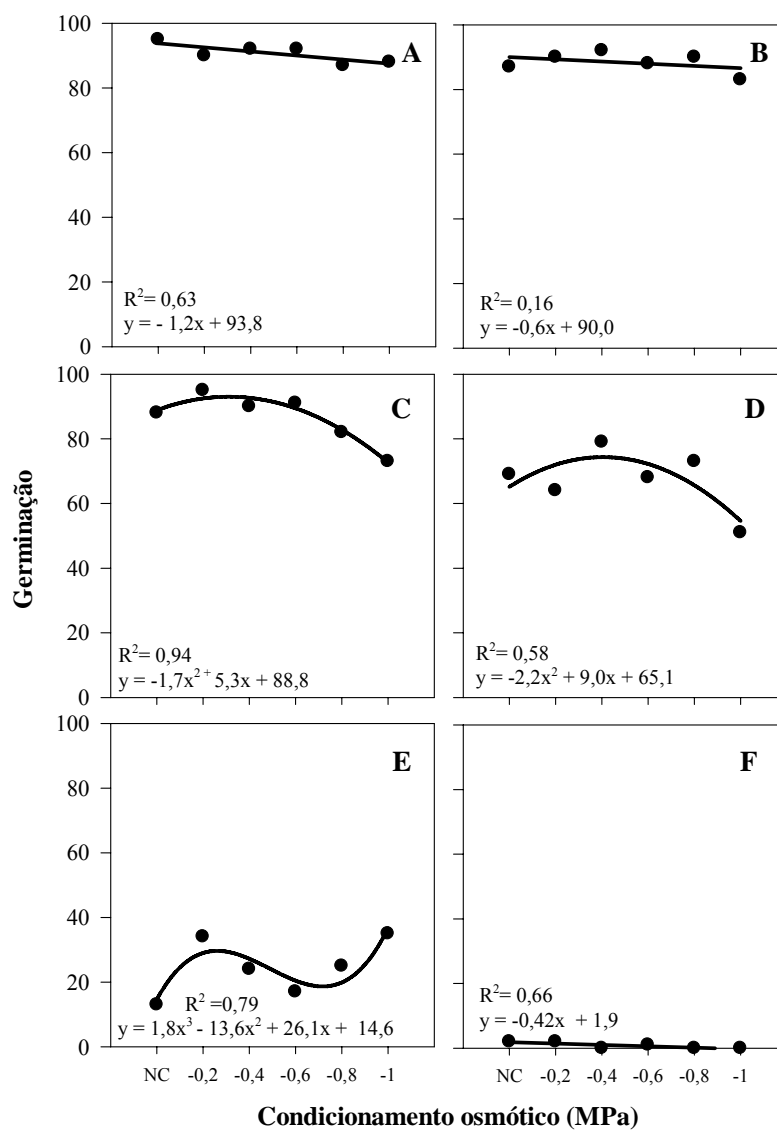


Figura 3: Efeito do condicionamento osmótico nas médias percentuais de germinação de sementes de *E. grandis* em água e soluções de PEG 6000 **A)** germinação em água, **B)** germinação em solução de potencial osmótico de -0,2 MPa, **C)** de -0,4 MPa, **D)** de -0,6 MPa, **E)** de -0,8 MPa e **F)** de -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados. NC: sementes não condicionadas.

Tabela 2: Médias de índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. grandis* sob estresse hídrico após condicionamento osmótico. NC: sementes não condicionadas

Condição	Estresse					
	Água	-0,2 MPa	-0,4 MPa	-0,6MPa	-0,8MPa	-1,0 MPa
NC	11,66 bA	6,23 eB	4,18 fC	1,79 cD	0,2 aD	0,03 aD
-0,2 MPa	20,36 aA	10,23 dB	6,67 eC	1,76 cD	0,76 aE	0,07 aE
-0,4 MPa	21,95 aA	17,76 cB	8,63 dC	3,79 bD	0,71 aD	0 aD
-0,6 MPa	22,06 aA	21,55 aB	19,07 aC	4,77 abD	0,54 aE	0 aE
-0,8 MPa	20,91 aA	22,00 aA	15,65 bB	5,16 abC	0,50 aD	0 aD
-1,0 MPa	21,75 aA	19,71 bA	13,53 cB	6,53 aC	1,32 aD	0 aD

Letras iguais (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha) indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada nível de estresse hídrico

Para demonstrar o efeito no IVG dos diferentes potenciais de condicionamento dentro de cada nível de estresse hídrico das soluções de germinação, curvas da análise de regressão foram plotadas (Figura 5). Apenas em estresse hídrico no potencial de -1,0 MPa o condicionamento osmótico não influenciou. Nas demais soluções de embebição o condicionamento osmótico apresentou efeito significativo. Sementes osmocondicionadas em -1,0 MPa mostraram maiores valores de IVG quando germinadas em potenciais de estresse de -0,6 MPa (Figura 5D) e -0,8 MPa (Figura 5E). Porém, o efeito inverso foi encontrado quando sementes condicionadas a -1,0 MPa foram colocadas para embeber nas soluções de -0,2 MPa (Figura 5B) e -0,4 MPa (Figura 5C).

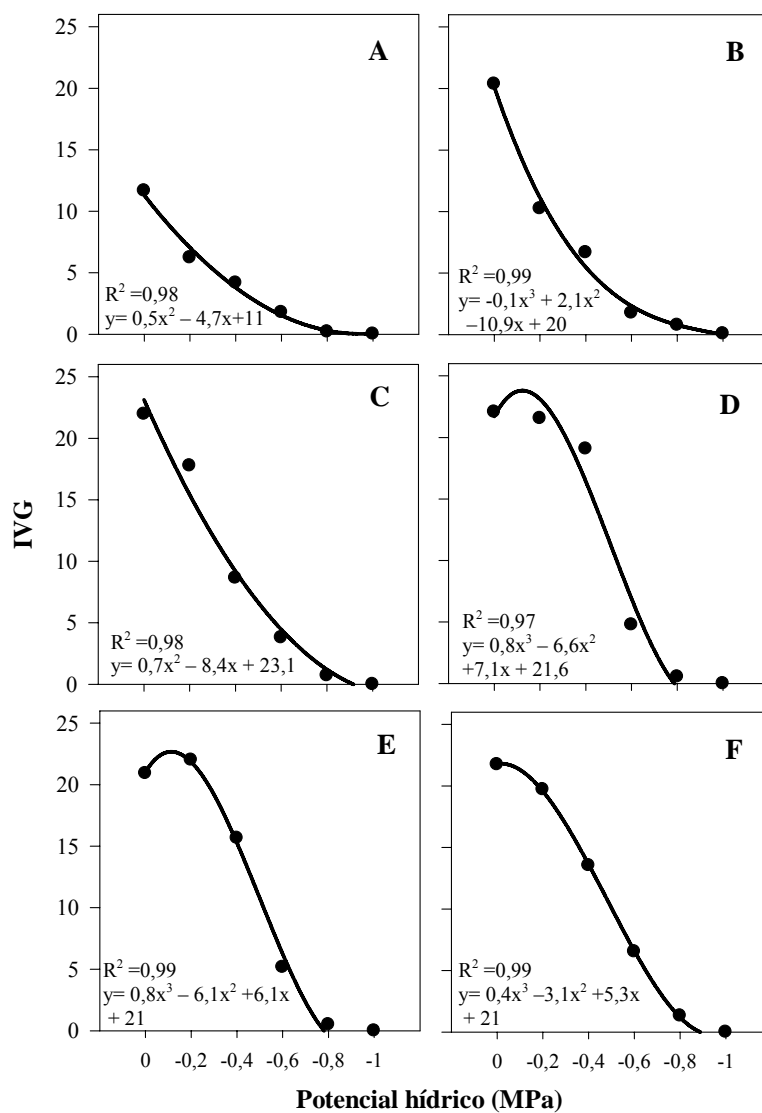


Figura 4: Efeito do condicionamento osmótico nas médias do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. grandis* colocadas para germinar em água e soluções de PEG **A)** sementes não condicionadas, **B)** sementes condicionadas em solução de -0,2 MPa, **C)** de -0,4 MPa, **D)** de -0,6 MPa, **E)** de -0,8 MPa e **F)** de -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados

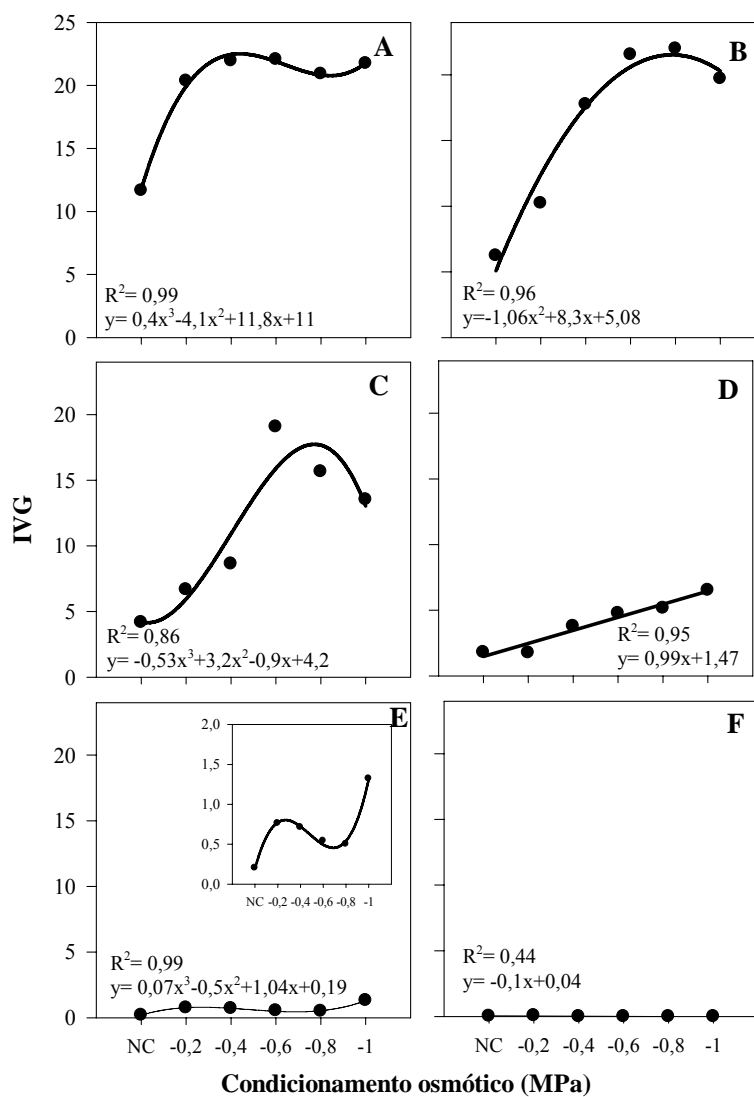


Figura 5: Médias do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. grandis* colocadas para germinar em água e soluções de PEG 6000 em função do condicionamento osmótico. **A)** germinação em água, **B)** germinação em solução de -0,2 MPa, **C)** de -0,4 MPa, **D)** de -0,6 MPa, **E)** de -0,8 MPa e **F)** de -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados NC: sementes não condicionadas

3.3 Efeito do condicionamento na germinação em estresse térmico

Na Tabela 3 são apresentadas as médias percentuais de germinação de sementes de *E. grandis* em diferentes temperaturas após serem osmocondicionadas. Pela análise de regressão, apenas a germinação na temperatura de 20°C apresentou diferença. Nesta temperatura as sementes condicionadas em -0,4 MPa tiveram melhor desempenho do que aquelas oriundas dos demais tratamentos.

Tabela 3: Médias de porcentagem de germinação de sementes de *E. grandis* sob diferentes temperaturas (°C) após condicionamento osmótico. NC: sementes não condicionadas

Cond.	Estresse						
	10	14	20	23	25	29	35
NC	86 abA	85 aA	83 bA	83 aA	86 aA	81 aA	90 aA
-0,2MPa	93 aA	84 aA	94 abA	86 aA	93 aA	89 aA	87 aA
-0,4MPa	90abAB	95 aAB	100 aA	88 aAB	83 bA	87 aAB	89 aAB
-0,6MPa	78 bB	88 aAB	93 abA	91 aAB	91 aAB	82 aAB	92 aAB
-0,8MPa	88 abA	86 aA	87 abA	89 aA	92 aA	82 aA	85 aA
-1,0MPa	83 abA	89 aA	93 abA	89 aA	88 aA	88 aA	88 aA

Letras iguais (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha) indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada nível de estresse térmico.

Na Figura 6 estão apresentados os resultados de germinação no gradiente de temperatura para cada um dos condicionamentos osmóticos aplicado nas sementes. Sementes condicionadas em -0,2 MPa, -0,8 MPa e -1,0 MPa não diferem significativamente na germinação nas diferentes temperaturas, assim como as sementes que não foram condicionadas. Já as sementes condicionadas em potenciais de -0,4 MPa e -0,6 MPa tiveram menores valores de germinação nas temperaturas extremas de 10°C e 35°C.

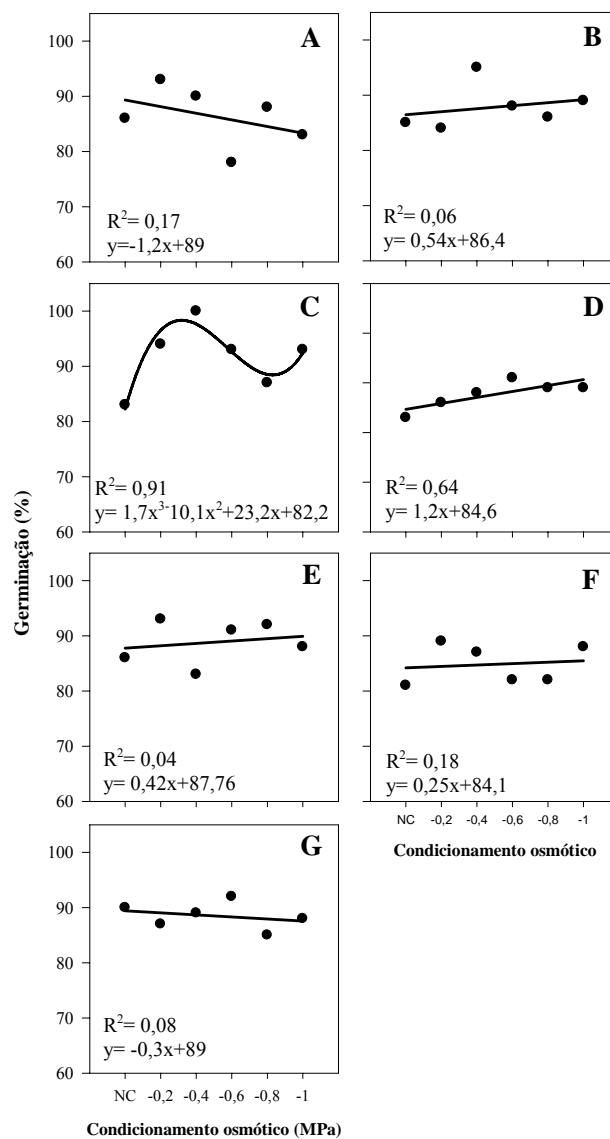


Figura 6: Efeito do condicionamento osmótico nas médias percentuais de germinação de sementes de *E. grandis* sob diferentes temperaturas **A)** germinação em temperatura de 10 °C, **B)** 14 °C, **C)** 20 ° C, **D)** 23°C, **E)** 25°C **F)** 29° C, **G)** 35°C. • valores observados
- valores estimados. NC sementes não condicionadas.

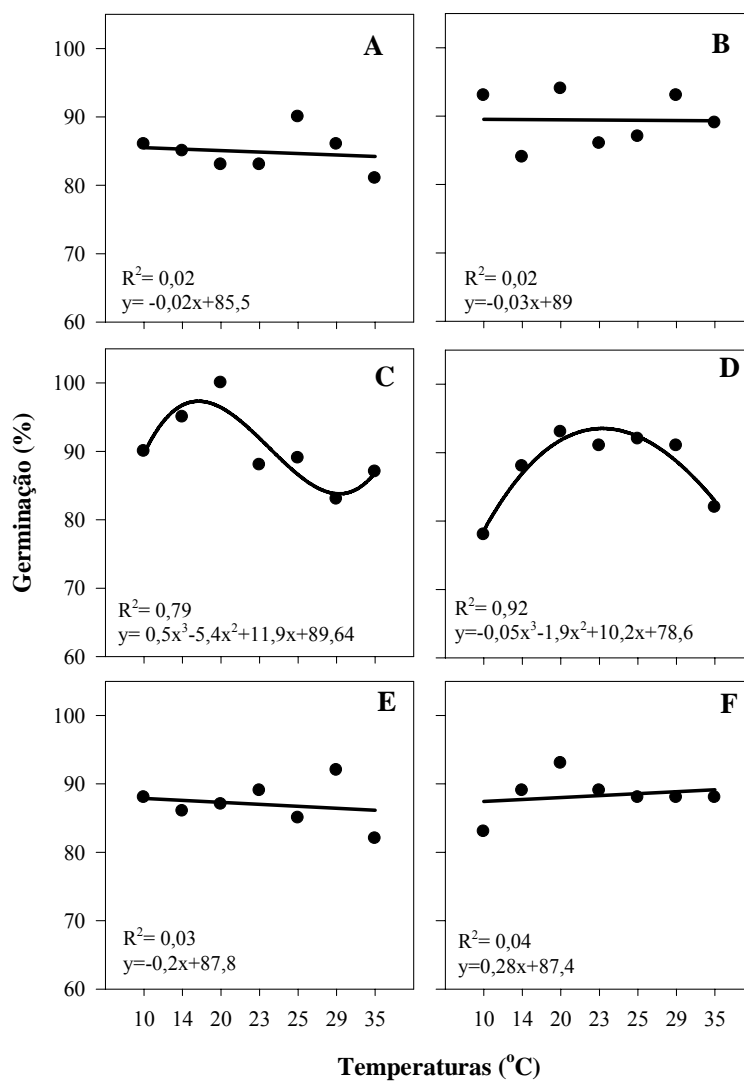


Figura 7: Médias percentuais de germinação de sementes de *E. grandis* em diferentes temperaturas em função do condicionamento osmótico. **A)** sementes não condicionadas, **B)** sementes condicionadas em solução de -0,2 MPa, **C)** de -0,4 MPa, **D)** de -0,6 MPa, **E)** de -0,8 MPa e **F)** de -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados

Tabela 4: Médias de índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. grandis* sob diferentes temperaturas (°C) após condicionamento osmótico. NC: sementes não condicionadas

Cond.	Estresse						
	10	14	20	23	25	29	35
NC	3,52 aA	3,09 bA	6,19 bcA	7,36 bA	9,20 bA	10,06 bA	9,5 bA
-0,2MPa	3,46 aC	4,67 abB	11,86 abAB	15,12 abA	17,47 abA	22,25 aA	19,83 aA
-0,4MPa	5,03 aC	9,7 abCB	19,49 aAB	20,04 aAB	21,12 aAB	19,45 aA	20,25 aA
-0,6MPa	3,52 aB	6,40 abB	17,60 aA	19,67 aA	20,22 aA	20,75 aA	19,5 aA
-0,8MPa	9,99 aB	12,62 aB	19,83 aAB	21,91 aA	21,12 aA	22,62 aAB	20 aA
-1,0MPa	5,35 aB	8,7 abB	17,02 cA	19,12 aA	20,75 aA	21,25 aA	21,46 aA

Letras iguais (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha) indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada nível de estresse térmico.

Valores do IVG encontram-se na tabela 4 e a análise de regressão estão representadas na Figuras 8 e 9. Na figura 8, as curvas para cada temperatura testada em função do condicionamento observa-se que o tratamento pré germinativo ocasionou um aumento significativo (Tabela 4) no IVG das sementes. Nas temperaturas mais baixas as sementes condicionadas em maiores potenciais osmóticos tiveram um IVG superior. Nas temperaturas de 20 e 23°C o condicionamento -1,0 MPa mostrou-se com tendência de queda na velocidade germinação.

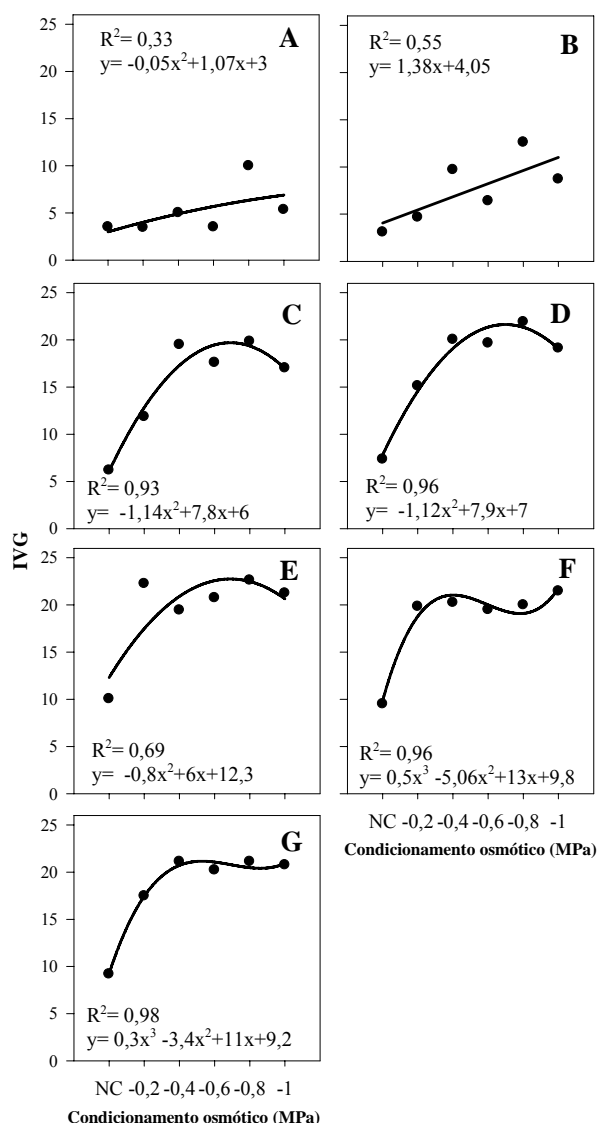


Figura 8: Médias do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. grandis* colocadas para germinar em diferentes temperaturas em função do condicionamento osmótico. **A)** germinação em temperatura de 10° C, **B)** 14° C, **C)** 20° C, **D)** 23° C, **E)** 25° C **F)** 29° C, **G)** 35° C. •

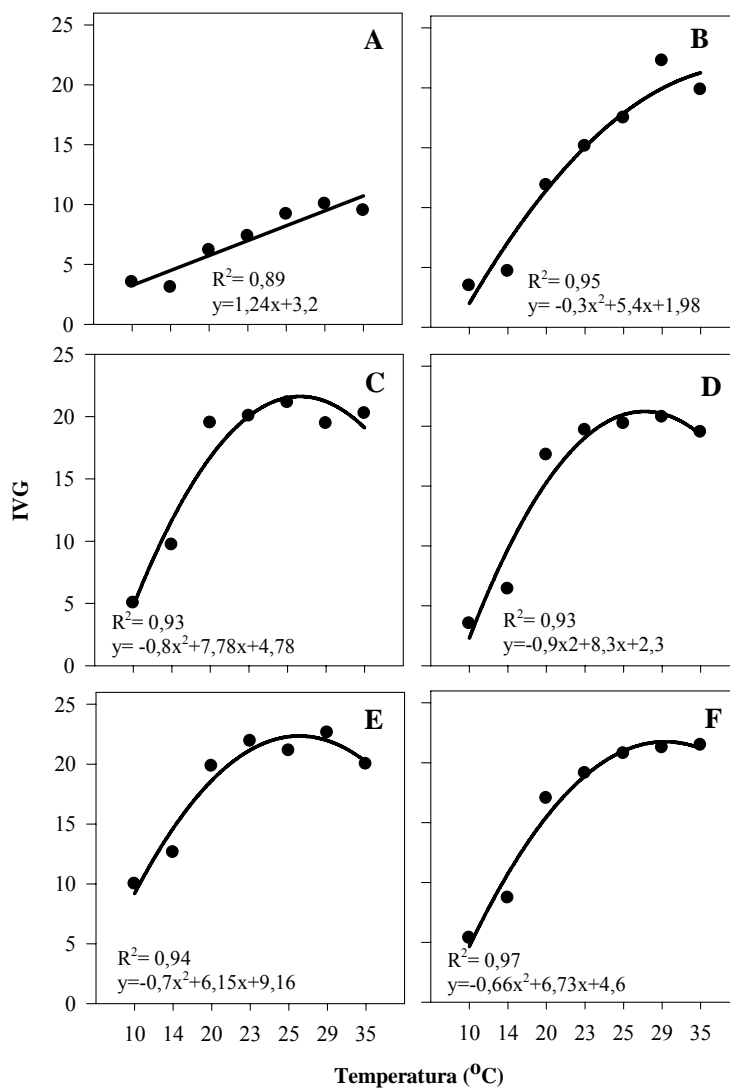


Figura 9: Efeito do condicionamento osmótico nas médias do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. grandis* colocadas para germinar em água e soluções de PEG **A)** sementes não condicionadas, **B)** sementes condicionadas em solução de -0,2 MPa, **C)** de -0,4 MPa, **D)** de -0,6 MPa, **E)** de -0,8 MPa e **F)** de -1,0 MPa. • valores observados - valores estimados

4 DISCUSSÃO

A germinação sob estresse, como deficiência hídrica e temperaturas extremas, causam redução na germinação podendo até inibi-la. Neste estudo com sementes de *E. grandis*, observou-se que a imposição de restrição hídrica durante o processo germinativo resultou no decréscimo da porcentagem de sementes germinadas, sendo o potencial de -1,0 MPa o que apresentou os valores mínimos de germinação. Além disso, a velocidade de germinação decresceu em meios osmóticos menores e em temperaturas mais baixas. Resultados similares foram encontrados por outros autores que também trabalharam com *E. grandis* (CAPRONI et al., 1993; CÓRDOBA et al., 1995).

Durante situações ambientais desfavoráveis, a planta pode adotar alguns tipos mecanismos de resistência. Larcher (2000) propôs que esses mecanismos incluem, entre outros, a tolerância e o escape ao estresse. Logo, as plantas podem tolerar situações de baixa disponibilidade hídrica e extremas temperaturas alterando seu metabolismo e induzindo mecanismos de proteção e reparo, ou podem escapar das condições adversas (TAIZ E ZEIGER, 2004). Aparentemente o condicionamento osmótico como tratamento pré-germinativo, propicia à semente ativar respostas como as descritas acima.

A tolerância ao estresse induzida durante o condicionamento osmótico por meio de respostas positivas das sementes foi discutida em alguns trabalhos (AFZAL et al., 2008; MOOSAVI et al., 2009). Respostas estas que incluem: mudanças na síntese de proteínas (GALLARDO et al., 2001; SOEDA et al., 2005), reparo e síntese de novas moléculas de DNA e RNA (KAUSAR et al., 2009), aumento da síntese de antioxidantes (CHEN et al., 2011; SRIVASTAVA et al., 2010)

Além de mudanças na síntese de macromoléculas, outra forma da planta resistir a condições adversas é evitando o estresse. Este mecanismo é conhecido

como escape (LARCHER, 2000) e também se apresenta como um dos efeitos gerados pelo condicionamento osmótico. Neste trabalho, após o condicionamento osmótico, a germinação foi mais rápida (maiores IVG), o que diminuiu o tempo entre sementeira e a protrusão da radícula expondo a semente por menor tempo às intempéries ambientais, escapando, assim, dos seus efeitos negativos (Figuras 6 e 8).

A maior eficiência na absorção de água do meio, o início antecipado das atividades metabólicas do processo de germinação (HASSANPOURAGHDAM, et al., 2009) e a menor aderência do tegumento durante a emergência (NASCIMENTO et al., 1998) justificam o menor tempo para a protrusão da radícula, como demonstrada em *Cucumis melo* e *Brassica napus*. Essa característica em diminuir o tempo de emergência tem-se mostrado como uma possível vantagem ecológica no estabelecimento da planta em áreas com condições subótimas (BEWLEY & BLACK, 1994), como baixa e alta temperatura (WAHID e SHABBIR, 2005), baixa umidade no solo (DU et al., 2002) e salinidade (WAHID, 2006).

A partir da análise dos dados observa-se que o condicionamento osmótico foi efetivo em reduzir o tempo de germinação em meio de estresse. Demais estudos encontraram semelhantes resultados como em lentilha (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2008), e mostarda (SRIVASTAVA et al., 2010). A aceleração na taxa de germinação após o condicionamento osmótico pode ser explicado pela estimulação de muitos eventos metabólicos que ocorrem nas fases iniciais de germinação (BRADFORD, 1986). Entretanto, mesmo com aumento da velocidade de germinação, o condicionamento só foi efetivo em aumentar a porcentagem final de germinação quando as sementes foram colocadas para germinar em solução de estresse a -0,8 MPa (Tabela 1). Provavelmente a característica do lote utilizado, que possuía alta qualidade

fisiológica, interferiu nos resultados ou os outros potenciais não foram capazes de contribuir para induzir a tolerância ao estresse aplicado.

Hardegree & Vactor (2000) mostraram que o efeito do condicionamento osmótico é altamente dependente da qualidade fisiológica do lote utilizado. Estudos anteriores (HEYDECKER et al., 1978; LIMA et al., 2010) reportaram que lotes vigorosos podem não responder ao condicionamento osmótico, já que não há como beneficiar um lote que já apresenta boas qualidades. Provavelmente a explicação seria que ao embeber na presença de agentes osmóticos, como o PEG, a hidratação da semente é desacelerada, havendo maior tempo para reestruturação e reorganização de membranas reduzindo o nível de perda celular (KAUSAR et al., 2009; VESELOVA et al., 2003), efeito esse principalmente observado em lotes menos vigorosos. Nesta pesquisa o lote de sementes utilizado possuía alta qualidade fisiológica, podendo, então, esta característica ser responsável pela ausência de sensibilidade ao condicionamento osmótico. Córdoba et al. (1995) estudando efeito do condicionamento osmótico na germinação de *Eucalyptus grandis* também concluíram que lotes com baixo vigor respondiam melhor ao condicionamento do que aqueles vigorosos.

Nas situações em que o condicionamento causou perda da germinação é provável que o tempo de exposição ao potencial de condicionamento foi longo. Isso causaria danos celulares, oxidação, perda da integridade DNA, prejudicaria a síntese protéica e o alongamento da radícula (BALESTRAZZI et al., 2010). O estresse em níveis moderados pode gerar aclimatação, adaptação e reparo, mas em níveis mais severos pode levar até a morte celular (KRANNER et al., 2010). O estresse pode ser percebido por receptores encontrados na membrana, como receptores kinases, e/ou por meio dos primeiros sinais de perda. Pode ser que estes primeiros sinais de perdas foram muito fortes o que pode dificultar posteriores reparos (KRANNER et al., 2010).

As sementes ao serem expostas ao condicionamento osmótico passam por um estresse gerado pelo déficit hídrico. Porém, ao se aclimatarem a um estresse específico, as células disparam uma cascata de respostas que culminam na expressão de uma série de genes fazendo uso de uma rota comum a outros tipos de estresses (PASTORY E FOYER, 2002). Deste modo, é possível que ao passar por um estresse hídrico durante o condicionamento, as sementes tenham desenvolvido mecanismos para tolerar também o estresse térmico. Alguns estudos indicam que o tratamento em soluções de PEG pode acelerar a germinação e aumentar a tolerância a baixas temperaturas (PATANÈ et al., 2006; ZHUO et al., 2009). Do mesmo modo, o condicionamento minimiza os efeitos negativos da termoinibição causado por altas temperaturas por reduzir a síntese de ácido abscísico (ABA) e aumentar a de ácido giberélico (GA) em sementes de alface (SCHWEMBER et al., 2010).

O estresse causado por temperatura pode prejudicar a embebição das sementes, gerando injúrias, provavelmente relacionado às danificações ao sistema de membranas (POSMYK & JANAS, 2007), que prejudicam a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas. Pesquisas anteriores indicam que o osmocondicionamento induz modificações nas membranas, como aumento no conteúdo de ácidos graxos insaturados, que auxiliam na manutenção da membrana em estado líquido cristalino (ZHUO et al., 2009). Assim, a possibilidade da reestruturação do sistema de membranas durante o condicionamento fisiológico determina a manutenção da permeabilidade seletiva, de forma que as membranas organizadas não permitem a entrada rápida de água nem a liberação excessiva de exsudados quando a embebição é retomada (MARCOS FILHO, 2005).

Potenciais osmóticos mais baixos determinam uma embebição mais lenta, o que permite maior período de tempo para que os tecidos do embrião se reorganizem o que pode levar a um melhor desempenho das sementes. Por outro

lado, potenciais mais elevados podem promover uma embebição lenta, porém insuficiente para permitir a reorganização das membranas celulares a ponto de determinar um melhor desempenho das sementes, como ocorreu em sementes de pepino cv. Safira osmocondicionadas em papel embebido em solução de PEG - 0,1 MPa (LIMA et al., 2010).

5 CONCLUSÃO

O condicionamento osmótico, nos potenciais testados, não induz tolerância ao déficit hídrico e ao estresse térmico durante a germinação de sementes de *Eucalyptus grandis*.

O condicionamento osmótico, nos potenciais testados, aumenta significativamente o índice de velocidade de germinação de sementes de *Eucalyptus grandis*.

REFERÊNCIAS

AFZAL, I.; RAUF, S.; BASRA, S.M.A.; MURTAZA, G. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. **Plant Soil Environment**, v. 54, p. 382–388, 2008.

BALESTRAZZI, A.; CONFALONIERI, M.; MACOVEI, A.; CARBONERA, D. Seed imbibition in *Medicago truncatula* Gaertn.: Expression profiles of DNA repair genes in relation to PEG-mediated stress. **Journal Plant Physiology**, p. 1-8, 2010.

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

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRUCE, T.J.A.; MATTHES, M.C.; NAPIER, J.A.; PICKETT, J.A. Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. **Plant Science**, v. 173, p. 603–608, 2007

CAPRONI, A.L.; VIEIRA, J.L.; DAVIDE, A.C. Germinação de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus citriodora* Hook, em dois tamanhos, submetidas a diferentes potenciais osmóticos. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba, 1993. v.1, p.289-291.

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

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, 1995.

CUSTÓDIO, C. C., VIVAN, M. R.; NUNES, R. C. A.; AGOSTINI, E. A. T. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, n. 1, v. 31, p. 131-143, 2009.

DU, L.V.; TUONG, T.P. Enhancing the performance of dry-seeded rice: effects of seed priming, seedling rate, and time of seedling. In: Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopes K, Hardy B (eds) Direct seeding: research strategies and opportunities. International Research Institute, Manila, Philippines, p 241–256, 2002.

EIRA, M.T.S.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface: I. Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, p.9-27, 1990.

FOOLAD, M.R.; SUBBIAH, P.; KRAMER, C.; HARGRAVE, G.; LIN, G.Y. Genetic relationships among cold, salt and drought tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. **Euphytica**, v.130, p.199-206, 2003.

FURTADO, D. **Sistema de análise de variância: Sisvar 4.1**. Lavras: UFLA/CAPES, 2000.

GALLARDO, K.; JOB, C.; GROOT, S. P.C.; PUYPE, M.; DEMOL, H.; VANDEKERCKHOVE, J.; JOB D. Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming. **Plant Physiology**, v. 126, p. 835–848, 2001

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; ALILOO, A.A.; VALIZADEH, M.; MOGHADDAM, M. Effects of hydro and osmo-priming on seed germination and field emergence of lentil (*Lens culinaris* Medik.). **Not. Bot. Hort**, v. 36, n.1, 29–33. 2008.

GUAN, Y.; HU, J.; WANG, X.; SHAO, G. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Journal of Zhejiang University**, n. 6, v. 10, p. 427-433, 2009.

HARDEGREE, S. P.; VAN VACTOR, S. S. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. **Annals of Botany**, v. 85, p. 379 - 390, 2000.

HASSANPOURAGHDAM, M. B; PARDAZ J. E.; AKHTAR N. F. The effect of osmo-priming on germination and seedling growth of *Brassica napus* L. under salinity conditions. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.7, n.2, p. 620 – 622, 2009.

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

HOPPE, J. M.; BRUN, E. J. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: 2004. 125p.

KAUR, S.; GUPTA, A. K. Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. **Plant Growth Regulation**, v. 37, p. 17–22, 2002.

KAUSAR, M.; MAHMOOD, T.; BASRA, S.M.A.; ARSHAD, M. Invigoration of low vigor sunflower hybrids by seed priming. **International Journal Of Agriculture & Biology**, v. 11, n. 5, p. 521 – 528, 2009.

KAYA, M. D.; OKÇU, G.; ATAĞ, M.; ÇIKILI, Y.; KOLSARICI, O. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, v.24, p.291-295. 2006.

KRANNER, I.; MINIBAYEVA, F. V.; BECKETT, R. P.; SEA, C. E. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. **New Phytologist**, v.188, p. 655–673, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima- Artes e Textos, 2000. 531p.

LIMA, L. B.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e germinação sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n.1, p.138-147, 2010.

MAGUIRE, J. D. Seeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v-2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. p.353-379.

MICHEL, B. E.; KAUFMAN, M. E. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, p.914-6, 1973.

MOOSAVI, AAFSHARI, R. T., SHARIF-ZADEH, F.; AYNEHBAND, A. Seed priming to increase salt and drought stress tolerance during germination in cultivated species of Amaranth. **Seed Science & Technology**, v. 37, p. 781-785, 2009

MUNNS R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environment**, v. 25, p.239–50, 2002.

NASCIMENTO, W.M.; WEST, S.H. Priming and seed orientation affect emergence and seed coat adherence and seedling development of muskmelon transplants. **Horticulture Science**, v. 33, p. 847–848. 1998.

OZBINGOL, N.; CORBINEAU, F.; GROOT, S. P. C.; BINO, R. J.; COME, D. Activation of the Cell Cycle in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Seeds during osmoconditioning as related to temperature and oxygen. **Annals of Botany**, v, 84, p. 245 - 251, 1999.

PASTORI, G.M.; FOYER, C.H. Common components, networks, and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of “redox” and abscisic acid-mediated controls. **Plant Physiology**, v.129, p.460-468, 2002.

PATADE,V. Y.; BHARGAVA, S.; SUPRASANNA, P. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 134, p. 24–28. 2009.

PATANE, C.; CAVALLARO, V.; AVOLA, G.; D’AGOSTA, G. Seed respiration of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) during germination as affected by temperature and osmoconditioning. **Seed Science Research**, v. 16, p. 251–260. 2006.

PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Primed carrot seeds performance under water and temperature stress. **Sci. Agric**, v.66, n.2, p.174-179, 2009.

POSMYK, M. M.; JANAS, K. M. Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. **Acta Physiol Plant**, v. 29, p. 509–517, 2007.

SCHWEMBER , A R; BRADFORD, K.J. A genetic locus and gene expression patterns associated with the priming effect on lettuce seed germination at elevated temperatures. **Plant Molecular Biology**, v. 73, p.105–118, 2010.

SOEDA, Y.; KONINGS, C.J.M.; VORST, O.; HOUWELINGEN, A. M.M.L.; STOOPEN, G. M.; MALIEPAARD, C.; KODDE, J.; BINO, R.; GROOT, S.; GEEST, A. 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**, v. 137, p. 354–368, 2005.

SRIVASTAVA, A. K.; LOKHANDE, V. H.; PATADE, V. Y.; SUPRASANNA, P.; SJAHRI, R.; D'SOUZA, S.F. Comparative evaluation of hydro-, chemo-, and hormonal priming methods for imparting salt and PEG stress tolerance in Indian mustard (*Brassica juncea* L.). **Acta Physiol Plant**, v. 32, p.1135–1144, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

VESELOVA, T.V.; VESELOVSKII, V.A.; USMANOV, P.D.; USMANOVA, O.V.; KOZAR, V.I. Hypoxia and imbibition injuries to aging seeds. **Russian J Plant Physiol**, v. 50, p. 835–842, 2003.

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

WAHID, A.; SHABBIR, A. Induction of heat stress tolerance in barley seedlings by pre-sowing seed treatment with glycinebetaine. **Plant Growth Regul**, v. 46, p.133–141, 2005.

WAHID, A.; PARVEEN, M.; GELANI S.; BASRA, S.M.A. Pretreatment of seeds with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedling by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal Plant Physiology**, 2006.

YANG, Y.; LIU, Q.; WANG, G. X.; WANG, X. D.; GUO, J. Y. Germination, osmotic adjustment, and antioxidant enzyme activities of gibberellin-pretreated *Picea asperata* seeds under water stress. **New Forests**, v. 39, p. 231-23, 2010.

ZHANG, W.; LI, L.; ZU, Y., PEREZ, S. Effect of priming on the germination of *Peltophorum dubium* seeds under water stress. **Journal of Forestry Research**, v.15, n. 4, p. 287- 290, 2004.

ZHUO, J.; WANG, W.; LU, Y.; SEM, W.; WANG, X . Osmopriming-regulated changes of plasma membrane composition and function were inhibited by phenylarsine oxide in soybean seeds. **Journal of Integrative Plant Biology**, n. 9,v. 51, p. 858–867, 2009.

CAPÍTULO 2

**O USO DA TÉCNICA DE OSMOCONDICIONAMENTO EM
SEMENTES DE *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN VISANDO A
PRODUÇÃO DE MUDAS TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO**

RESUMO

Fraiz, Ana Carla Resende. **Uso da técnica de osmocondicionamento em sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden visando a produção de mudas tolerantes ao déficit hídrico.** 2011, 78p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹

O experimento foi conduzido para avaliar a eficácia do tratamento pré-germinativo (osmocondicionamento) na indução de tolerância ao déficit hídrico na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Sementes foram condicionadas, em BOD a 25°C, em soluções de PEG 6000 em cinco potências osmóticas: -0,2 MPa; -0,4 MPa; -0,6 MPa; -0,8 MPa; -1,0 MPa por 30, 48, 120 e 240 horas respectivamente. No Viveiro Florestal, as sementes condicionadas e não condicionadas foram semeadas em tubetes (50 ml). O crescimento das mudas, quanto ao diâmetro do colo e altura da parte aérea, foi avaliado até os 90 dias após a semeadura (DAS). Aos 120 DAS as mudas foram transferidas da área de pleno sol para a casa de vegetação, onde deu-se início a simulação de deficiência hídrica, com suspensão total da irrigação. As variáveis fisiológicas monitoradas até a morte das mudas foram: potencial hídrico, condutância estomática, fotossíntese e transpiração. Os resultados mostram que o condicionamento osmótico das sementes não influenciou positivamente no crescimento e na tolerância à seca de mudas de *E. grandis*.

Palavras-chave: mudas florestais; priming; produção de mudas

¹Comitê Orientador: Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UFLA (Orientador); Dr. Antonio Cláudio Davide – UFLA.

ABSTRACT

Fraiz, Ana Carla Resende. **Using the technique of seed condicionamento osmótico in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden in order to produce seedlings more tolerant to drought.** 2011, 78p. (Dissertation - Master Program in Forest Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG¹

An experiment was conducted to evaluate the efficacy of osmocondicionamento osmótico in the induction of tolerance to water restriction during the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. Seeds were primed in PEG-6000 solution adjusted to osmotic potentials of -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa. After condicionamento osmótico, seeds were sown in 50 mL plastic tubes on forest nursery and cultivated during 120 days. Seedlings were measured (diameter and shoot height) 90 days after sowing (DAS). At 120 DAS, seedlings were transferred from the nursery to the greenhouse, where water supplying was restricted, with total suspension of irrigation. The physiological variables monitored until the death of the seedlings were water potential, stomatal conductance, photosynthesis and transpiration. The results shown that seed condicionamento osmótico did not influenced the growth and drought tolerance of seedlings of *E. grandis*.

Key-words: forestry seedlings; priming, seedling production

¹Guidance Committee: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UFLA (Adviser), Antonio Cláudio Davide – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

As respostas das plantas a diferentes estresses são controladas a nível molecular por meio de mudanças na expressão gênica. A exposição prévia da planta ao estresse pode modificar suas respostas a um estresse subsequente. As plantas são capazes de demonstrar um tipo de “memória”, também chamada de impressão do estresse. Essa impressão é comumente definida como modificações genéticas e bioquímicas induzidas por uma primeira exposição ao estresse que aumentou a resistência a um estresse subsequente (BRUCE et al., 2007). Sabe-se que a exposição a uma situação desfavorável aumenta a tolerância da planta ao estresse através da indução de respostas de aclimação.

A tolerância pode estar relacionada a um arranjo de respostas morfológicas, fisiológicas, e bioquímicas que diminuem as perdas causadas pela exposição ao estresses ou facilitam o reparo de perdas do sistema (POTTERS et al., 2007). Essas respostas morfogênicas são estratégias de aclimação. São caracterizadas por bloqueio da divisão celular, inibição do alongamento de tecidos do meristema apical e redirecionamento para o crescimento de órgãos laterais, e produção de antioxidantes (WU et al., 2010). A tolerância pode ser alcançada adotando diferentes estratégias como seleção e melhoramento genético, engenharia genética para resistência a seca, osmoprotetores, reguladores de crescimento e condicionamento osmótico de sementes (FAROOQ et al., 2009).

Condicionamento osmótico é um tratamento pré-germinativo que tem sido comumente usado para reduzir o tempo entre a semeadura e a emergência de plântulas, o que vem garantindo alta produtividade em espécies cultivadas (SUBEDI e MA, 2005), principalmente em hortaliças (FAROOQ et al., 2008; YARI et al., 2010). Além disso, essa tecnologia tem demonstrado resultados que indicam aumento da tolerância das sementes a estresses ambientais em

diferentes espécies (KAIA et al., 2006; KAUR et al., 2002). É de interesse saber se os efeitos benéficos proporcionados pelo condicionamento osmótico também são induzidos e expressos nas mudas provenientes dessas sementes condicionadas.

Condições ambientais desfavoráveis incluem, dentre outros, a escassez de água. A deficiência hídrica afeta severamente a produtividade das plantas, gerando efeitos no crescimento, fenologia, fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutricionais. Por consequência, uma variedade de respostas fisiológicas e bioquímicas é ativada. É importante o estudo de métodos que auxiliem a planta a sobreviver a essas dificuldades.

O conteúdo relativo de água, potencial hídrico foliar, resistência estomatal, taxa de transpiração e fotossíntese são importantes características que influenciam nas relações hídricas das folhas (FARROQ et al., 2009). Assim, quando exposta a condições de restrição hídrica, estas demonstram ser parâmetros relevantes para inferir o efeito do estresse hídrico sobre a planta.

O uso de potencial hídrico da folha como medida descritiva para o déficit hídrico tem-se mostrado eficiente (ROLANDO et al., 2008; SILVA et al., 2003). Entre espécies de eucaliptos, variações na capacidade de modificar o potencial hídrico foi proposto por Merchant et al. (2007) para explicar a diferença na tolerância a salinidade e seca, colaborando com as sugestões de que essa medida pode ser usada como seleção de critério para alto desempenho individual. Mudanças no potencial hídrico já foram quantificadas em outros trabalhos com o gênero *Eucalyptus* (MERCHANT et al., 2007; WHITE et al., 1996; WHITE et al., 2000).

A condutância estomática é um fator fisiológico sensível às mudanças das condições ambientais. Assim, é razoável supor que a sensibilidade estomática é um determinante importante para a sobrevivência da planta (AASAMAA et al., 2011), pois determina muitas características incluindo taxa

fotossintética, intensidade do crescimento e produtividade de biomassa (DITMAROVÁ et al., 2009)

Neste capítulo foram estudados os efeitos do condicionamento osmótico aplicado nas sementes de *Eucalyptus grandis* no crescimento de mudas e na indução de tolerância ao déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condicionamento osmótico, semeadura e produção das mudas

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, no período de junho a outubro de 2010. As sementes foram coletas no ano de 2009, no campus da Universidade Federal de Lavras localizado na cidade de Lavras-MG.

As sementes de *Eucalyptus grandis* usadas para a produção das mudas foram previamente condicionadas em soluções osmóticas de -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 MPa, por 30, 48, 120, 240 e 240 horas respectivamente. Esses tratamentos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais e consistiu na incubação das sementes em placas de Petri em soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) nos potenciais citados acima. As placas foram então incubadas em BOD a 25°C sob luz constante. Desta forma, o experimento constituiu de 6 tratamentos, compreendendo 5 níveis de condicionamento osmótico das sementes e as sementes não condicionadas. As soluções de PEG 6000 nos diferentes potenciais osmóticos foram obtidos segundo Vilella et al. (1991) e Michel e Kaufman (1973).

Após o condicionamento, as sementes foram semeadas diretamente nos recipientes e estes foram colocados em bandejas e levados para a área de pleno sol. Os recipientes utilizados para a produção das mudas foram tubetes de polietileno com estrias internas e capacidade volumétrica de 50 cm³. Como suporte para os tubetes foram usadas bandejas de polietileno com capacidade para 96 recipientes. Essas bandejas foram suspensas a 92 cm do solo. Utilizaram-se três sementes por recipiente. Para cada tratamento de condicionamento osmótico utilizou-se 4 repetições com 96 plantas.

O substrato usado constituiu de 240 litros de fibra de coco, 60 l de casca de arroz carbonizado, 50 litros de esterco, 10 litros de terra, 1,5 kg de basacote e 1 kg de super fosfato simples.

Após 38 dias da semeadura foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por tubete. Até os 90 DAS (dias após semeadura) os recipientes ocuparam 100% da capacidade da bandeja. Após esse período foi realizado o processo de alternagem e ranquiamento, em que os tubetes passaram a ocupar 50% da bandeja. Durante 120 dias todos os tratamentos foram irrigados diariamente com microaspersores.

A análise de crescimento das mudas foi realizada quinzenalmente durante o intervalo de 45 a 90 DAS. Para as avaliações foram usadas as 20 plantas centrais de cada bandeja, sendo as demais plantas consideradas como bordadura. A altura da parte aérea e o diâmetro na altura do colo foram mensurados.

Aos 120 DAS, cinco mudas por repetição/tratamento foram aleatoriamente selecionadas para verificação de suas características morfológicas. Mensuraram-se altura da parte aérea, diâmetro do colo, peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca das raízes. Estes dados foram usados para produção do índice de qualidade de Dickson.

A altura da muda (H) foi determinada a partir do nível do substrato até a gema apical com o uso de uma régua. O diâmetro do colo (DC) foi obtido na altura do colo com um paquímetro.

A matéria seca parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foi obtida ao final do experimento, com 120 dias. Em cada repetição de cada tratamento foram retiradas 5 plantas. Para determinar a matéria seca, as raízes foram separadas da parte aérea e lavadas para retirada do substrato. Em seguida, cada material foi colocado em saco de papel e levados a estufa a 70°C, até atingir

peso constante e depois pesadas em balança de precisão. A matéria seca total (MST) foi obtida pelo somatório da MSPA e da MSR.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado pela seguinte fórmula:

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\frac{\text{H (cm)}}{\text{DC(mm)}} + \frac{\text{MSPA (g)}}{\text{MSR (g)}}}$$

2.2 Estresse hídrico em mudas *E. grandis*

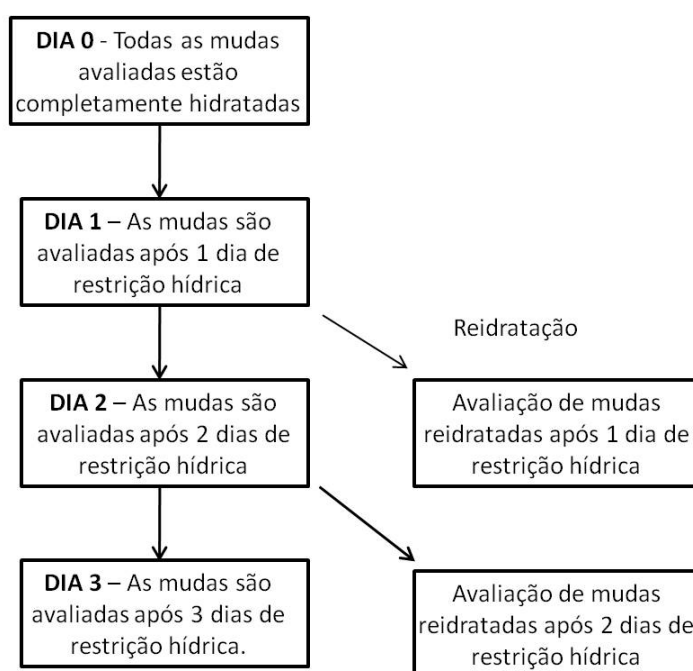
Para determinar o efeito do osmocondicionamento de sementes na tolerância ao estresse hídrico de mudas de *E. grandis*, essas, ao atingirem 120 dias, foram transferidas para casa de vegetação, onde foram submetidas a dois diferentes tratamentos, com irrigação (plantas controle), sem irrigação (plantas com restrição hídrica). As mudas que passaram pelo estresse hídrico foram reidratadas, tendo sua irrigação normalizada, para assim observar sua capacidade de recuperação.

Nas plantas estressadas e reidratadas, as avaliações foram realizadas diariamente até a morte, ocorrida aos três dias, nas quais foram determinados o potencial hídrico e condutância estomática das mudas. Nas plantas irrigadas (controle) esses parâmetros foram avaliados apenas no início do experimento.

Para avaliação do potencial hídrico foi utilizada uma bomba de pressão tipo Scholander (Scholander et al., 1965) em medições feitas às 5:00h e 12:00h solar. Foram utilizadas para as medidas folhas completamente expandidas e sem danificações, do segundo par a partir da base. As leituras foram realizadas em uma folha oriunda de quatro plantas diferentes, totalizando 4 leituras por tratamento para cada nível de condicionamento.

A condutância estomática foi medida em folhas completamente expandidas, com um analisador de gás infravermelho (IRGA, LI-6400XT Licor, Inc., Lincoln, NE, USA) semi aberto, portátil, as 9:00 h. As leituras foram realizadas em uma folha de quatro plantas diferentes.

A seguir um esquema do experimento de estresse hídrico:



Esquema 1: Fluxograma dos dias de avaliação em relação ao estado hídrico das mudas de *E. grandis*

2.3 Análise estatística

Os tratamentos constituíram em delineamento inteiramente casualizado. Os dados de análise de crescimento foram submetidos a análise de variância

(ANAVA) e as médias comparadas por teste de Tuckey, a 5% probabilidade. O programa usado para os testes estatísticos foi SISVAR (FURTADO, 2000).

3 RESULTADOS

3.1 Efeito do condicionamento osmótico no crescimento das mudas

Nas tabelas 1 e 2 estão apresentados os dados de crescimento da altura e do diâmetro de mudas de *E. grandis* avaliadas aos 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura. Verifica-se que o crescimento das mudas não diferiu entre os tratamentos de condicionamento aplicados nas sementes.

Tabela 1: Altura (cm) de mudas de *E. grandis* provenientes de sementes condicionadas e não condicionadas (NC) até 90 dias após a semeadura

Condic.	Dias após a semeadura			
	45 DIAS	60 DIAS	75 DIAS	90 DIAS
NC	2,483 a	4,303 a	8,795 a	16,687 a
-0,2 MPa	2,480 a	4,273 a	8,537 a	15,786 a
-0,4 MPa	2,632 a	4,565 a	9,608 a	17,223 a
-0,6 MPa	2,510 a	4,229 a	8,208 a	14,512 a
-0,8 MPa	2,736 a	4,377 a	9,178 a	15,997 a
-1,0 MPa	2,653 a	4,250 a	8,993 a	16,736 a

Letras iguais na coluna indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada intervalo de avaliação.

Tabela 2: Diâmetro do colo (mm) de mudas *E. grandis* provenientes de sementes condicionadas e não condicionadas (NC) até 90 dias após a semeadura

Condic.	Dias após a semeadura			
	45 DIAS	60 DIAS	75 DIAS	90 DIAS
NC	0,575 a	0,847 a	1,255 a	1,905 a
-0,2 MPa	0,568 a	0,865 a	1,296 a	1,823 a
-0,4 MPa	0,607 a	0,873 a	1,343 a	1,890 a
-0,6 MPa	0,577 a	0,898 a	1,301 a	1,833 a
-0,8 MPa	0,587 a	0,895 a	1,280 a	1,903 a
-1,0 MPa	0,601 a	0,815 a	1,197 a	1,908 a

Letras iguais na coluna indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada intervalo de avaliação.

Na tabela 3 estão apresentados os dados de altura (H), diâmetro do colo (D), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST) e índice de qualidade de Dickison (IQD) aos 120 dias após a semeadura. Avaliando-se o efeito do condicionamento osmótico constata-se que houve diferença entre os tratamentos apenas para a variável diâmetro, em que as mudas provenientes de sementes condicionadas em soluções à -1,0 MPa obteve-se o menor diâmetro, se comparadas com as mudas de sementes não condicionadas.

Tabela 3: Dados médios referentes a H(cm), D (mm), MSPA (g), MSR (g), MST (g) e IQD de mudas de *E. grandis* provenientes de sementes condicionadas e não condicionadas (NC) aos 120 dias após semeadura.

Condição	H	D	MSPA	MSR	MST	IQD
NC	23,4 a	2,88 a	5,09 a	2,59 a	7,69 a	0,76 a
-0,2 MPa	22,84 a	2,68 ab	4,94 a	2,67 a	7,61 a	0,73 a
-0,4 MPa	23,89 a	2,84 ab	5,31 a	2,63 a	7,94 a	0,76 a
-0,6 MPa	22,05 a	2,72 ab	5,50 a	2,78 a	8,29 a	0,82 a
-0,8 MPa	23,66 a	2,87 ab	5,29 a	2,67 a	7,96 a	0,78 a
-1,0 MPa	22,79 a	2,52 b	5,15 a	2,42 a	7,58 a	0,68 a

Letras iguais indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada intervalo de avaliação.

3.2 Efeito do condicionamento osmótico na tolerância das mudas à deficiência hídrica

O monitoramento do potencial hídrico foliar (Figura 1) foi possível até o segundo dia de restrição de água, pois já no terceiro dia foi detectado o embolismo dos tecidos. O potencial hídrico foi reduzido durante a deficiência hídrica em todos os tratamentos testados, quando comparados com as mudas irrigadas, não havendo diferença entre os tratamentos. Após um dia de reidratação os valores do potencial hídrico das mudas foram próximos ao das plantas controle, não havendo, entretanto, diferença entre os tratamentos de condicionamento aplicados nas sementes.

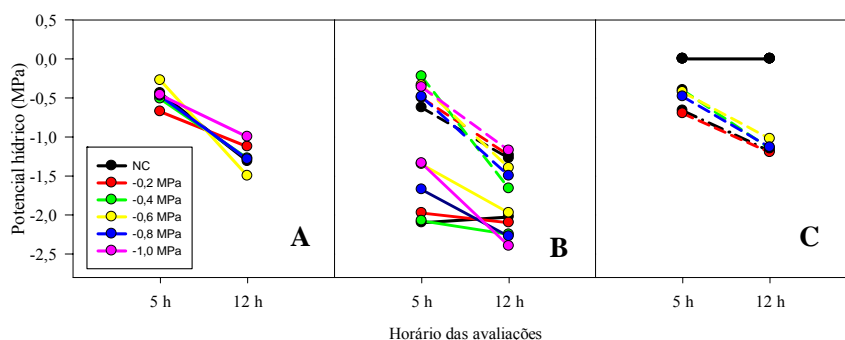


Figura 1: Potencial hídrico foliar (MPa) de mudas de *E. grandis* após 120 da semeadura durante déficit hídrico. Avaliações realizada às 5:00h e ao 12:00 solar. **A)** mudas completamente irrigadas. **B)** após 1 dia de deficiência hídrica. **C)** após 2 dias de deficiência hídrica. Linhas contínuas representam mudas estressadas, linhas pontilhadas representam valores após reidratação das mudas. NC: sementes não condicionadas

Os dados de condutância estomática, fotossíntese e transpiração das mudas ao 0, 1 e 2 dias de estresse e também após a reidratação são apresentados na tabela 4 e seus respectivos gráficos na figura 2. Avaliando-se as respostas fisiológicas para os parâmetros caracterizados a cada dia de experimento, não se detectaram diferenças entre as mudas originárias dos diferentes tratamentos de condicionamento aplicado nas sementes.

Tabela 4: Valores médios referentes a fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (F), condutância ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (C) e transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (T) de mudas de *E. grandis* provenientes de sementes condicionadas e não condicionadas (NC) durante estresse hídrico (E) e após reidratação (R) aos 120 DAS.

DIAS	COND	F		C		T	
		E	R	E	R	E	R
0	NC	2,566 a	-	0,250 a	-	5,305 a	-
	-0,2	3,388 a	-	0,212 a	-	4,717 a	-
	-0,4	2,988 a	-	0,238 a	-	5,641 a	-
	-0,6	3,482 a	-	0,229 a	-	5,805 a	-
	-0,8	3,339 a	-	0,208 a	-	5,782 a	-
	-1,0	4,223 a	-	0,174 a	-	5,349 a	-
1	NC	12,56 a	15,27 a	0,197 a	0,355 b	3,375 a	12,36 a
	-0,2	9,734 a	18,16 a	0,423 a	0,755 b	6,053 a	21,38 a
	-0,4	-0,22 b	20,92 a	0,021 a	1,022 a	0,534 a	29,37 a
	-0,6	16,804	13,26 a	0,311 a	0,520 b	6,924 a	17,56 a
	-0,8	-1,05 b	14,89 a	0,019 a	0,483 b	0,899 a	17,82 a
	-1,0	2,654 a	19,03 a	0,093 a	0,646 b	2,605 a	21,07 a
2	NC	-1,91 a	10,93 a	0,008 a	0,169 a	0,217 a	4,819 a
	-0,2	-2,59 a	10,46 a	0,028 a	0,135 a	0,597 a	4,081 a
	-0,4	-4,83 a	1,864 a	0,020 a	0,075 a	0,631 a	2,187 a
	-0,6	-3,69 a	13,47 a	0,027 a	0,322 a	0,917 a	8,740 a
	-0,8	-4,01 a	8,472 a	0,019 a	0,170 a	0,715 a	5,133 a
	-1,0	-4,76 a	14,67 a	0,023 a	0,241 a	0,854 a	7,764 a

Letras iguais indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$), entre os tratamentos de condicionamento osmótico dentro de cada dia de avaliação..

Como não houve respostas diferenciadas entre os tratamentos de condicionamento osmótico, o comportamento geral (com a média de todos os tratamentos) foi observado. No dia 0 as mudas encontraram-se sob irrigação normal e neste dia foram medidos potenciais hídricos de -0,47 MPa. Após o primeiro dia de restrição hídrica, o potencial hídrico das muda apresentou uma queda brusca para -1,75 MPa. Essa queda resultou em uma redução da fotossíntese líquida de $3,29 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para $2,24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e mais acentuada na transpiração de $5,41 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para $1,11 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Essa menor oscilação da fotossíntese demonstra que a planta ainda mantém um controle estomático eficiente, onde há uma certa redução na condutância estomática e um aumento na eficiência do uso da água, demonstrando que em condição de deficiência hídrica mais leve, as mudas restringem a perda de água sem, contudo, apresentar maiores prejuízos na assimilação de carbono.

No segundo dia de escassez hídrica, o potencial hídrico das mudas caiu novamente, e com isso houve também grande redução na fotossíntese de $2,24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para $-1,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A transpiração, apresentou queda, porém menos acentuada, de $1,11 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para $0,22 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Isso pode indicar perda no controle estomático, e pode ser confirmado pela queda na eficiência do uso da água (Figura 2).

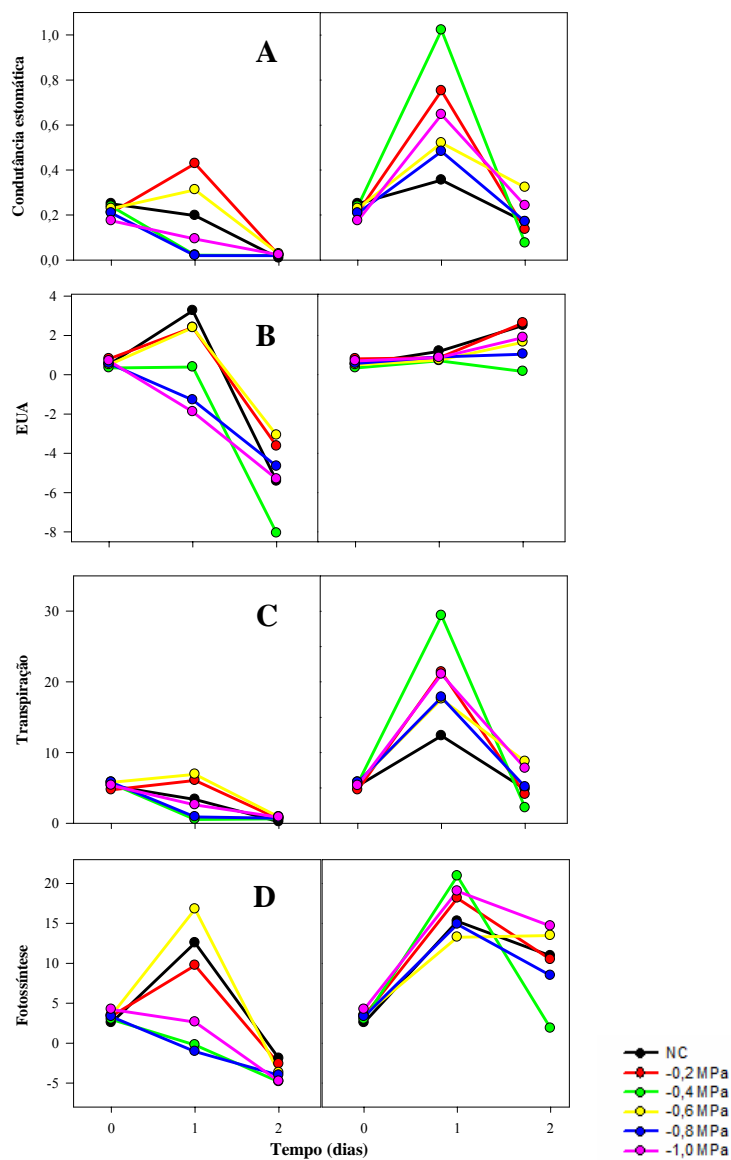


Figura 2: **A)** Condutância estomática ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), **B)** eficiência do uso da água **C)** transpiração ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e **D)** fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de mudas de *E. grandis* provenientes de sementes condicionadas ou não (NC) durante déficit hídrico (esquerda) e após a reidratação (direita)

Após 1 e 2 dias de estresse as mudas de *Eucalyptus grandis* foram reidratadas. Observou-se que na reidratação após 1 dia de estresse houve aumento brusco tanto para a fotossíntese quanto para a transpiração, ambos atingindo valores maiores do que os valores do dia zero. A condutância estomática também teve um aumento e a eficiência do uso da água foi reduzida.

Na reidratação após 2 dias de estresse, foi possível perceber que houve um grande aumento na taxa fotossintética, a qual atingiu valores semelhantes aos do dia zero. A transpiração também apresentou incremento, porém menos expressivo do que o da fotossíntese o que consequentemente resultou em um aumento na eficiência do uso da água. A condutância estomática apresentou um aumento discreto quando comparada com a condutância das mudas reidratadas após 1 dia de estresse. Isso indica que após um dia de estresse a planta apresenta maior resiliência do que após 2 dias de estresse.

4 DISCUSSÃO

Neste estudo respostas das mudas de *E. grandis*, provenientes de diferentes tratamentos de condicionamento fisiológico das sementes, foram comparadas, em relação ao seu crescimento e tolerância à seca. Os resultados apresentados mostraram que o condicionamento das sementes não interferiu em nenhum parâmetro analisado.

Para as mudas de eucalipto, o condicionamento não gerou efeitos durante o crescimento. Porém, essa técnica aumentou o vigor das mudas de arroz (FARROQ, 2006), beterraba (ROSETTO et al., 1999), lentilha (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2008) e grão-de-bico (KAUR et al., 2000). Isto é plausível porque existe uma correlação positiva entre o vigor da semente e o seu desempenho em campo (YAMAUCHI et al., 1996). As mudanças fisiológicas produzidas pelo condicionamento reforçam a hidrólise de amido disponibilizando mais açúcares para o crescimento do embrião, promovendo a produção de mudas vigorosas e aumento da produtividade (FARROQ et al., 2006). Por outro lado, também há algumas pesquisas que não encontraram melhores desempenhos de mudas de sementes condicionadas (KIKUTI, 2008; MARCOS FILHO, 2005 e NASCIMENTO E WEST, 1999).

Além dos efeitos no crescimento, o condicionamento osmótico também pode gerar respostas relacionadas à tolerância das mudas à deficiência hídrica. Bruce et al. (2007) propõe que o condicionamento acarrete mudanças epigenéticas que promoveria impressões do estresse nas células, sendo deixadas nas plantas por um longo período, facilitando uma resposta mais rápida a uma exposição a um estresse subsequente. No entanto, as mudas de eucalipto, provenientes de sementes condicionadas, não responderam diferencialmente ao estresse por que passaram como já foi constatado em outras pesquisas (CHEN et al. 2010).

A sobrevivência dos tecidos está relacionada em manter o conteúdo de água e evitar danos em membranas. Manter o conteúdo de água nas folhas acima dos valores críticos é considerado como um importante sinal de adaptação e resistência, mas tal resposta vem a custo da redução da fotossíntese (DITMAROVÁ et al., 2004).

Verificou-se que o potencial hídrico das mudas decresceu ao longo do estresse, chegando a valores de ponto de murcha próximo aos três dias de restrição hídrica (Figura 1). Já foi reportado que o ajustamento osmótico é de grande importância na determinação da tolerância a seca de várias espécies do gênero *Eucalyptus*, (MERCHANT et al., 2007; NGUGI et al., 2003), em alfafa (ARANJUELO et al., 2011).

Sob condições de campo, o decréscimo observado na fotossíntese (Figura 2D) em resposta ao déficit hídrico (Figura 1) do solo é primeiramente devido ao fechamento dos estômatos (CHAVES E OLIVEIRA, 2004). Embora efeitos bioquímicos iniciais gerados pelo déficit hídrico causem alteração na fosforilação (TEZARA et al., 1999), Bota et al.(2004) demonstrou que a limitação da fotossíntese pelo decréscimo da atividade da enzima rubisco somente ocorre quando a seca é muito severa. Os eventos primários da fotossíntese, como a cadeia de transporte de elétrons, também são bastante resistentes a deficiência hídrica (EPRON e DREYER, 1992). Assim, apesar do decréscimo da fotossíntese (Figura 2D) com a imposição do déficit hídrico, a capacidade fotossintética é mantida por um determinado tempo, justificando assim os valores obtidos para as mudas reidratadas.

As respostas da planta ao estresse são dependentes da severidade em que são impostas e a duração da exposição (KRANNER et al., 2010; LARCHER, 2000). Neste trabalho a severidade da deficiência hídrica possivelmente foi intensificada pelo tipo de recipiente em que as mudas se encontravam, já que os tubetes não retêm grandes quantidades de água (HOPPE, 2004). Esse fator pode

ter interferido na ausência de diferença entre os tratamentos de condicionamento. Outra possível causa é a baixa densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos em que as mudas foram mantidas durante a aplicação dos tratamentos hídricos. A redução de radiação, ocasionado pela casa de vegetação, pode não ter permitido alcançar o ponto de saturação luminoso, restringindo as taxas fotossintéticas (MEDRANO et al., 2002) e a expressão dos possíveis benefícios do tratamento osmótico na fotossíntese.

5 CONCLUSÃO

O crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis* não é influenciado pelo condicionamento das sementes.

O condicionamento osmótico das sementes não induz tolerância à deficiência hídrica das mudas aos 120 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS

AASAMAA, K.; SÖBER, A. Stomatal sensitivities to changes in leaf water potential, air humidity, CO₂ concentration and light intensity, and the effect of abscisic acid on the sensitivities in six temperate deciduous tree species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 7, p. 72–78, 2011.

ANESE S. ; Condicionamento de sementes de *Solanum lycocarpum* St. Hil e o desenvolvimento de mudas na fase inicial. 2009. Dissertação- Mestrado Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ARANJUELO, I.; MOLERO, G.; ERICE, G.; AVICE, J.C.; NOGUE, S. Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 1, p. 111–123, 2011.

BOTA, J.; FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? **New Phytologist**, 162, 671–681, 2004.

BRUCE, T.J.A.; MATTHES, M.C.; NAPIER, J.A.; PICKETT, J.A. Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. **Plant Science**, v. 173, p. 603–608, 2007.

CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 407, p. 2365–2384, 2004

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

DITMAROVÁ, L.; KURJAK, D.; PALMROTH, S.; KMET, J.; STRELCOVA, K. Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress. **Tree Physiology**, v. 30, p. 205–213, 2009.

EPRON, D.; DREYER, E. Effects of severe dehydration on leaf photosynthesis in *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.: photosystem II efficiency, photochemical and nonphotochemical fluorescence quenching and electrolyte leakage. **Tree Physiology**, v. 10, p. 273–284, 1992.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Sustainable Agriculture**, v. 29, p. 153-188, 2009a.

FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; AHMAD, N.; MURTAZA, E. G. Enhancing the performance of transplanted coarse rice by seed priming. **Paddy Water Environment**, v. 7, p.55–63, 2009.

FAROOQ, M.; BASRA, S.M. A.; WAHID, A.; CHEEMA, Z. A.; CHEEMA, M. A.; KHALIQ, A. Physiological Role of Exogenously Applied Glycinebetaine to Improve Drought Tolerance in Fine Grain Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 194, p. 325–333, 2008.

FAROOQ, M.; BASRA, S. M. A.; WAHID, A. Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. **Plant Growth Regul**, v. 49, p. 285–294, 2006.

FURTADO, D. **Sistema de análise de variância: Sisvar 4.1**. Lavras: UFLA/CAPES, 2000.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; ALILOO, A.A.; VALIZADEH, M.; MOGHADDAM, M. Effects of hydro and osmo-priming on seed germination and field emergence of lentil (*Lens culinaris* Medik.). **Not. Bot. Hort**, v. 36, n.1, 29–33. 2008.

HASSANPOURAGHDAM M.B.; PARDAZ J.E.; AKHTAR N.F The effect of osmo-priming on germination and seedling growth of *Brassica napus* L. under salinity conditions. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.7, n.2, p.620- 622, 2009.

HOPPE, J. M.; BRUN, E. J. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: 2004. 125p.

KAYA, M. D.; OKÇU, G.; ATAĞ, M.; ÇIKILI, Y.; KOLSARICI, O. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, v.24, p291-295. 2006.

MICHEL, B. E.; KAUFMAN, M. E. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, p.914-6, 1973.

KAUR, S.; GUPTA, A. K.; KAUR, N. Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. **Plant Growth Regulation**, v.37, p. 17-22, 2002.

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

KRANNER, I.; MINIBAYEVA, F. V.; BECKETT, R. P.; SEA, C. E. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. **New Phytologist**, v.188, p. 655–673, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima- Artes e Textos, 2000. 531p.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Fealq, Piracicaba, 2005. 495p.

MEDRANO, H.; ESCALONA, J.M.; BOTA, J.; GULIAS, J.; FLEXAS J. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, 89, 895–905. 2002.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. **Annals of Botany**, p.1–9, 2007.

MICHEL, B. E.; KAUFMAN, M. E. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, p.914-6, 1973.

NASCIMENTO WM; WEST SH. Muskmelon transplant production in response to seed PRIMING. **Hort Technology**, v. 9, p. 53-55. 1999.

NGUGI, M. R.; DOLEY, D.; MARK A. HUNT, M. A.; DART, P.; RYAN, P. Leaf water relations of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* in response to water deficit. **Tree Physiology**. v. 23, p. 335–343, 2003.

POTTERS, G.; PASTERNAK, T.P.; GUISEZ, Y.; PALME, K.J.; JANSEN M.A. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? **Trends in Plant Scienc.**, v. 12, 98–105, 2007.

ROLANDO, C.A.; LITTLE, K.M. Measuring water stress in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden seedlings planted into pots. **South African Journal of Botany**, v.74, p. 133–138, 2008.

ROSETTO, C.A.V.; MINAMI, K.; NAKAGAWA, J. Efeito do condicionamento fisiológico de sementes de beterraba na emergência e na produtividade. **Revista Brasileira de Sementes**, v 20, p.350-355. 1998.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasiliense**, n. 2, v.17, p. 231-246, 2003.

SUBEDI, K.D; MA, B.L. Seed PRIMING does not improve corn yield in a humid temperate environment. **Agronomy Journa.**, v. 97, p. 211-218, 2005.

TEZARA, W.; MITCHELL, V. J.; DRISCOLL, S. D.; LAWLOR, D. W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**, 401, 914–917. 1999.

WHITE, D. A.; BEADLE, C. L.; WORLEDGE, D. Leaf water relations of *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* and *E. nitens*: seasonal, drought and species effects. **Tree Physiology**, v.16, p. 469–476, 1996.

WHITE, D. A.; TURNER, N. C.; GALBRAITH, J. H. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric *Eucalyptus* species planted in Mediterranean southwestern Australia. **Tree Physiology**, v. 20, p. 1157–1165, 2000.

WU, C.C.; SINGH, P.; CHEN, MC; ZIMMERLI, L. L. Glutamine inhibits beta-aminobutyric acid-induced stress resistance and priming in *Arabidopsis*. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 4, p. 995–1002, 2010.

YAMAUCHI, M.; WINN, T. Rice seed vigor and seedling establishment in anaerobic soil. **Crop Science**, v. 36, p.680–686, 1996.

YARI, L.; AGHAALIKANI, M.; KHAZAEI, F. Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.5, n.1, p. 1-6, 2010.