

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM
SEMENTES DE EUCALIPTO UROGRANDIS**

PRISCILA ALVES DA SILVA

2009

PRISCILA ALVES DA SILVA

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES DE EUCALIPTO
UROGRANDIS**

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

Orientador

Prof. Renato Mendes Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

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

Silva, Priscila Alves da.

Condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis /
Priscila Alves da Silva. – Lavras: UFLA, 2009.

97 p.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Renato Mendes Guimarães.

Bibliografia.

1. *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. 2. Priming. 3.
Desempenho fisiológico. 4. Vigor. 5. Isoenzimas. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97342

PRISCILA ALVES DA SILVA

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES DE EUCALIPTO
UROGRANDIS**

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

APROVADA em 26 de fevereiro de 2009.

| | |
|--|--------|
| Pesq. Antônio Rodrigues Vieira | EPAMIG |
| Prof. João Almir Oliveira | UFLA |
| Profª. Maria Laene Moreira de Carvalho | UFLA |

Prof. Renato Mendes Guimarães
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

“Tudo posso naquele que me fortalece!”

A DEUS, por tudo!

OFEREÇO

Aos meus pais, Manoel e Lídia.

Aos meus irmãos, Adriano, Lucas e Paulina.

À minha segunda mãe, Lourdes.

Ao meu orientador, Renato Mendes Guimarães

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça de mais uma etapa vencida.

A Nossa Senhora, pela constante presença e interseção em meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado, em especial ao Departamento de Agricultura/Setor de Sementes.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À minha amada família, por todo apoio, compreensão, amor e carinho.

À minha cunhada Renata e ao meu cunhado Neto, pela amizade e torcida.

Aos meus animais de estimação, Pimpolho e Jabuti, pelo companheirismo e alegria.

À empresa ARACRUZ, pelo fornecimento das sementes e atenção sempre concedida, em especial o pesquisador Ricardo Miguel Penchel Filho.

Ao professor Renato Mendes Guimarães, pela orientação, incentivo, conselhos, confiança e amizade sempre dedicados. Obrigada por tudo!

As professoras Édila Vilela de Resende Von Pinho, Maria Laene Moreira de Carvalho, ao professor João Almir Oliveira e aos pesquisadores Antônio Rodrigues Vieira e Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, pela amizade, incentivo e valiosos ensinamentos transmitidos. Obrigada por tudo!

Às funcionárias do setor de sementes, Andrea, D. Elza, D. Dalva e Ivani e as secretárias de pós-graduação da fitotecnia, Marli e Neusi que não medem esforços para nos auxiliar.

À Elisa Vieira e Kalinka Salgado, pela atenção sempre concedida e amizade.

Aos professores Edvaldo A. Amaral da Silva, José Marcio Rocha Faria e José da Cruz Machado pelo incentivo, amizade e conhecimentos transmitidos. Obrigada!

As amigas e amigos de pós-graduação: Ana Camila, Dani, Pâmela, Patrícia, Vivian, Heloísa, Letícia, Luiz Hildebrando, Rafael Ribas, Adriano, André, José Renato, Frederico, Marcela e Aline, por todo apoio e amizade.

Agradeço às alunas de iniciação científica, Larissa e Denize.

As minhas queridas amigas apesar de “distantes em Km” estiveram sempre presentes: Carol, Juana, Milene, Flávia, Maria Gabriela, Jussara, Cris, Clarissa, Tathi e Renata.

As minhas queridas amigas: Érica, Cristiana, Simone Tuty, Suellem, Isabela, Rafaella, Wanize e Ludimilla.

À Verônica, pela ajuda estatística.

À “Família Souza Cintra”, “Família Gonçalves Castro”, “Família Oliveira Lopes” e “Família Martini”, pela torcida, amizade e carinho.

A Família, “Setor de Sementes - UFLA”, por tantos anos de convívio amigo e ensinamentos, o meu agradecimento por tudo!

A todos que de alguma forma contribuíram para o êxito deste trabalho.

Muito obrigada de coração!

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO..... | iii |
| ABSTRACT | iv |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 3 |
| 2.1 Histórico e importância do gênero <i>Eucalyptus</i> | 3 |
| 2.2 Híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | 5 |
| 2.3 Condicionamento fisiológico..... | 6 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 11 |
| 3.1 Origem e perfil do lote de sementes | 11 |
| 3.2 Tratamentos | 12 |
| 3.3 Cálculos das soluções osmóticas | 16 |
| 3.3.1 Cálculo dos potenciais hídricos das soluções com Polietileno Glicol-6000 (PEG)..... | 16 |
| 3.3.2 Cálculo dos potenciais hídricos das soluções com Nitrato de Potássio (KNO ₃)..... | 16 |
| 3.3.3 Cálculo dos potenciais hídricos das soluções com Polietileno Glicol – 6000 + Nitrato de Potássio..... | 17 |
| 3.4 Testes realizados para avaliação da qualidade..... | 17 |
| 3.4.1 Determinação do grau de umidade | 17 |
| 3.4.2 Teste de Germinação | 18 |
| 3.4.2.1 Primeira contagem de germinação..... | 18 |
| 3.4.2.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)..... | 18 |
| 3.4.3 Teste de Emergência..... | 19 |
| 3.4.3.1 Emergência | 19 |
| 3.4.3.2 Índice de Velocidade de Emergência – IVE | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.4.4 Teste de Condutividade Elétrica | 19 |
| 3.4.5 Análises Eletroforéticas de Isoenzimas | 20 |
| 3.6 Análises estatísticas | 22 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 4.1 Resultados | 24 |
| 4.1.1 Qualidade inicial do lote | 24 |
| 4.1.2 Umidade | 24 |
| 4.1.2.1 Umidade Pós-priming | 24 |
| 4.1.2.2 Umidade Pós-secagem | 27 |
| 4.1.3 Primeira Contagem de Germinação – PCG | 29 |
| 4.1.4 Germinação | 35 |
| 4.1.5 Índice de Velocidade de Germinação – IVG | 40 |
| 4.1.6 Emergência | 45 |
| 4.1.7 Índice de Velocidade de Emergência – IVE | 51 |
| 4.1.8 Condutividade Elétrica | 57 |
| 4.1.9 Análises Eletroforéticas | 63 |
| 4.1.9.1 Malato Desidrogenase | 63 |
| 4.1.9.2 Álcool Desidrogenase | 63 |
| 4.2 Discussão | 66 |
| 5 CONCLUSÕES | 78 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 79 |
| ANEXOS | 88 |

RESUMO

SILVA, Priscila Alves da. **Condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis**. 2009. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O condicionamento fisiológico é uma técnica baseada na hidratação parcial das sementes de modo a ativar o metabolismo da germinação, porém sem que ocorra a protrusão radicular, que propicia na embebição subsequente incrementos na germinação e vigor dos lotes de sementes condicionadas. Para melhorar o desempenho germinativo de sementes do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto urograndis) avaliou-se protocolos de condicionamento fisiológico. A pesquisa foi conduzida no Laboratório Central de Sementes da UFLA. Os tratamentos constaram do condicionamento das sementes, a temperatura de 20°C, com três tipos diferentes de soluto (PEG; KNO₃ e PEG+KNO₃), em quatro potenciais hídricos (-0,0; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa), por quatro períodos de embebição (1; 3; 5 e 7 dias) e sementes não condicionadas (testemunha). Determinou-se o teor de água antes, após o condicionamento fisiológico e também após a secagem das sementes. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pela germinação, pelos testes de vigor (primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica) e análise eletroforética das isoenzimas: álcool desidrogenase (ADH) e malato desidrogenase (MDH). O condicionamento fisiológico em soluções de PEG, na concentração de -1,0 MPa por períodos de um ou três dias e nas concentrações de -0,8 MPa e -0,6 MPa por períodos de cinco ou sete dias são eficientes em melhorar o desempenho fisiológico do lote de sementes de eucalipto urograndis. Já em solução de KNO₃ os melhores resultados foram encontrados quando as sementes foram condicionadas na concentração de -0,8MPa por um período de cinco dias e na concentração de -0,6 MPa por períodos de um ou três dias de embebição. Apesar de ter sido verificado uma alta atividade da enzima ADH, característica de rotas anaeróbicas da respiração e baixa atividade da enzima MDH, a técnica de condicionamento fisiológico, mesmo sem aeração, permite incrementos na qualidade fisiológica do lote de sementes de eucalipto urograndis.

*Comitê Orientador: Renato Mendes Guimarães – UFLA (Orientador) e Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Coorientadora).

ABSTRACT

SILVA, Priscila Alves da. **Physiological conditioning in urograndis eucalyptus seeds.** 2009. 97 p. Dissertation (Master in Agronomy) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Physiological conditioning is a technique based on the partial hydration of seeds in order to activate the germination metabolism, but without the occurrence of root protrusion which will promote, in the subsequent imbibition, increases in both the germination and vigor of the conditioned seeds lots. In order to increase the germination performance in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (urograndis eucalyptus), physiological conditioning protocols were evaluated. The work was carried out at the Seeds Central Laboratory of the Federal University of Lavras. Seeds were conditioned at the temperature of 20°C in three different types of solute (PEG; KNO₃ and PEG+KNO₃), at four water potentials (- 0,0; - 0,6; - 0,8 and - 1,0 MPa) during four imbibition periods (1; 3; 5 and 7 days) and non-conditioned seeds (control). Water content was determined before and after the physiological conditioning and also after the seeds had been conditioned. The effect of the treatments was evaluated by germination, by vigor tests (the first germination counting, index of germination speed, seedling emergency, index of emergency speed and electrical conductivity), and enzymes electrophoresis analysis: alcohol de-hydrogenase (ADH) and malate de-hydrogenase (MDH). The physiological conditioning in PEG solutions at the concentration of -1,0MPa for 1 or 3 days and at the concentrations of -0,8 MPa and -0,6 MPa for 5 or 7 days were found to effectively increase the physiological performance of urograndis eucalyptus seeds. However the best results in KNO₃ solution were found when the seeds were stored at the concentration of -0,8MPa for 5 days, and at the concentration of -0.6MPa for 1 or 3 days. Although, high activity level has been found for ADH enzyme, which is a characteristic of anaerobic respiratory routes, and low MDH enzyme, the physiological conditioning technique, even without aeration, promotes increases in the quality of the lot urograndis eucalyptus seeds.

*Guidance Committee: Renato Mendes Guimarães - UFLA (Advisor), Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva com base no setor florestal se constitui uma atividade complexa e diversificada de produtos e aplicações energéticas e industriais. No mundo inteiro, o setor florestal tem importância como fornecedor de energia e/ou matéria-prima para a indústria da construção civil e de transformação (Buainain & Batalha, 2007).

O gênero *Eucalyptus* é conhecido por sua grande variabilidade genética. São centenas de espécies com propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que os eucaliptos sejam usados para as mais diversas finalidades, tais como, papel, celulose, lenha, carvão, aglomerado, serraria, óleos para indústrias farmacêuticas, mel, ornamentação, quebra-vento, reflorestamento, seqüestro de carbono.

Diante desta complexidade é fundamental o desenvolvimento de trabalhos de pesquisas com *Eucalyptus* nas diversas áreas do conhecimento, ressaltando a área de semente, que é elemento indispensável no sucesso da implantação de qualquer cultura e, sem dúvida, o principal insumo da agricultura.

A produção de sementes é também um elo vital para o desenvolvimento do setor florestal seja na formação, manejo de florestas, conservação de fragmentos florestais ou na recuperação de áreas degradadas (Oliveira, 2007).

No Brasil, as grandes empresas, hoje, já possuem tecnologias avançadas para uma exploração cada vez mais produtiva, detêm técnicas de melhoramento genético, alto nível de recursos financeiros e muitas vezes utilizam da propagação vegetativa (clones) para implantação de suas lavouras. Entretanto a propagação de eucalipto por sementes é frequente, nos trabalhos de

melhoramento da espécie bem como para os médios e pequenos produtores que utilizam essa forma de propagação.

No entanto, na produção de mudas oriunda de sementes, os viveiristas enfrentam sérios problemas como a desuniformidade de germinação e conseqüentemente desuniformidade nas mudas.

O condicionamento fisiológico é um dos vários tipos de tratamentos pré-
semeadura sugeridos para beneficiar a germinação e a emergência de plântulas. A técnica do condicionamento fisiológico desenvolvida por Heydecker et al. (1973, 1975) apesar de fisiologicamente complexa, é simples em conceito. O objetivo é reduzir o período de germinação, bem como sincronizar e melhorar a emergência das plântulas, submetendo as sementes a um controle da hidratação suficiente para permitir os processos reparatórios essenciais à germinação, porém insuficientes para a ocorrência da protrusão da radícula.

Dessa forma, objetivou-se nessa pesquisa avaliar protocolos de condicionamento fisiológico para melhorar o desempenho germinativo de sementes do híbrido eucalipto urogrnadis (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico e importância do gênero *Eucalyptus*

Brasil é um dos principais países do mundo em termos de área florestal. Da área total do território nacional, em 2005, estima-se que 56% são cobertos por florestas naturais, 0,5% por florestas plantadas e o restante por outros usos como agricultura, pecuária, áreas urbanas e infra-estrutura. O País desenvolveu tecnologias de melhoramento genético e manejo florestal que o colocam ente os produtores de menor custo e maior produtividade (Buainain & Batalha, 2007).

O gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália e pertence à família Myrtaceae. Possui cerca de 600 a 800 espécies, além de um grande número de variedades e híbridos (Andrade, 1961; Boland et al., 1994; Lima, 2001).

A primeira descrição deste gênero ocorreu em 1788 por L'Héritier de Brutelle, sendo que as primeiras mudas e sementes introduzidas na Europa foram levadas por Antônio Guichenot, que participou de uma expedição à Austrália entre 1801 e 1804 (Andrade, 1961).

Acredita-se que a introdução deste gênero no Brasil tenha sido feita pelo Sr. Frederico de Albuquerque, no Rio Grande do Sul, em 1868. Entretanto, o primeiro cientista brasileiro a se interessar em estudar e cultivar plantas de *Eucalyptus* foi Edmundo Navarro de Andrade, que trabalhou na Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Seu objetivo principal era utilizar árvores plantadas para alimentar as caldeiras das locomotivas bem como para a produção de moirões e postes. Navarro de Andrade introduziu quase todas as espécies de *Eucalyptus* existentes no Horto de Rio Claro, constituindo desta forma um dos mais completos bancos de germoplasma do país (Andrade, 1961). A partir de 1966 a eucaliptocultura foi difundida para outros estados devido aos

incentivos fiscais concedidos pelo governo brasileiro para o reflorestamento (Kageyama, 1980).

Nos anos de 1950 e 1960 houve a expansão do eucalipto no mundo com grandes plantações industriais para produção de papel e carvão na Espanha, África do Sul, Índia e Brasil (Florence, 1986).

Estima-se que a área de plantio mundial em *Eucalyptus* seja em torno de 10 a 15 milhões de hectares, estando mais de 40% desta área no Brasil (Eldridge et al., 1993).

No Brasil, onde ainda existem 92 milhões de hectares de terras agricultáveis não utilizadas, as florestas plantadas com eucalipto, pinus e outras espécies somam pouco mais de 5,5 milhões de hectares, sendo 63% deles destinados a eucaliptocultura, contra 61 milhões de hectares ocupados com outras culturas, como milho, soja, laranja e café e 220 milhões de hectares ocupados por pastagens (Rezende, 2007).

Os principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Sul (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000; Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas/ABRAF, 2007).

Dentre as espécies de *Eucalyptus*, pode-se destacar: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. citriodora*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. pellita*, bem como diversos híbridos (Garcia & Pimentel-Gomes, 1992). A principal espécie plantada no país é *Eucalyptus grandis* e seus híbridos (González, 2002).

O *Eucalyptus* spp, matéria prima para a produção de celulose, papel, chapas de fibras, aglomerados, madeiras serradas e móveis, geração de energia por meio de lenha e carvão, tanino curtição de couro, tecidos sintéticos, cápsulas de remédios, capacidade de captação de CO₂, proteção do solo contra erosão, óleos essenciais, mel pólen desta maneira é uma fonte de riqueza econômica e social, gerando empregos e mantendo o homem no campo (Aracruz Celulose,

2000). As principais razões do uso *Eucalyptus* spp. em reflorestamentos comerciais são o rápido crescimento, a produção de fibras e polpa de madeira de alta qualidade (Ho et al., 1998).

Assis (2008) apresenta dados relacionados com características tecnológicas, bem como resultados atualizados do comportamento silvicultural de várias espécies de *Eucalyptus*, em diferentes regiões ecológicas do estado de Minas Gerais

No Brasil a produção e exploração de eucalipto representam 4,5 por cento do PIB (Produto Interno Bruto) nacional, gera indiretamente 4,1 milhões de empregos diretos e indiretos (Rezende, 2007). Há apoio por meio de incentivos fiscais ao reflorestamento, Programas Nacionais de Siderurgia a Carvão Vegetal e de Celulose e Papel.

2.2 Híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Segundo Carvalho (2000) no Brasil as espécies de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* e o seu híbrido adquiriram grande importância para a produção de papel e celulose de fibra curta.

Para o desenvolvimento do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto urograndis) foram utilizadas matrizes procedentes de outros continentes. Nielsen (1998) afirma que *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden é uma espécie nativa da Austrália e que ocorre em clima subtropical a temperado. O *E. urophylla* S. T. Blake de acordo com Boland (1992) procede de países como Austrália, Papua Nova Guiné, Filipinas e Timor, regiões onde o clima é tropical a subtropical úmido.

O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto urograndis) apresenta alta produtividade no campo e excelentes características de qualidade de fibra (Carvalho, 2000).

2.3 Condicionamento fisiológico

A qualidade de sementes (genética, física, fisiologia e sanitária) é fundamental para produção de mudas e estabelecimentos de plantas no campo.

O condicionamento fisiológico é um dos vários tipos de tratamentos pré-
semeadura sugeridos para beneficiar a germinação e a emergência de plântulas (Marcos Filho, 2005).

Segundo Bewley & Black (1985) as sementes apresentam um padrão trifásico de embebição. A absorção de água pelas sementes na fase I é relativamente rápida em relação às demais em consequência do potencial matricial dos diversos tecidos que compõem a semente, independente da semente estar viável, morta ou dormente, a não ser que trate de dormência tegumentar a água. Essa fase é caracterizada pelo início da degradação das substâncias de reservas que são capazes de serem transportadas para o embrião para retomada de seu crescimento. A fase II, a mais longa das fases, ocorre o transporte ativo das substâncias desdobradas anteriormente, para os pontos de crescimento, a semente nessa fase praticamente não absorve água, os potenciais hídricos da semente e do meio encontram-se em equilíbrio. Uma absorção ativa de água é retomada na fase III, alcançada apenas por sementes viáveis e não dormentes, é associada com o início da protrusão radicular e desenvolvimento da plântula.

As sementes apresentam exigências hídricas, térmicas e aeração para a germinação e toleram a dessecação apenas durante as duas primeiras fases, em ritmo decrescente com o progresso da embebição (Marcos Filho, 2005).

O processo de germinação se inicia por meio da absorção de água pelas sementes, seguido de uma série de alterações metabólicas, como ativação enzimática, digestão de materiais de reserva e translocação dos mesmos e culminam com a retomada do crescimento do eixo embrionário, que resulta na emergência da radícula (Bewley & Black, 1994).

O condicionamento fisiológico consiste na hidratação controlada das sementes em uma solução osmótica com potenciais hídricos ajustados de maneira a permitir a ativação dos processos metabólicos para que ocorra a germinação, no entanto, sem permitir a protrusão radicular (Bradford, 1986). A semeadura em campo pode ser realizada logo após o tratamento, ou então efetua-se a secagem seguida por armazenamento até o momento oportuno para a instalação da cultura (Marcos Filho, 2005).

O procedimento de imersão em água das sementes tem sido menos utilizado para o condicionamento fisiológico porque a embebição muito rápida favorece a ocorrência de injúrias às sementes, conforme constataram Powell & Mathews (1978) e Woodstock & Tao (1981). Ao mesmo tempo, a distribuição desuniforme da água durante a hidratação e a severa restrição à aeração dificultam a obtenção de resultados favoráveis (Marcos Filho, 2005).

Produtos químicos como polietileno glicol, manitol e sais inorgânicos, como cloreto de sódio, nitrato de potássio, sulfato de magnésio, cloreto de magnésio, ortofosfato de potássio, sulfato de manganês ou outras substâncias solúveis em água têm sido utilizados e testados como agentes osmóticos. No entanto, predomina a utilização de PEG, polímero de elevado peso molecular, inerte, não tóxico, que não penetra nas células das sementes; é encontrado com pesos moleculares de 4000, 6000, 8000 e 12000 Dalton, sendo os de 6000 e 8000 os mais comuns; este é preferível porque suas moléculas maiores não atravessam as membranas celulares, garantindo que as sementes realmente absorvam somente a água (Heydecker & Coolbear, 1977; Bewley & Black, 1985).

A principal desvantagem da utilização da solução de PEG é apresentar baixa solubilidade ao oxigênio, que induz a anaerobiose e favorece a produção de etanol que é tóxico a semente. O nível de oxigênio na solução de PEG é inversamente proporcional a sua concentração e viscosidade, fazendo com que a

solução tenha que ser frequentemente aerada artificialmente para um suprimento adequado de oxigênio às sementes (Akers, 1990).

Os sais inorgânicos (NaCl, MgSO₄ e KNO₃) também são usados no processo de condicionamento fisiológico e promovem o controle osmótico sem reduzir a disponibilidade de oxigênio, além de suprir as sementes com nitrogênio e outros nutrientes essenciais durante a germinação. Por outro lado apresentam o inconveniente de penetrarem nas sementes alterando o seu potencial hídrico podendo promover efeitos tóxicos (Prisco & O'Leary, 1970) e também podem exercer efeito negativo sobre enzimas e membranas (Frett et al., 1991). Ao mesmo tempo, agentes condicionantes como o manitol e outros de pesos moleculares mais baixos e quimicamente inerte podem ser absorvidos e metabolizados durante a germinação e promover efeitos tóxicos (Parmar & Moore, 1996).

A escolha do agente osmótico a ser utilizado é determinada em função do efeito desejável sobre a semente (Heydecker & Coolbear, 1977), pois nenhum soluto ainda possui todas as características favoráveis.

Duas hipóteses têm sido sugeridas para justificar o aumento do desempenho de sementes submetidas ao condicionamento fisiológico. A reestruturação da integridade das membranas, perdida durante o processo de secagem nas sementes maduras, e o incremento na disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados nos processos de germinação e de desenvolvimento inicial de plântulas. Outra hipótese seria devido ao aumento na síntese de proteína e de ácidos nucleicos, à elevação na atividade mitocondrial, com mudanças associadas à elasticidade e a viscosidade do protoplasma (Henckel, 1964; Hegarty, 1978)

Dentre as principais vantagens dessa técnica parece ser a protrusão da radícula em menor período de tempo (Dell'Áquila & Tritto, 1991; Lanteri et al., 1994; Roveri José, 1999), à rapidez da emergência de plântulas e não a

velocidade de crescimento; sincronização da germinação, menor exposição das sementes e plântulas a fatores adversos do ambiente conduzindo a estandes mais uniformes e a lavouras produtivas (Dell'Áquila & Tritto, 1988; Eira & Marcos Filho, 1990; Pill 1995).

Segundo Marcos Filho (2005) a influência do condicionamento sobre o desempenho das sementes pode-se destacar além de acelerar a velocidade de germinação ou de emergência de plântulas, também reduz as injúrias durante a embebição, promove maior tolerância a estresse após a semeadura ou durante a germinação, formação de mudas e supera possíveis dormência na semente.

Vários fatores podem afetar a técnica de condicionamento fisiológico por isso tanta divergência entre resultados de pesquisa, entre eles pode-se destacar: qualidade fisiológica inicial do lote de semente (Heydecker & Coolbear, 1977; Guedes & Chantliffe, 1980; Bodsworth & Bewley, 1981; Nascimento, 1998), temperatura (Akers et al., 1987; Copeland & Mcdonald, 1995), intensidade de luz, agente osmótico e sua concentração, velocidade de absorção de água, o grau de hidratação alcançado pelas sementes e suas partes, duração do tratamento, secagem das sementes pós tratamento (Copeland & Mcdonald, 1995), armazenamento após condicionamento e disponibilidade de oxigênio e condições de realização da pesquisa. E ainda estes fatores são variáveis de acordo com genótipo, espécie e cultivar (Heydecker et al., 1975).

Os resultados são controversos quanto à influência da qualidade dos lotes sobre o condicionamento fisiológico. Segundo Matthews & Powell (1986) e Fessel et al. (2002), entre outros autores, lotes de baixo vigor são pouco beneficiados ao contrário de lotes de alta qualidade. Já Lima et al. (2001) verificaram que os lotes de menor qualidade podem ser beneficiados. Essa diferença entre os resultados se deve principalmente as variações de metodologia adotada.

Estudo foi realizado para avaliar a emergência de sementes de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*, quando submetidos ao osmocondicionamento em solução de PEG 6000, com potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; e -0,6 MPa, e, posteriormente, submetidas ou não à secagem ao ar, por três períodos de tempo (0, 15 e 30 dias) e duas temperaturas (5 e 20°C). O osmocondicionamento só foi efetivo para *E.citriodora*, quando a viabilidade das sementes foi menor que 70,75%. As sementes de *E. grandis* responderam positivamente ao osmocondicionamento, com restrição apenas para aquelas que receberam secagem ao ar e foram armazenadas por 30 dias, a 20°C. De maneira geral, nas duas espécies estudadas, a melhor conservação das sementes pode ser obtida quando essas não recebem secagem ao ar, após o osmocondicionamento, e são armazenadas a 5°C (Córdoba et al., 1995).

O condicionamento é uma técnica promissora para melhoria da qualidade fisiológica das sementes, promove um aumento na velocidade de germinação, uma germinação mais sincronizada e desta maneira uma uniformidade de estande. Contudo o desenvolvimento de pesquisas para adequação da metodologia de condicionamento fisiológico para diversas espécies se torna necessário e importante para o sucesso da técnica e melhor desempenho inicial das sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Central de Sementes do Setor de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG, em Lavras-MG, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

3.1 Origem e perfil do lote de sementes

Um lote de sementes híbridas de eucalipto da espécie eucalipto urograndis (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), colhido em outubro de 2004, armazenado em câmara fria 5°C, procedente da Aracruz/ES, fornecido pela empresa Aracruz Celulose foi utilizado para condução da pesquisa.

Para determinação do perfil do lote de sementes de eucalipto urograndis avaliou-se o teor de água das sementes, a germinação e a sanidade.

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa, 103°C±2°C, por 24 horas, conforme as Regras para Análises de Sementes/RAS (Brasil, 1992). Duas repetições de 0,70 g de sementes foram pesadas e colocadas em recipientes de alumínio com diâmetro de 4 cm e os resultados expressos em porcentagem média de umidade.

O teste de germinação foi conduzido em BOD, a 25°C, sob luz constante (Brasil, 1992). Foram utilizadas quatro repetições de 0,05 gramas de sementes por tratamento. Cada repetição foi pesada e distribuída em caixas tipo gerbox (11,5 x 11,5 x 3,5 cm) sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel.

O protocolo utilizado para o teste de sanidade (Blotter Test) foi à incubação das sementes em placas de Petri de 15 cm de diâmetro contendo duas folhas de papel de filtro umedecido com água + 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacetato

de sódio) a 0,02%. Utilizou-se 0,2 gramas de sementes, distribuídas em quatro placas com 0,05 gramas de sementes em cada uma. As placas foram mantidas em sala de incubação a 20°C e fotoperíodo de 12 horas, por sete dias, e posteriormente avaliadas quanto à presença de patógenos

As sementes foram armazenadas em câmara fria com temperatura de 10°C e 50% de umidade relativa por um mês até iniciar a execução do experimento.

3.2 Tratamentos

Os tratamentos constaram do condicionamento das sementes em três tipos diferentes de soluto: polietileno glicol-6000 (PEG), nitrato de potássio (KNO_3) e polietileno glicol-6000 + nitrato de potássio (PEG+ KNO_3), na proporção de 50% e 50 % de cada soluto; em quatro potenciais osmóticos (-1,0 MPa, -0,6 MPa, -0,8 MPa e 0,0 MPa); por quatro períodos de embebição (1; 3; 5 e 7 dias) e um tratamento adicional representado pelas semente não condicionada (testemunha), totalizando 49 tratamentos (Tabela 1).

O soluto polietileno glicol-6000 (PEG) foi denominado de P (soluto P), nitrato de potássio (KNO_3) de K (soluto K) e o polietileno glicol-6000 + nitrato de potássio (PEG+ KNO_3) de P+K (soluto P+K).

As sementes foram retiradas da câmara fria, um dia anterior da data de instalação do experimento.

TABELA 1 Legenda dos tratamentos de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis em função de três tipos de solutos, quatro concentrações e quatro períodos de embebição e um tratamento adicional, semente não condicionada (testemunha).

| Nº Trat. | Soluto | Concentração (MPa) | Período (dias) | Tratamento (Legenda) |
|---------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1 | PEG | 0 | 1 | P-0-1 |
| 2 | PEG | -0,6 | 1 | P-0,6-1 |
| 3 | PEG | -0,8 | 1 | P-0,8-1 |
| 4 | PEG | -1,0 | 1 | P-1,0-1 |
| 5 | PEG | 0 | 3 | P-0-3 |
| 6 | PEG | -0,6 | 3 | P-0,6-3 |
| 7 | PEG | -0,8 | 3 | P-0,8-3 |
| 8 | PEG | -1,0 | 3 | P-1,0-3 |
| 9 | PEG | 0 | 5 | P-0-5 |
| 10 | PEG | -0,6 | 5 | P-0,6-5 |
| 11 | PEG | -0,8 | 5 | P-0,8-5 |
| 12 | PEG | -1,0 | 5 | P-1,0-5 |
| 13 | PEG | 0 | 7 | P-0-7 |
| 14 | PEG | -0,6 | 7 | P-0,6-7 |
| 15 | PEG | -0,8 | 7 | P-0,8-7 |
| 16 | PEG | -1,0 | 7 | P-1,0-7 |
| 17 | KNO ₃ | 0 | 1 | K-0-1 |
| 18 | KNO ₃ | -0,6 | 1 | K-0,6-1 |
| 19 | KNO ₃ | -0,8 | 1 | K-0,8-1 |
| 20 | KNO ₃ | -1,0 | 1 | K-1,0-1 |
| 21 | KNO ₃ | 0 | 3 | K-0-3 |
| 22 | KNO ₃ | -0,6 | 3 | K-0,6-3 |
| 23 | KNO ₃ | -0,8 | 3 | K-0,8-3 |
| 24 | KNO ₃ | -1,0 | 3 | K-1,0-3 |
| 25 | KNO ₃ | 0 | 5 | K-0-5 |
| 26 | KNO ₃ | -0,6 | 5 | K-0,6-5 |
| 27 | KNO ₃ | -0,8 | 5 | K-0,8-5 |
| 28 | KNO ₃ | -1,0 | 5 | K-1,0-5 |
| 29 | KNO ₃ | 0 | 7 | K-0-7 |
| 30 | KNO ₃ | -0,6 | 7 | K-0,6-7 |
| 31 | KNO ₃ | -0,8 | 7 | K-0,8-7 |
| 32 | KNO ₃ | -1,0 | 7 | K-1,0-7 |
| 33 | PEG+KNO ₃ | 0 | 1 | P+K-0-1 |
| 34 | PEG+KNO ₃ | -0,6 | 1 | P+K-0,6-1 |

... continua ...

TABELA 1, Cont.

| | | | | |
|----|----------------------|-------|-------|-----------|
| 35 | PEG+KNO ₃ | -0,8 | 1 | P+K-0,8-1 |
| 36 | PEG+KNO ₃ | -1,0 | 1 | P+K-1,0-1 |
| 37 | PEG+KNO ₃ | 0 | 3 | P+K-0-3 |
| 38 | PEG+KNO ₃ | -0,6 | 3 | P+K-0,6-3 |
| 39 | PEG+KNO ₃ | -0,8 | 3 | P+K-0,8-3 |
| 40 | PEG+KNO ₃ | -1,0 | 3 | P+K-1,0-3 |
| 42 | PEG+KNO ₃ | -0,6 | 5 | P+K-0,6-5 |
| 43 | PEG+KNO ₃ | -0,8 | 5 | P+K-0,8-5 |
| 44 | PEG+KNO ₃ | -1,0 | 5 | P+K-1,0-5 |
| 45 | PEG+KNO ₃ | 0 | 7 | P+K-0-7 |
| 46 | PEG+KNO ₃ | -0,6 | 7 | P+K-0,6-7 |
| 47 | PEG+KNO ₃ | -0,8 | 7 | P+K-0,8-7 |
| 48 | PEG+KNO ₃ | -1,0 | 7 | P+K-1,0-7 |
| 49 | Testemunha | ----- | ----- | TEST. |

Condicionamento das sementes

As sementes foram colocadas no interior de placas de petri, diâmetro de 6 cm, em contato direto com as soluções osmóticas, na proporção de 6,2 gramas de sementes por 25 ml de solução, por períodos de 1; 3; 5 e 7 dias de embebição. As placas de petri foram distribuídas sobre uma folha de isopor, 2 cm de largura, e esta colocada sobre um agitador orbital para bandejas modelo: FVR-C95 (ma 140), colocado em um ambiente com temperatura fixa de 20°C na presença de luz. As soluções foram trocadas a cada dois dias para manutenção do potencial hídrico. Para cada um dos solutos: PEG, KNO₃, PEG+KNO₃, potenciais hídricos: -1,0 MPa; -0,8 MPa; -0,6 MPa; e 0,0 MPa (água) e suas combinações para cada um dos tempos programados: 1; 3; 5 e 7 dias foram condicionadas sementes em placas de petri individuais, totalizando 49 tratamentos. Vale ressaltar que os tratamentos gerados da combinação de 0,0 MPa se referem às sementes embebidas em água.

Após completar cada período de embebição, as sementes foram lavadas em água corrente por um minuto, para eliminar resíduos da solução, e enxugadas

com auxílio de uma folha de papel germitest, para retirar o excesso de água. Em seguida, uma parte foi retirada para determinação da umidade pós-tratamento de condicionamento fisiológico e outra foi colocada em um caixa tipo gerbox sobre duas folhas de papel mata borrão para serem secadas, por um período de dois dias em temperatura ambiente (Figura 2) e posterior execução de testes para a avaliação quanto à qualidade fisiológica, determinação da umidade pós-secagem e para análises eletroforéticas de isoenzimas.

A variação de temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (UR) no período de secagem das sementes após o condicionamento fisiológico foi de 20,1°C e 77,1% UR, segundo dados da Estação Climatológica Principal de Lavras em Convênio com a UFLA e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Coordenadas Geográficas Lat: 21⁰ 14' S; Long 45⁰ 00' W e Alt 918,841 m.

Para determinação das isoenzimas, uma parte das sementes foi separada e colocada em dois micro tubos por tratamento e armazenados em deep-freezer a -86°C para realização das análises eletroforéticas.

Para todos os tratamentos foi determinado o grau de umidade das sementes antes e após o condicionamento fisiológico e também após a secagem.

Semente não condicionada

Trata-se da semente que não foi submetida ao tratamento de condicionamento fisiológico, ou seja, testemunha. Nessas sementes da mesma forma que os tratamentos anteriores se realizaram testes para a avaliação quanto à qualidade fisiológica, determinação da umidade e análises eletroforéticas de isoenzimas.

3.3 Cálculos das soluções osmóticas

Os cálculos para concentrações de PEG, KNO₃ e PEG+KNO₃ para determinação dos potenciais hídricos (-1,0 MPa; -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa) segue-se nos itens abaixo. Todas as soluções foram preparadas em béqueres pela simples adição do soluto em água destilada. Em seguida o béquer foi colocado em um agitador para beakers com bastão magnético, modelo: 258 da marca Fanem, para que houvesse total dissolução, sem restar nenhum precipitado ao fundo do béquer e a solução ficasse totalmente homogênea.

3.3.1 Cálculo dos potenciais hídricos das soluções com Polietileno Glicol-6000 (PEG)

As soluções de PEG-6000 foram determinadas de acordo Vilela et al. (1991).

As quantidades de solutos de PEG-6000 utilizadas de acordo os potenciais osmóticos de -0,6 MPa, -0,8 MPa e -1,0 MPa, para temperatura de condicionamento fisiológico a 20°C, foram respectivamente, 213, 640g/L; 251,028 g/L e 284,021g/L.

3.3.2 Cálculo dos potenciais hídricos das soluções com Nitrato de Potássio (KNO₃)

As determinações da quantidade de soluto para obter os potenciais osmóticos adequados das soluções de KNO₃ foi baseado com a equação de Vant'Hoff (Hillel, 1971).

$$\Psi_{os} = -iRTC$$

Sendo que:

Ψ_{os} = Potencial Osmótico (bar)

i = Coeficiente isotômico (1,72)

R = Constante Geral dos Gases Perfeitos ($0,082 \text{ atm} \times \text{mol}^{-1} \times \text{K}^{-1}$)

T = Temperatura ($^{\circ}\text{K}$) $\rightarrow k^{\circ} = 273 + 20^{\circ}\text{C} = 293^{\circ}\text{C}$

C = Concentração (mol/l)

As quantidades de solutos de KNO_3 utilizadas de acordo os potenciais osmóticos de -0,6 MPa, -0,8 MPa e -1,0 MPa, para temperatura de condicionamento fisiológico a 20°C , foram respectivamente, 14,519g/L; 19,3588 g/L e 24,19850 g/L.

3.3.3 Cálculo dos potenciais hídricos das soluções com Polietileno Glicol – 6000 + Nitrato de Potássio

O procedimento adotado para determinar os potenciais osmóticos das soluções com PEG-6000+ KNO_3 foram os mesmos adotados nos itens 3.3.1 e 3.3.2, porém utilizou-se a metade indicada de cada soluto (50% de PEG + 50% de KNO_3), e em seguida misturaram-se as duas quantidades de cada soluto.

As quantidades de solutos de PEG-6000+ KNO_3 utilizadas de acordo os potenciais osmóticos de -0,6 MPa, -0,8 MPa e -1,0 MPa, para temperatura de condicionamento fisiológico a 20°C , foram respectivamente, (106,82g/L PEG + 7,2595g/L KNO_3); (125,514g/L PEG + 9,6794g/L KNO_3) e (142,0105 g/L PEG + 12,09925g/L KNO_3).

3.4 Testes realizados para avaliação da qualidade

3.4.1 Determinação do grau de umidade

Determinou-se a umidade após o tratamento de condicionamento fisiológico (umidade pós-priming) e após secagem (umidade pós-secagem) de acordo metodologia descrita item 3.1.

3.4.2 Teste de Germinação

O teste de germinação foi conduzido de acordo metodologia descrita no item 3.1.

3.4.2.1 Primeira contagem de germinação

A avaliação da primeira contagem de germinação foi feita no quinto dia computando-se o número de plântulas normais, seguindo as prescrições das RAS (Brasil, 1992). O resultado foi dado em número de plântulas normais por 0,05 gramas de sementes germinadas.

3.4.2.2 Germinação

A avaliação da germinação foi feita no décimo quarto dia computando-se o número de plântulas normais, seguindo as prescrições das RAS (Brasil, 1992). O resultado foi dado em número de plântulas normais por 0,05 gramas de sementes germinadas.

3.4.2.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Diariamente foi realizada avaliações por meio da contagem de sementes germinadas, ou seja, sementes que apresentavam protrusão radicular. Após quatorze dias calculou-se o IVG, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962), citado por Vieira et al. (1994), que diz: total do número de sementes germinadas a cada dia dividido pela diferença do dia da semente e a contagem.

$$\text{IVG} = \text{G1/N1} + \text{G2/N2} + \text{G3/N3} + \dots + \text{Gn/Nn}$$

Onde:

IVG = Índice de Velocidade de Germinação;

G1, G2, G3, ..., Gn = número de sementes com radículas emergidas, computadas na primeira, segunda, terceira, ..., última contagem;

N1, N2, N3, ..., Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda, terceira, ..., última contagem.

3.4.3 Teste de Emergência

O teste de emergência foi conduzido em câmara de germinação modelo 347 CDG (Germinador), a 25°C, sob luz constante. Foram utilizadas 4 repetições de 0,05 gramas de sementes por tratamento. Cada repetição foi pesada e semeada em caixas tipo gerbox (11,5 x 11,5 x 3,5 cm) contendo o substrato composto de areia e terra, na proporção de 2:1. A profundidade de semeadura foi de 0,5 cm aproximadamente. A umidade do substrato foi ajustada para 70% da capacidade de campo.

3.4.3.1 Emergência

A avaliação do estande final (emergência) foi feito no décimo quarto dia computando-se o número de plântulas normais. O resultado foi dado em número de plântulas emergidas por 0,05 gramas de sementes semeadas.

3.4.3.2 Índice de Velocidade de Emergência – IVE

Foram realizadas avaliações diárias a partir do início da emergência, computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização que ocorreu no vigésimo primeiro dia, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

3.4.4 Teste de Condutividade Elétrica

Cada tratamento foi composto por duas repetições de 0, 20 g de sementes. Após a pesagem com precisão de cada repetição, as sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 25 mL de água deionizada e os mesmos

foram levados para uma BOD previamente regulada a temperatura constante de 25°C por um período de 24 horas. Em seguida a leitura foi efetuada em $\mu\text{S}/\text{cm}$ com um condutivímetro de massa, marca DIGIMED, modelo CD21A. Os resultados foram expressos com base no peso da amostra (Vieira et al., 1994; Torres, 1996).

Fórmula para transformação dos resultados:

$$\text{Condutividade } (\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}) = \frac{\text{Condutividade lida} - \text{Condutividade H}_2\text{O}}{\text{Peso 50 sementes (g)}}$$

3.4.5 Análises Eletroforéticas de Isoenzimas

Para a análise eletroforética de isoenzimas foram utilizadas duas repetições com aproximadamente três gramas para cada tratamento.

Os tratamentos constaram do condicionamento das sementes em três tipos diferentes de soluto: polietileno glicol-6000 (PEG), nitrato de potássio (KNO_3) e polietileno glicol-6000 + nitrato de potássio (PEG+ KNO_3), na proporção de 50% e 50 % de cada soluto; em três potenciais osmóticos (-1,0 MPa, -0,6 MPa e -0,8 MPa); por quatro períodos de embebição (1; 3; 5 e 7 dias) e tratamento adicional representado pelas sementes condicionadas em água destilada (-0,0 MPa) por 1 e 3 dias e sementes não condicionadas (testemunha), totalizando 39 tratamentos.

O soluto polietileno glicol-6000 (PEG) foi denominado de “P”, nitrato de potássio (KNO_3) de “K”, o polietileno glicol-6000 + nitrato de potássio (PEG+ KNO_3) de “P+K”, os tratamentos com água destilada de “ H_2O ” e o tratamento testemunha de “TEST” (Tabela 2).

As sementes foram maceradas em almofariz de porcelana com um pistilo na presença de nitrogênio líquido e uma pequena quantidade de PVP (polivinilpirrolidona), um antioxidante. O material macerado foi colocado em micro tubo e armazenado em deep-freezer a -86°C.

Pesou-se em micro tubos 100 mg do material macerado referente a cada tratamento para cada isoenzima analisada.

Para a extração das isoenzimas utilizou-se o tampão de extração composto por Tris HCl 0,2M, pH 8,0 + 0,1% de β mercaptoetanol.

Em cada amostra de 100 mg contida no micro tubo, sempre na presença de gelo, foram aplicados 250 μ l do tampão de extração; logo depois, foram agitados em vortex agitador modelo 251 da marca Fanem, por aproximadamente 1 minuto. As amostras ficaram incubadas em gelo e permaneceram na geladeira em *overnight*. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 16000 xg por 30 minutos a 4°C e logo após, coletou-se 70 μ l do sobrenadante de cada amostra e aplicou-se em gel de poliacrilamida 4,5% gel concentrador e 7,5% gel separador. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9 e a corrida eletroforética foi realizada por 6 horas, a uma voltagem constante de 110 V.

Após a eletroforese, os géis foram revelados para os sistemas isoenzimáticos: Álcool Desidrogenase (ADH) e Malato Desidrogenase (MDH) de acordo protocolos citados por Alfenas et al. (1991).

As avaliações dos padrões isoenzimáticos foram realizadas de acordo com a presença/ausência e a intensidade de bandas.

TABELA 2 Legenda dos tratamentos (TRAT.) avaliados em eletroforese para sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico: três tipos diferentes de soluto: polietileno glicol-6000 (P), nitrato de potássio (K) e polietileno glicol-6000 + nitrato de potássio (P+K); três potenciais osmóticos (-1,0 MPa, -0,6 MPa e -0,8 MPa); por quatro períodos de embebição (1; 3; 5 e 7 dias) e sementes condicionadas em água destilada por 1 dia (H₂O-1) e 3 dias (H₂O-3) e sementes não condicionadas (TEST), totalizando 39 tratamentos.

| TRAT. | Legenda | TRAT. | Legenda |
|-------|-----------|-------|----------------------|
| 1 | P-0,6-1 | 21 | P+K-0,8-1 |
| 2 | P-0,6-3 | 22 | P+K-0,8-3 |
| 3 | P-0,6-5 | 23 | P+K-0,8-5 |
| 4 | P-0,6-7 | 24 | P+K-0,8-7 |
| 5 | K-0,6-1 | 25 | P-1,0-1 |
| 6 | K-0,6-3 | 26 | P-1,0-3 |
| 7 | K-0,6-5 | 27 | P-1,0-5 |
| 8 | K-0,6-7 | 28 | P-1,0-7 |
| 9 | P+K-0,6-1 | 29 | K-1,0-1 |
| 10 | P+K-0,6-3 | 30 | K-1,0-3 |
| 11 | P+K-0,6-5 | 31 | K-1,0-5 |
| 12 | P+K-0,8-7 | 32 | K-1,0-7 |
| 13 | P-0,8-1 | 33 | P+K-1,0-1 |
| 14 | P-0,8-3 | 34 | P+K-1,0-3 |
| 15 | P-0,8-5 | 35 | P+K-1,0-5 |
| 16 | P-0,8-7 | 36 | P+K-1,0-7 |
| 17 | K-0,8-1 | 37 | H ₂ O - 1 |
| 18 | K-0,8-3 | 38 | H ₂ O - 3 |
| 19 | K-0,8-5 | 39 | TEST |
| 20 | K-0,8-7 | | |

3.6 Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial (3 x 4 x 4) + 1, sendo três tipos diferentes de solutos (PEG, KNO₃ e PEG+KNO₃), quatro potenciais osmóticos

(-1,0 MPa; -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa), quatro períodos de condicionamento (1; 3; 5 e 7 dias) e um tratamento adicional para sementes não condicionadas (testemunha). Quatro repetições foram utilizadas, com exceção para os testes de determinação do grau de umidade e condutividade elétrica que constaram de duas repetições.

As análises de variâncias dos dados foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR, versão 4.0 (Ferreira, 2000). Os fatores período de condicionamento e potencial hídrico foram avaliados por meio de regressão e para o fator tipo de soluto as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Vale ressaltar que nos gráficos gerados por meio da avaliação de regressão plotou-se o valor da testemunha (tratamento adicional) apenas para uma comparação do comportamento da testemunha em relação aos outros tratamentos.

Para avaliar o efeito do tratamento adicional (testemunha) entre os tratamentos de condicionamento fisiológico foi realizada outra ANAVA, que foi denominada de ANAVA “Geral” para se distinguir da anterior. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 49 tratamentos e quatro repetições, com exceção para os testes de determinação do grau de umidade e condutividade elétrica que constaram de duas repetições. As análises de variâncias dos dados foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR, versão 4.0 (Ferreira, 2000) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os dados correspondentes aos sistemas isoenzimáticos e ao perfil do lote de sementes de eucalipto urograndis não foram analisados estatisticamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

4.1.1 Qualidade inicial do lote

O teor de água do lote de sementes eucalipto urograndis (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) utilizado no experimento foi de 6,34% e a germinação de 89 sementes/0,05 gramas.

Vale ressaltar que se realizou a contagem da quantidade de sementes presentes em 0,05 gramas, por meio de oito repetições, e foi encontrada uma média de 123 sementes em 0,05 gramas, ou seja, o peso de 1000 sementes seria de aproximadamente 0,40 gramas. Considerando estas informações pode-se inferir que a germinação de 89 sementes/0,05 gramas representa aproximadamente 82% de germinação.

Em relação à presença de fungos determinada pelo teste de sanidade (Blotter test) verificou-se a incidência de 10 sementes com *Aspergillus* sp. e 15 sementes com *Penicillium* sp. em 0,05g de sementes. Considerando que em 0,05 gramas possui uma média de 123 sementes pode-se inferir que a incidência de fungos na amostra foi de aproximadamente 2,04% de *Aspergillus* sp. e 3,05% de *Penicillium* sp.

4.1.2 Umidade

4.1.2.1 Umidade Pós-priming

O resumo da análise de variância realizada para umidade das sementes medida depois de retirada do tratamento de condicionamento fisiológico, em função das diferentes concentrações de solutos e tempos, esta apresentado na

Tabela 1A. Houve efeito significativo, apenas para os fatores isolados soluto, concentração e tempo.

Os valores médios obtidos para a umidade pós-priming, em função dos solutos são apresentados na Tabela 3. A umidade das sementes embebidas nos solutos KNO_3 (K) e $\text{PEG}+\text{KNO}_3$ (P+K) foi igual entre si e diferentes em relação ao tratamento com o soluto PEG (K). Embora esta diferença entre os três tipos de soluto vale ressaltar que esta diferença foi muito pequena (menor que dois) e provavelmente devida há alguma variação não controlada no experimento, provavelmente uma diferença causada ao retirar as sementes da solução seguida da lavagem das mesmas em água corrente.

TABELA 3 Valores médios de percentual do grau de umidade das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos solutos analisados, PEG (P), KNO_3 (K) e $\text{PEG}+\text{KNO}_3$ (P+K).

| Variável | ¹ Média do fatorial |
|----------|--------------------------------|
| P+K | 45,65A |
| K | 45,37A |
| P | 43,66B |

¹Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%

Os valores médios de umidade pós-priming obtidos em função da concentração e tempo, estão apresentados respectivamente nas Figuras 1 e 2.

Resultado já esperado verifica-se pela Figura 1. À medida que se aumenta o potencial hídrico do meio aumenta também a força para que ocorra a embebição e assim a embebição se torna menor.

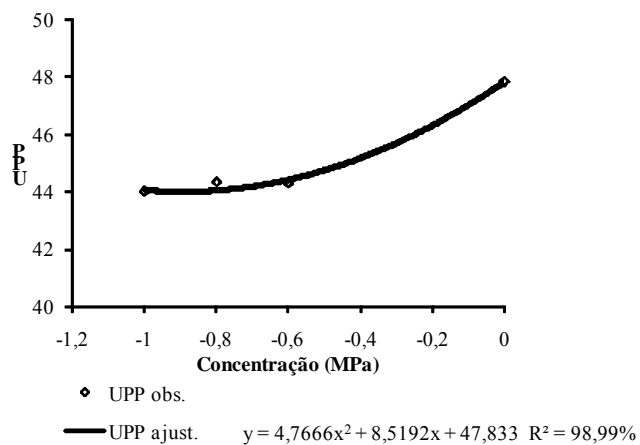


FIGURA 1 Estimativa do grau de Umidade Pós-Priming (UPP) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função das concentrações analisadas (-1,0 MPa , -0,8 MPa, -0,6 MPa e 0,0 MPa).

Pela Figura 2, observa-se redução nos valores do grau de umidade nos tempos de embebição maiores. É provável que logo no primeiro dia de embebição tenha ocorrido o equilíbrio da semente com o meio e ao longo do tempo de embebição a solução perdeu água para o ambiente invertendo o movimento da água para o sentido semente-solução.

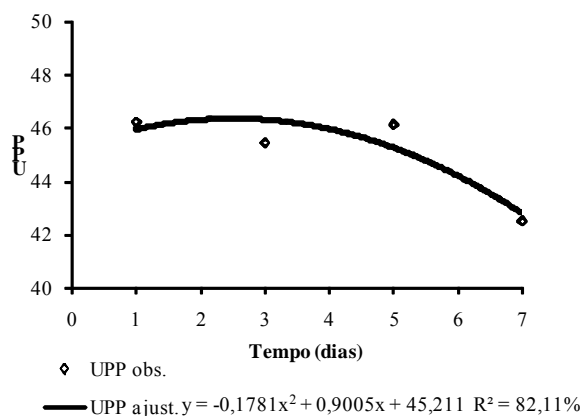


FIGURA 2 Estimativa do grau de Umidade Pós-Priming (UPP) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos analisados (1; 3; 5 e 7 dias).

4.1.2.2 Umidade Pós-secagem

O resumo da análise de variância realizada para umidade das sementes depois de retiradas do tratamento de condicionamento fisiológico e submetidas à secagem por dois dias em temperatura ambiente (umidade pós-secagem), é apresentado na Tabela 2A. Verifica-se que não houve significância estatística para nenhum dos fatores analisados. Houve, portanto equalização do grau de umidade das sementes em todos os tratamentos antes das avaliações.

Na comparação com a testemunha, Tabela 4, quando analisados por meio de uma ANAVA geral, houve diferenças significativas detectadas pelo teste Scott-Knott a 5% em alguns tratamentos. Entretanto essas diferenças não foram consideradas na análise dos resultados porque tinham valores absolutos de no máximo um ponto percentual.

TABELA 4 Valores médios de percentual do grau de umidade pós-secagem das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de todos os tratamentos.

| Legenda | | Legenda | Média* |
|----------------|--------|----------------|---------------|
| K-0-7 | 8,07 a | P-0,6-1 | 7,43 b |
| P+K-0-7 | 8,07 a | P-0-3 | 7,43 b |
| P-0-7 | 8,07 a | P-0,8-5 | 7,43 b |
| P-0,8-7 | 8,00 a | P-1,0-5 | 7,43 b |
| K-0,8-7 | 7,93 b | K-0-3 | 7,43 b |
| K-1,0-7 | 7,93 b | P+K-1,0-1 | 7,43 b |
| P-0,6-7 | 7,86 b | P+K-0-3 | 7,43 b |
| K-0,8-5 | 7,86 b | K-06-5 | 7,36 b |
| K-0,6-7 | 7,86 b | P+K-0,6-1 | 7,36 b |
| P+K-0,6-7 | 7,86 b | P+K-0,6-3 | 7,36 b |
| P-0-5 | 7,85 b | P-0,8-1 | 7,35 b |
| K-0-5 | 7,85 b | P-1,0-1 | 7,29 b |
| P+K-0-5 | 7,85 b | K-1,0-1 | 7,29 b |
| P-0-1 | 7,79 b | K-1,0-3 | 7,29 b |
| K-0-1 | 7,79 b | K-1,0-5 | 7,29 b |
| P+K-0-1 | 7,79 b | P-1,0-3 | 7,14 b |
| P+K-0,8-7 | 7,79 b | P-0,6-3 | 7,07 b |
| P+K-0,8-5 | 7,73 b | TEST. | 7,07 b |
| P-1,0-7 | 7,64 b | P-0,8-3 | 7,00 b |
| P+K-1,0-5 | 7,64 b | K-0,6-3 | 7,00 b |
| P+K-1,0-7 | 7,64 b | P+K-0,8-1 | 7,00 b |
| K-0,8-1 | 7,57 b | P+K-0,8-3 | 7,00 b |
| P+K-0,6-5 | 7,57 b | K-0,8-3 | 6,93 b |
| P-0,6-5 | 7,50 b | P+K-1,0-3 | 6,93 b |
| K-0,6-1 | 7,50 b | | |

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.3 Primeira Contagem de Germinação – PCG

O resumo da análise de variância realizada para primeira contagem de germinação, em função das diferentes concentrações, solutos e tempos, é apresentado na Tabela 3A.

O efeito do priming na velocidade de germinação variou em função da concentração e do tipo de soluto, bem como do tempo de embebição.

O soluto PEG (P), com exceção da concentração -0,6 MPa no tempo de um dia de embebição propiciou resultados superiores de primeira contagem evidenciando o efeito benéfico do priming com o soluto PEG na velocidade de germinação. O soluto PEG+KNO₃ (P+K) foi inferior em relação aos solutos PEG (P) e KNO₃ (K) na concentração de -0,6 MPa no períodos de um dia, na concentração de -0,8 MPa por cinco dias e por períodos de sete dias de embebição independente da concentração (Tabela 5).

TABELA 5 Valores médios de Primeira Contagem de Germinação (PCG), das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

| Tempo | Concentração(MPa) | Solutos ¹ | | | Erro padrão |
|-------|-------------------|----------------------|---------|---------|-------------|
| | | P(S1) | K(S2) | P+K(S3) | |
| 1 | -1,00 | 105,00A | 101,50A | 101,25A | 2,68 |
| | -0,80 | 94,25A | 99,50A | 101,75A | |
| | -0,60 | 95,50B | 105,75A | 85,50C | |
| | 0,00 | 93,50A | 93,50A | 93,50A | |
| 3 | -1,00 | 106,25A | 100,00B | 96,50B | |
| | -0,80 | 102,50A | 99,00A | 95,50A | |
| | -0,60 | 92,75A | 100,25A | 94,25A | |
| | 0,00 | 100,50A | 100,50A | 100,50A | |
| 5 | -1,00 | 97,50A | 90,75A | 97,25A | |
| | -0,80 | 108,50A | 101,25A | 93,25B | |
| | -0,60 | 102,25A | 96,50A | 96,25A | |
| | 0,00 | 85,25A | 85,25A | 85,25A | |
| 7 | -1,00 | 110,00A | 96,00B | 76,00C | |
| | -0,80 | 102,00A | 101,00A | 78,75B | |
| | -0,60 | 100,25A | 96,25A | 89,00B | |
| | 0,00 | 77,00A | 77,00A | 77,00A | |

¹Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se pelas Figuras 3, A; B; C e D o comportamento da variável primeira contagem de germinação em função dos tempos analisados (1; 3; 5 e 7 dias) para as combinações da concentração -1,0 MPa, -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa, respectivamente, para com os solutos PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3).

Observa-se maior velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico com PEG à medida que foi aumentado o tempo de embebição, já para os outros solutos houve efeito negativo na velocidade de germinação com o aumento do tempo de embebição. Esse mesmo efeito foi observado independente da concentração das soluções (Figuras 3, A; B; C e D).

Pela Figura 3 D, pode-se observar o comportamento dos tratamentos de concentração 0,0 MPa, ou seja, as sementes condicionadas em água, o qual se observa uma tendência de uma parábola. Vale ressaltar que ao quinto e sétimo dia ocorreu protrusão radicular (dado não apresentado). Comparando-se com a testemunha (Tabela 6) verifica-se que as sementes condicionadas em água por três dias possuem desempenho superior a testemunha, já com um e cinco dias são iguais e com sete dias inferiores testemunha.

Observa-se pelas Figuras 4, A; B; C e D, o comportamento da variável primeira contagem de germinação em função das concentrações analisadas (-1,0 MPa, -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa) com as soluções de PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3), para as combinações de tempos um, três, cinco e sete dias, respectivamente. Observa-se de modo geral uma tendência de maior velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico com o soluto PEG (S1) em maiores concentrações e situação contrária para o soluto KNO₃ (S2).

Em comparação de todos os tratamentos com a testemunha (Tabela 6) verifica-se que vários tratamentos foram superiores, sendo que os melhores resultados concentraram para o soluto PEG (S1) nos períodos de três, cinco e sete dias e para o soluto KNO₃ (S2) nos períodos de um e três dias, independente da concentração.

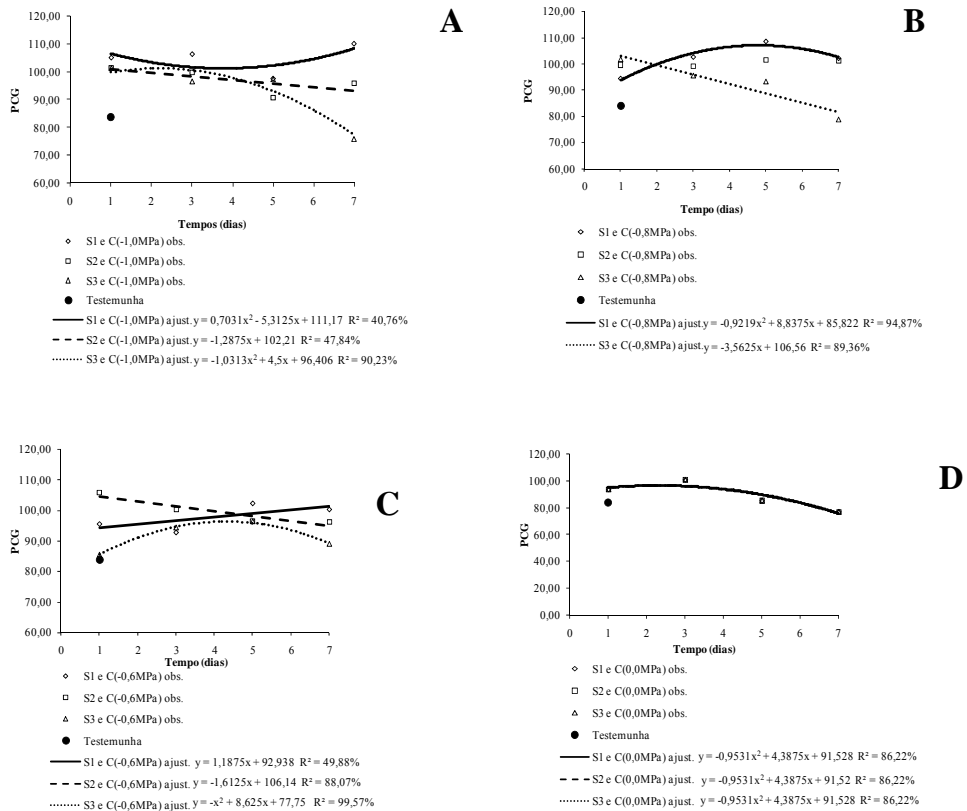


FIGURA 3 Estimativa de Primeira Contagem de Germinação (PCG) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos de embebição analisados.

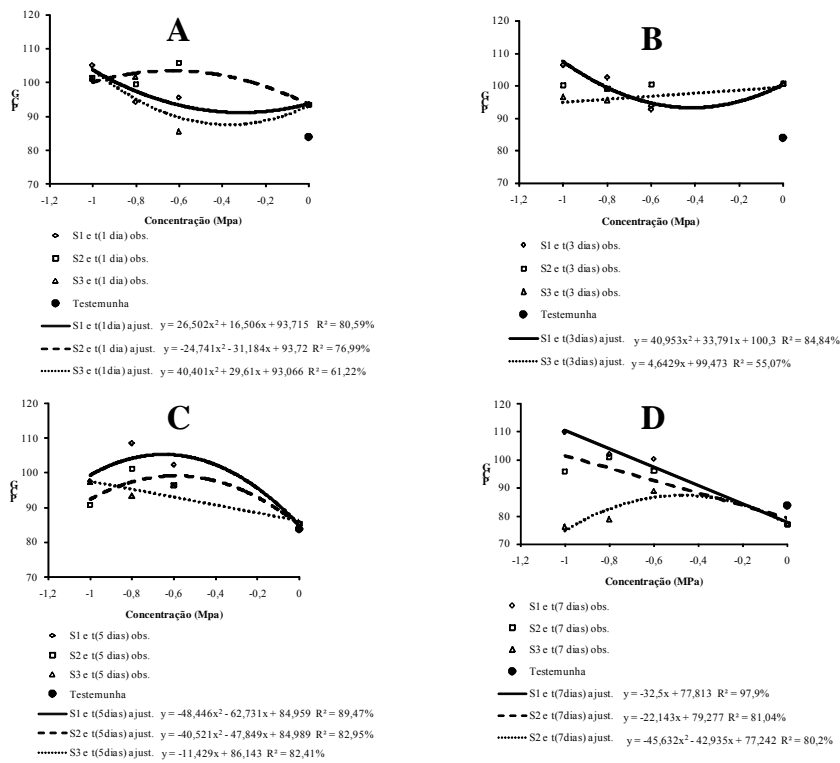


FIGURA 4 Estimativa de Primeira Contagem de Germinação (PCG) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função das concentrações analisadas.

TABELA 6 Valores médios de Primeira Contagem de germinação (PCG) das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de todos os 49 tratamentos.

| Legenda | Média* | Legenda | Média* |
|----------------|---------------|----------------|----------------|
| P-1,0-7 | 110,00 a | K-0,6-7 | 96,25 b |
| P-0,8-5 | 108,50 a | P+K-0,6-5 | 96,25 b |
| P-1,0-3 | 106,25 a | K-1,0-7 | 96,00 b |
| K-06-1 | 105,75 a | K-1,0-5 | 90,75 b |
| P-1,0-1 | 105,00 a | P-0,6-1 | 95,50 b |
| P-0,8-3 | 102,50 a | P+K-0,8-3 | 95,50 b |
| P-0,6-5 | 102,25 a | P+K-0,6-3 | 94,25 b |
| P-0,6-7 | 100,25 a | P-0,8-1 | 94,25 b |
| P-0,8-7 | 102,00 a | P-0-1 | 93,50 c |
| P+K-0,8-1 | 101,75 a | K-0-1 | 93,50 c |
| K-1,0-1 | 101,50 a | P+K-0-1 | 93,50 c |
| K-0,8-5 | 101,25 a | P+K-0,8-5 | 93,25 c |
| P+K-1,0-1 | 101,25 a | P-0,6-3 | 92,75 c |
| K-0,8-7 | 101,00 a | P+K-0,6-7 | 89,00 c |
| K-06-3 | 100,25 a | P-0-5 | 85,75 c |
| P-0-3 | 100,50 a | K-0-5 | 85,50 c |
| K-0-3 | 100,50 a | P+K-0-5 | 85,75 c |
| P+K-0-3 | 100,50 a | TEST. | 85,75 c |
| K-1,0-3 | 100,00 a | P+K-0,6-1 | 85,50 c |
| K-0,8-1 | 99,50 b | P+K-0,8-7 | 78,75 d |
| K-0,8-3 | 99,00 b | P-0-7 | 77,00 d |
| P-1,0-5 | 97,50 b | K-0-7 | 77,00 d |
| P+K-1,0-5 | 97,25 b | P+K-0-7 | 77,00 d |
| K-06-5 | 96,50 b | P+K-1,0-7 | 76,00 d |
| P+K-1,0-3 | 96,50 b | | |

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.4 Germinação

O resumo da análise de variância realizada para germinação das sementes, em função das diferentes concentrações, solutos e tempos, é apresentado na Tabela 4 A.

Os valores médios de germinação (número de sementes germinadas/ 0,05 gramas de sementes) em função de diferentes solutos, concentrações e tempos analisados são apresentados na Tabela 7. Verifica-se nessa tabela, ao contrário da primeira contagem (Tabela 5) onde houve destaque para o soluto PEG (S1) para todos os tempos de embebição e todas as concentrações, a germinação foi afetada negativamente nos primeiros tempos de embebição em PEG (S1) e nos últimos tempos (cinco e sete dias) para embebição em KNO₃ (S2).

TABELA 7 Valores médios de Germinação (GERM), das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

| Tempo | Concentração(MPa) | Solutos ¹ | | | Erro padrão |
|-------|-------------------|----------------------|---------|---------|-------------|
| | | P(S1) | K(S2) | P+K(S3) | |
| 1 | -1,00 | 107,00A | 105,50A | 107,25A | 2,07 |
| | -0,80 | 96,50B | 109,50A | 105,25A | |
| | -0,60 | 100,75B | 110,25A | 103,00B | |
| | 0,00 | 97,25A | 97,25A | 97,25A | |
| 3 | -1,00 | 110,50A | 110,00A | 101,25B | |
| | -0,80 | 107,00A | 110,00A | 104,25A | |
| | -0,60 | 100,50B | 108,25A | 108,25A | |
| | 0,00 | 105,00A | 105,00A | 105,00A | |
| 5 | -1,00 | 101,75B | 99,75B | 107,00A | |
| | -0,80 | 113,25A | 110,50A | 104,50B | |
| | -0,60 | 110,25A | 109,50A | 106,00A | |
| | 0,00 | 77,50A | 77,50A | 77,50A | |
| 7 | -1,00 | 116,00A | 97,25B | 76,25C | |
| | -0,80 | 109,25A | 102,00B | 100,25B | |
| | -0,60 | 106,50A | 101,00A | 105,00A | |
| | 0,00 | 64,75A | 64,75A | 64,75A | |

¹ Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se pelas Figuras 5, A; B; C e D o comportamento da variável germinação em função dos tempos analisados (1; 3; 5 e 7 dias) para as combinações da concentração -1,0 MPa, -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa, respectivamente, para com os solutos PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3). Verifica-se um comportamento diferencial entre os solutos, onde as sementes condicionadas em PEG apresentaram germinação maior em relação às condicionadas em KNO₃ e PEG+KNO₃, nos maiores tempos (Figuras 5, A; B; C e D), independente da concentração. Sendo que a germinação foi afetada quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em solução de PEG (S1) nas concentrações de -0,6 MPa e -0,8 MPa nos menores períodos de embebição (Figuras 5B e 5C) e em solução de PEG+KNO₃ (S3) na concentração de -1,0 MPa a medida que se aumentou o período de embebição (Figura 5A). Já para a concentração de -0,0 MPa (Figura 5D) verifica-se uma tendência de queda da germinação com o aumento do tempo de embebição das sementes.

Observa-se pelas Figuras 6, A; B; C e D, o comportamento da variável germinação em função das concentrações analisadas (-1,0 MPa, -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa) com as soluções de PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3), para as combinações de tempos um, três, cinco e sete dias, respectivamente.

Ao comparar a germinação de todos os tratamentos com a testemunha (Tabela 8) verifica-se que vários tratamentos foram superiores, sendo que, os melhores resultados concentraram independente da concentração, para o condicionamento das sementes em solução de PEG (S1) nos maiores tempos de embebição e em solução de KNO₃ (S2) nos menores tempos.

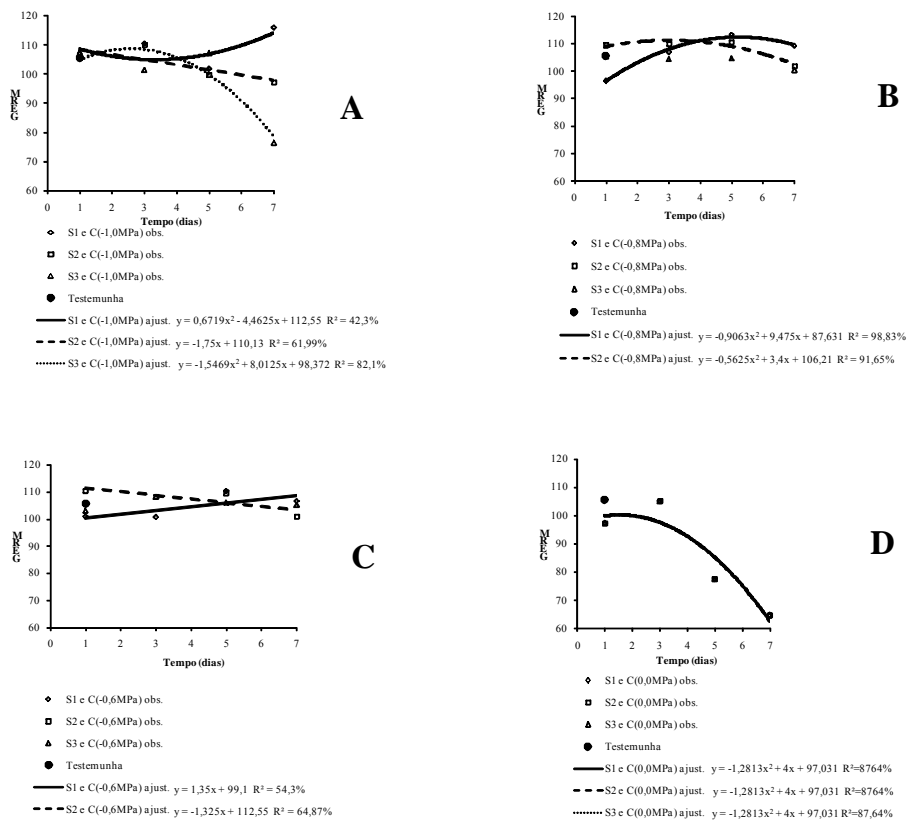


FIGURA 5 Estimativa de Germinação (GERM) das sementes de eucalypto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos de embebição analisados.

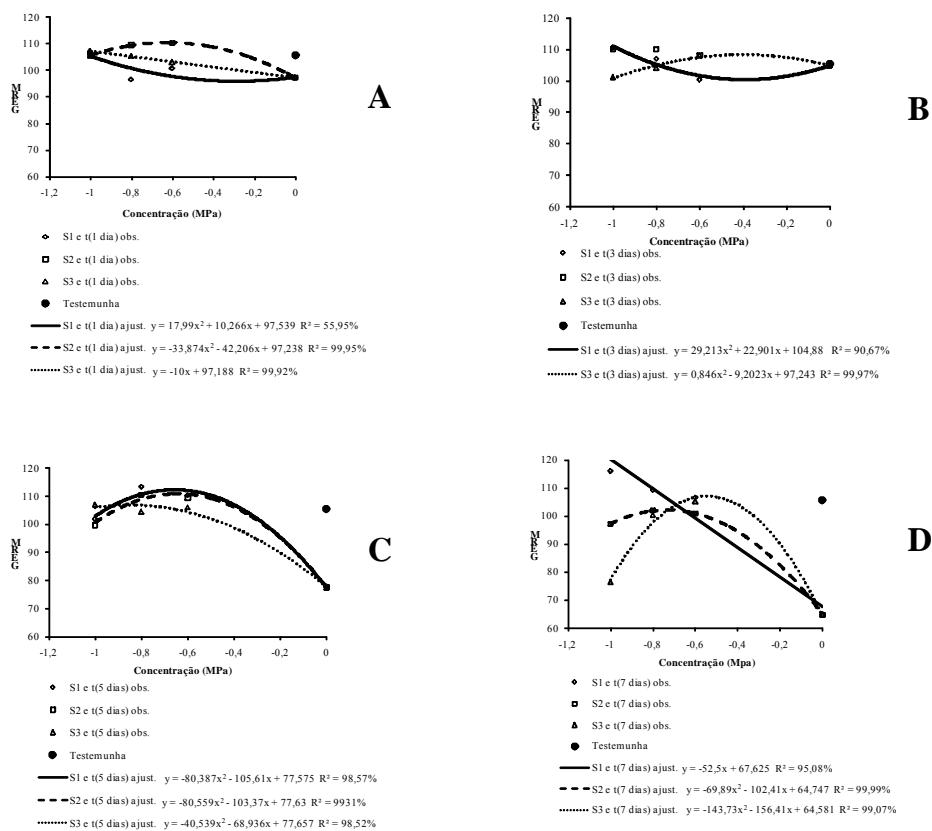


FIGURA 6 Estimativa de Germinação (GERM) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função das concentrações analisadas.

TABELA 8 Valores médios de Germinação (GERM) das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de todos os 49 tratamentos.

| Legenda | Média* | Legenda | Média* |
|----------------|-----------------|----------------|---------------|
| P-1-7 | 116,00 a | P+K-0,6-7 | 105,00 b |
| P-0,8-5 | 113,25 a | P+K-0,8-5 | 104,50 b |
| P-1-3 | 110,50 a | P+K-0,8-3 | 104,25 b |
| K-0,8-5 | 110,50 a | P+K-0,6-1 | 103,00 c |
| P-0,6-5 | 110,25 a | K-0,8-7 | 102,00 c |
| K-06-1 | 110,25 a | P-1-5 | 101,75 c |
| K-0,8-3 | 110,00 a | P-0,6-1 | 100,75 c |
| K-1-3 | 110,00 a | P-0,6-3 | 100,50 c |
| K-06-5 | 109,50 a | P+K-1-3 | 101,25 c |
| P-0,8-7 | 109,25 a | P+K-0,8-7 | 100,25 c |
| K-0,8-1 | 109,50 a | K-0,6-7 | 101,00 c |
| K-06-3 | 108,25 b | K-1-5 | 99,75 c |
| P+K-0,6-3 | 108,25 b | P-0-1 | 97,25 c |
| P+K-1-1 | 107,25 b | K-0-1 | 97,25 c |
| P-1-1 | 107,00 b | K-1-7 | 97,25 c |
| P-0,8-3 | 107,00 b | P+K-0-1 | 97,25 c |
| P+K-1-5 | 107,00 b | P-0,8-1 | 96,50 c |
| P-0,6-7 | 106,50 b | P-0-5 | 77,50 d |
| P+K-0,6-5 | 106,00 b | K-0-5 | 77,50 d |
| K-1-1 | 105,50 b | P+K-0-5 | 77,50 d |
| TEST. | 105,50 b | P+K-1-7 | 76,25 d |
| P+K-0,8-1 | 105,25 b | P-0-7 | 64,75 d |
| P-0-3 | 105,00 b | K-0-7 | 64,75 d |
| K-0-3 | 105,00 b | P+K-0-7 | 64,75 d |
| P+K-0-3 | 105,00 b | | |

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.5 Índice de Velocidade de Germinação – IVG

O resumo da análise de variância realizada para índice de velocidade de germinação (IVG), em função das diferentes concentrações, solutos e tempos, é apresentado na Tabela 5A. Verifica-se que o efeito do condicionamento fisiológico variou em função da concentração, do tipo de soluto e do tempo de embebição.

Os valores médios de IVG em função do efeito dos diferentes solutos são apresentados na Tabela 9. De um modo geral índices de velocidade de germinação mais elevados foram encontrados quando se utilizaram os solutos PEG e KNO₃. O tratamento correspondente as sementes condicionadas em soluções de PEG+KNO₃ (S3) foi o que apresentou pior desempenho.

TABELA 9 Valores médios de Índice de Velocidade de Germinação (IVG), das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

| Tempo | Concentração (MPa) | Solutos ¹ | | | Erro padrão |
|-------|--------------------|----------------------|--------|---------|-------------|
| | | P(S1) | K(S2) | P+K(S3) | |
| 1 | -1,00 | 41,18A | 37,48A | 40,29A | 1,19 |
| | -0,80 | 31,73C | 42,17A | 37,63B | |
| | -0,60 | 29,07C | 41,69A | 36,30B | |
| | 0,00 | 37,51A | 37,51A | 37,51A | |
| 3 | -1,00 | 48,28A | 49,68A | 43,44B | |
| | -0,80 | 50,63A | 50,75A | 43,68B | |
| | -0,60 | 44,89B | 51,62A | 43,96B | |
| | 0,00 | 48,69A | 48,69A | 48,69A | |
| 5 | -1,00 | 49,56A | 50,10A | 48,76A | |
| | -0,80 | 56,24B | 68,66A | 44,94C | |
| | -0,60 | 53,95B | 57,67A | 45,86C | |
| | 0,00 | 32,05A | 32,05A | 32,05A | |
| 7 | -1,00 | 52,27A | 42,90B | 27,13C | |
| | -0,80 | 53,96A | 47,71B | 29,95C | |
| | -0,60 | 52,80A | 51,52A | 36,36B | |
| | 0,00 | 25,36A | 25,36A | 25,36A | |

¹ Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

O comportamento da variável IVG em função dos tempos de embebição analisados (1; 3; 5 e 7 dias) para as combinações de concentrações (-1,0 MPa; -0,8 MPa; -0,6 MPa e 0,0 MPa) e solutos (PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3)) pode ser verificado pelas Figuras 7, A; B; C e D.

Observa-se pelos gráficos (A; B; C e D) da figura 7, a estimativa de IVG em função dos tempos de embebição para as combinações concentração/soluto, que os tratamentos correspondentes aos diferentes tipos de solutos apresentaram um comportamento intermediário, independente das concentrações analisadas. De um modo geral os maiores valores de IVG, ou seja, melhores resultados concentraram-se entre os tempos de três e cinco dias de embebição para os diferentes tipos de solutos, com exceção, para o soluto PEG na concentração de -1,0 MPa o qual é superior em maiores períodos de embebição (Figura 7A) e também para as sementes condicionadas em água (0,0MPa) as quais apresentaram uma tendência de decréscimo com o aumento do período de embebição (Figura 7D).

Pelas Figuras 8 A; B; C e D pode-se observar os valores médios de IVG em função das combinações soluto/tempo para os diferentes potenciais hídricos analisados.

Há uma tendência de melhor desempenho de IVG para os tratamentos correspondentes a combinação soluto PEG (S1) na concentração de -1,0 MPa e soluto KNO₃ (S2) nas concentrações de -0,8 MPa e -0,6 MPa, para os períodos de embebição de um, cinco e sete dias (Figuras 8 A; B; C e D).

Ao comparar todos os tratamentos com a testemunha, Tabela 10, verifica-se que muitos tratamentos foram superiores a semente não condicionada (testemunha), porém os tratamentos correspondentes aos melhores resultados de IVG foram quando se utilizou das combinações de soluto KNO₃ para período de

cinco dias nas concentrações de -0,8 MPa e -0,6 MPa e o soluto PEG no período de cinco dias na concentração de -0,8 MPa.

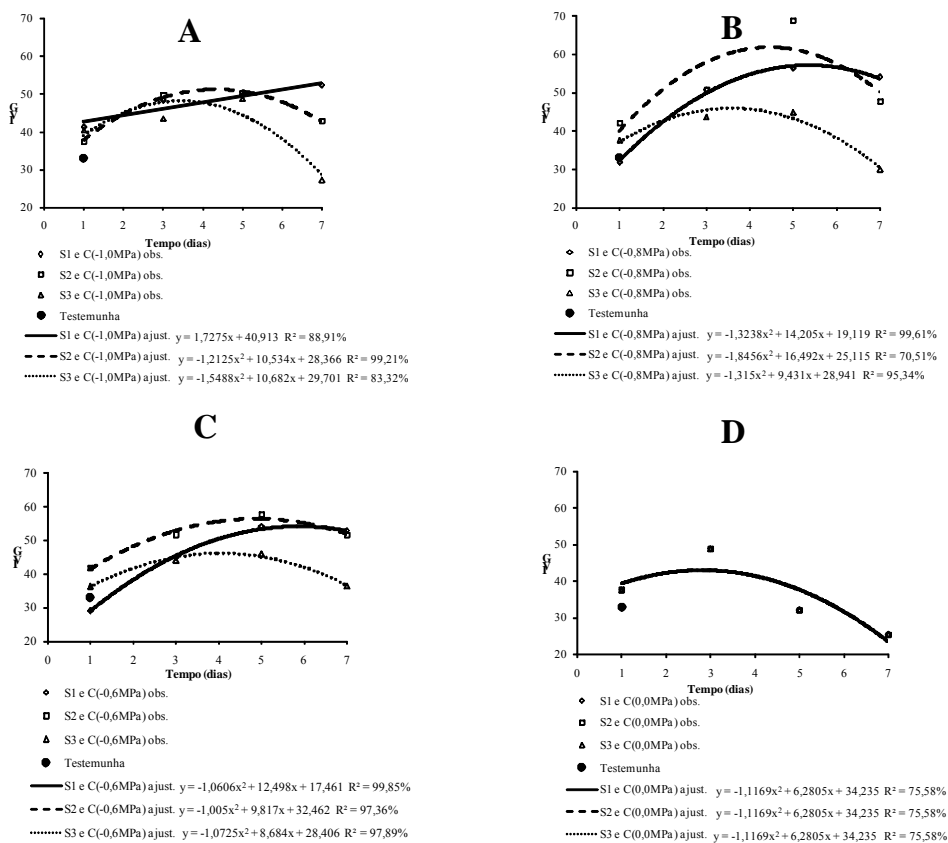


FIGURA 7 Estimativa de Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de eucalypto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos de embebição analisados.

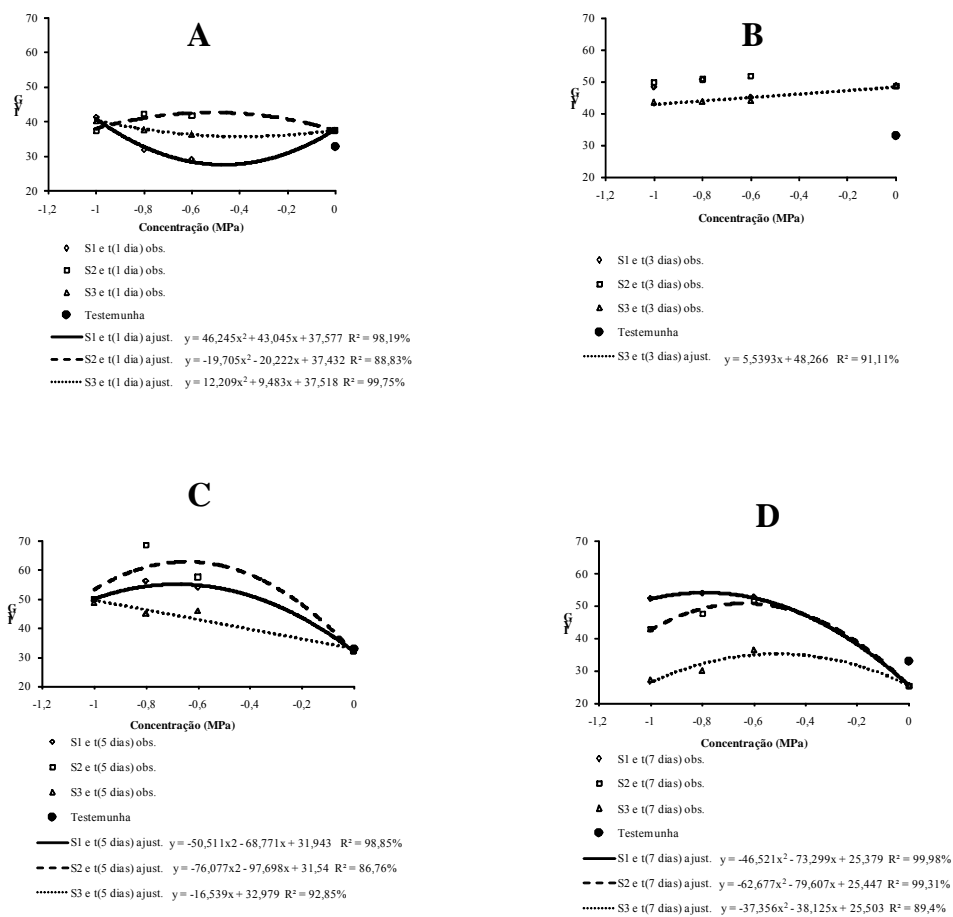


FIGURA 8 Estimativa de Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função das concentrações analisadas.

TABELA 10 Valores médios de Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de todos os 49 tratamentos.

| Legenda | Média* | Legenda | Média* |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
| K-0,8-5 | 68,66 a | P+K-1,0-3 | 43,44f |
| P-0,8-5 | 56,24 b | K-1,0-7 | 42,90f |
| K-06-5 | 57,67 b | K-06-1 | 41,69f |
| P-0,8-7 | 53,96 c | P-1,0-1 | 41,18f |
| P-0,6-5 | 53,95 c | K-0,8-1 | 42,17f |
| P-0,6-7 | 52,80 c | P+K-1,0-1 | 40,29f |
| P-1,0-7 | 52,27 c | P+K-0,8-1 | 37,63g |
| K-06-3 | 51,62 c | P-0-1 | 37,51g |
| K-0,6-7 | 51,52 c | K-0-1 | 37,51g |
| K-0,8-3 | 50,75 c | P+K-0-1 | 37,51g |
| P-0,8-3 | 50,63 c | K-1,0-1 | 37,48g |
| K-1,0-5 | 50,10 c | P+K-0,6-7 | 36,36g |
| K-1,0-3 | 49,68 d | P+K-0,6-1 | 36,30g |
| P-1,0-5 | 49,56 d | TEST. | 32,92h |
| P+K-1-5 | 48,76 d | P-0-5 | 32,05h |
| P-0-3 | 48,69 d | K-0-5 | 32,05h |
| K-0-3 | 48,69 d | P+K-0-5 | 32,05h |
| P+K-0-3 | 48,69 d | P-0,8-1 | 31,73h |
| P-1,0-3 | 48,28 d | P+K-0,8-7 | 29,95i |
| K-0,8-7 | 47,71 d | P-0,6-1 | 29,07i |
| P+K-0,6-5 | 45,86 e | P+K-1,0-7 | 27,13i |
| P+K-0,8-5 | 44,94 e | P-0-7 | 25,36j |
| P-0,6-3 | 44,89 e | K-0-7 | 25,36j |
| P+K-0,6-3 | 43,96 f | P+K-0-7 | 25,36j |
| P+K-0,8-3 | 43,68 f | | |

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.6 Emergência

O resumo da análise de variância realizada para emergência, número de plântulas emergidas em 0,05 gramas de sementes, em função das diferentes concentrações, solutos e tempos, é apresentado na Tabela 6 A.

Verifica-se efeitos significativos para os fatores soluto/concentração/tempo e nas interações.

Os valores médios de emergência em função de diferentes solutos, para as combinações concentrações e tempos analisados são apresentados na Tabela 11. Verifica-se que para a concentração 0,0 MPa não há diferença estatística significativa. Isso já era de se esperar já que para este tratamento as sementes são condicionadas em água. Também não há efeito significativo para os diferentes solutos combinados nas concentrações de -1,0 MPa, -0,8 MPa por cinco dias e -1,0 MPa e -0,6 MPa por sete dias de embebição. Já o soluto PEG (S1) em relação aos solutos KNO_3 (S2) e PEG+ KNO_3 (S3), obteve melhor resultado para a combinação concentração/período de embebição: -0,8 MPa por três dias e piores resultados para -0,8 MPa, -0,6 MPa por um dia, -0,6 MPa por três dias, -0,8 MPa por sete dias. O soluto KNO_3 (S2) propicia piores resultados quando submetidos aos tratamentos de -1,0 MPa por um e três dias e -0,8 MPa por três dias e -0,6 MPa por 5 dias de condicionamento fisiológico. Entretanto o soluto apresenta menor desempenho para os tratamentos de -0,8 MPa por 3 dias e 0,6 MPa por um dia de embebição. Mais uma vez os melhores tratamentos corresponderam aos quais se utilizaram os solutos PEG e KNO_3 .

TABELA 11 Valores médios de Emergência (EMERG), das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

| Tempo | Concentração(MPa) | Solutos ¹ | | | Erro padrão |
|-------|-------------------|----------------------|---------|---------|-------------|
| | | P(S1) | K(S2) | P+K(S3) | |
| 1 | -1,00 | 82,50A | 55,00B | 76,50A | 2,75 |
| | -0,80 | 60,50C | 89,50B | 102,25A | |
| | -0,60 | 56,50C | 95,50A | 82,50B | |
| | 0,00 | 87,00A | 87,00A | 87,00A | |
| 3 | -1,00 | 102,25A | 91,00B | 100,25A | |
| | -0,80 | 105,25A | 92,25B | 98,50B | |
| | -0,60 | 92,25B | 104,75A | 99,00A | |
| | 0,00 | 102,25A | 102,25A | 102,25A | |
| 5 | -1,00 | 104,25A | 101,00A | 103,00A | |
| | -0,80 | 107,50A | 104,25A | 105,50A | |
| | -0,60 | 104,25A | 93,75B | 106,00A | |
| | 0,00 | 65,75A | 65,75A | 65,75A | |
| 7 | -1,00 | 95,00A | 89,00A | 88,50A | |
| | -0,80 | 94,00B | 101,50A | 105,50A | |
| | -0,60 | 98,25A | 98,25A | 95,00A | |
| | 0,00 | 53,00A | 53,00A | 53,00A | |

¹ Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Pelas figuras 9 A; B; C e D observam-se o comportamento das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento fisiológico em função das combinações solutos x tempos de embebição em relação a todos as concentrações analisados separadamente para estas interações.

Verifica-se que houve um aumento significativo de emergência até o quinto dia de embebição para os solutos PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3) independente da concentração, com exceção para o soluto KNO₃ (S2) na concentração de -0,6 MPa e soluto PEG+KNO₃ (S3) na concentração de -0,8 MPa (Figuras 9 A; B; C).

Para sementes condicionadas em água, correspondentes a concentração de 0,0 MPa (Figura 9D) observa-se uma tendência de queda da emergência a medida que se aumenta o período de condicionamento fisiológico. Vale ressaltar

que a partir do quinto dia de embebição houve protrusão radicular (dados não apresentados). Em relação à testemunha sementes condicionadas em água são superiores ao período de um dia e três dias de embebição, sendo que o tempo de um dia é inferior ao terceiro dia (Tabela 12).

Pelas Figuras 12 A; B; C e D observa-se o comportamento das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento fisiológico em função das combinações solutos x concentrações em relação a todos os tempos de embebição analisados separadamente para estas interações.

Há uma tendência de melhores resultados de emergência quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em solução de PEG na concentração -1,0 MPa por períodos de até sete dias (Figuras 12 A; B; C; D) e em solução de KNO_3 -0,8 MPa e -0,6 MPa por períodos de até sete dias (Figuras 12 A; B; D) e em solução KNO_3 -1,0 MPa por cinco dias (Figura 10 C).

Verifica-se que vários tratamentos apresentaram uma maior emergência ao comparar com a testemunha, com destaque para os tratamentos que foram submetidos ao condicionamento fisiológico em solução de PEG (S1), KNO_3 (S2) e PEG+ KNO_3 (S3) por um período de cinco dias de embebição (Tabela 12).

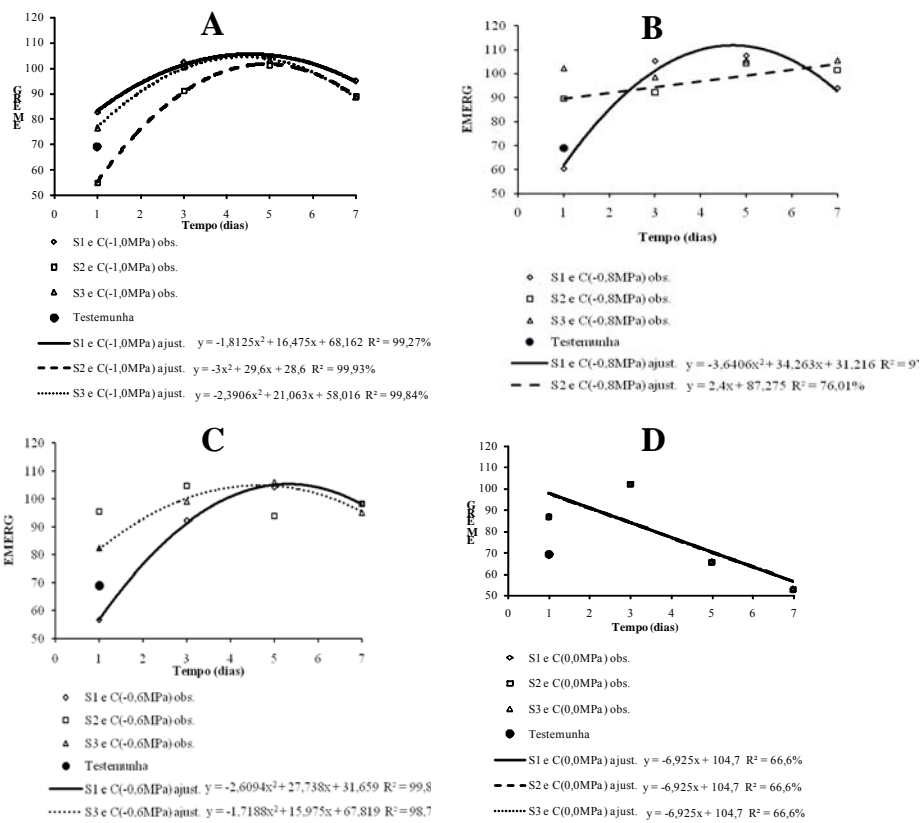


FIGURA 9 Estimativa de Emergência (EMERG) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos de embebição analisados.

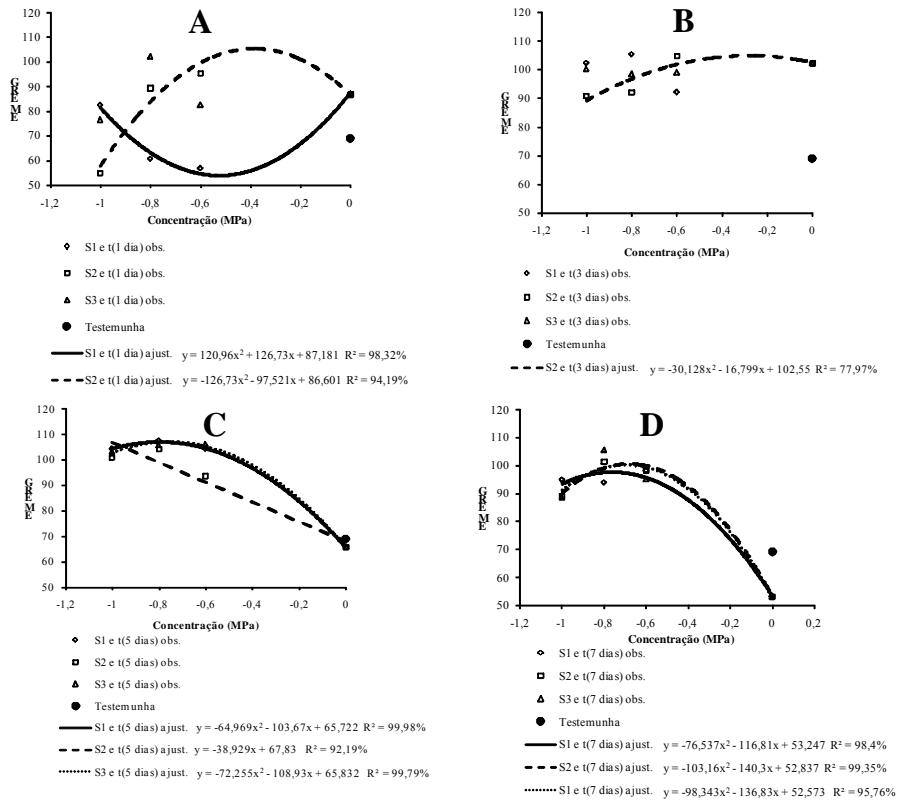


FIGURA 10 Estimativa de Emergência (EMERG) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função das concentrações analisadas.

TABELA 12 Valores médios de Emergência (EMERG) das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de todos os 49 tratamentos.

| Legenda | Média* | Legenda | Média* |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
| P-0,8-5 | 107,50 a | P-0,8-7 | 94,00b |
| P+K-0,6-5 | 106,00 a | K-06-5 | 93,75b |
| P+K-0,8-5 | 105,50 a | P-0,6-3 | 92,25b |
| P+K-0,8-7 | 105,50 a | K-0,8-3 | 92,25b |
| P-0,8-3 | 105,25 a | K-1-3 | 91,00b |
| K-06-3 | 104,75 a | K-0,8-1 | 89,50b |
| P-0,6-5 | 104,25 a | K-1-7 | 89,00b |
| P-1-5 | 104,25 a | P+K-1-7 | 88,50b |
| K-0,8-5 | 104,25 a | P-0-1 | 87,00b |
| P+K-1-5 | 103,00 a | K-0-1 | 87,00b |
| K-0,8-7 | 101,50 a | P+K-0-1 | 87,00b |
| P-0-3 | 102,25 a | P-1-1 | 82,50c |
| P-1-3 | 102,25 a | P+K-0,6-1 | 82,50c |
| K-0-3 | 102,25 a | P+K-1-1 | 76,50d |
| P+K-0,8-1 | 102,25 a | TEST. | 69,00d |
| P+K-0-3 | 102,25 a | P-0-5 | 65,75d |
| K-1-5 | 101,00 a | K-0-5 | 65,75d |
| P+K-1-3 | 100,25 a | P+K-0-5 | 65,75d |
| P+K-0,6-3 | 99,00 a | P-0,8-1 | 60,50e |
| P+K-0,8-3 | 98,50 a | P-0,6-1 | 56,50e |
| K-06-1 | 95,50 a | K-1-1 | 55,00e |
| P-0,6-7 | 98,25 a | P-0-7 | 53,00e |
| K-0,6-7 | 98,25 a | K-0-7 | 53,00e |
| P-1-7 | 95,00 b | P+K-0-7 | 53,00e |
| P+K-0,6-7 | 95,00 b | | |

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.7 Índice de Velocidade de Emergência – IVE

O resumo da análise de variância realizada para índice de velocidade de emergência (IVE), em função das diferentes concentrações, solutos e tempos, é apresentado na tabela 7A.

Verifica-se que ocorreram efeitos significativos, tanto para as interações duplas e triplas assim como para os fatores isolados soluto, concentração e tempo.

Os valores médios de IVG para avaliar o efeito dos diferentes solutos ao longo das concentrações e tempos de condicionamento fisiológico estão apresentados na Tabela 13. Verifica-se que para as sementes submersas em solução de concentração de -1,0 MPa por períodos de três, cinco e sete dias; na concentração de -0,8 por cinco e sete dias; na concentração de -0,6MPa por cinco dias e a 0,0 MPa nos períodos analisados não há diferenças estatísticas quanto ao tipo de soluto utilizado. Para as concentrações de -1,0 MPa por um dia de embebição e -0,8 MPa por três dias, piores resultados são encontrados para o soluto KNO_3 (S2). Piores resultados também são encontrados para o soluto PEG (S1) nas concentrações de -0,8 MPa e -0,6 MPa por períodos de um dia de condicionamento fisiológico e na concentração de -0,6MPa por três dias. Já para concentração de -0,6 MPa por sete dias melhor desempenho é notado para o soluto KNO_3 (S2).

TABELA 13 Valores médios de Índice de Velocidade de Emergência (IVE), das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

| Tempo | Concentração(MPa) | Solutos ¹ | | | Erro padrão |
|-------|-------------------|----------------------|--------|---------|-------------|
| | | P(S1) | K(S2) | P+K(S3) | |
| 1 | -1,00 | 23,13A | 12,16C | 17,72B | 1,10 |
| | -0,80 | 13,75B | 20,61A | 22,95A | |
| | -0,60 | 13,90B | 25,12A | 24,42A | |
| | 0,00 | 27,04A | 27,04A | 27,04A | |
| 3 | -1,00 | 34,95A | 32,93A | 32,64A | |
| | -0,80 | 33,92A | 25,89B | 31,68A | |
| | -0,60 | 27,75B | 35,73A | 35,66A | |
| | 0,00 | 23,60A | 23,60A | 23,60A | |
| 5 | -1,00 | 40,17A | 38,12A | 38,37A | |
| | -0,80 | 40,11A | 39,30A | 38,57A | |
| | -0,60 | 37,24A | 35,55A | 38,43A | |
| | 0,00 | 24,52A | 24,52A | 24,52A | |
| 7 | -1,00 | 30,55A | 28,95A | 28,50A | |
| | -0,80 | 32,67A | 35,69A | 33,02A | |
| | -0,60 | 33,80B | 37,23A | 32,10B | |
| | 0,00 | 34,30A | 34,30A | 34,30A | |

¹Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Pelas Figuras 11 A; B; C e D observam-se o comportamento das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento fisiológico em função das combinações solutos x tempos de embebição em relação a todos as concentrações analisados separadamente para estas interações.

Assim como para o teste de emergência, para o teste de IVE de um modo geral verifica-se uma tendência de melhores resultados quando as sementes foram condicionadas para os diferentes tipos de solutos: PEG (S1), KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3) ao longo de três a cinco dias de embebição, independente da concentração.

Pela Figura 11 D, verifica-se uma tendência de aumento do IVE após o quinto dia de embebição para sementes condicionadas em água (concentração de 0,0 MPa). Em relação à testemunha todos os tempos de embebição são superiores, porém o melhor desempenho é para sementes condicionadas em água por sete dias (Tabela 14). Vale ressaltar que a partir do quinto dia de embebição ocorreu protrusão radicular, portanto considera-se o período de três dias o mais eficiente para as sementes condicionadas em água.

Pelas Figuras 12 A; B; C e D verificam-se o comportamento das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento fisiológico em função das combinações solutos x concentrações em relação a todos os tempos de embebição analisados separadamente para estas interações. Houve uma tendência de maiores valores de IVE para as sementes condicionadas em solução de PEG a concentração de -1,0 MPa e em solução de KNO_3 nas concentrações de -0,8 MPa e -0,6 MPa nos períodos de um, três e sete dias de embebição (Figuras 12 A; B e D). Já para o período de cinco dias de embebição houve uma tendência de comportamento similar para os tratamentos referentes aos diferentes tipos de solutos e concentrações (Figura 12 C).

Ao comparar a testemunha com todos os tratamentos (Tabela 14) pode-se observar que todos os tratamentos foram superiores a testemunha, com exceção dos tratamentos que correspondem as sementes condicionadas por um período de um dia de embebição em solução de PEG nas concentrações de -0,6 MPa e -0,8 MPa e em solução de KNO_3 na concentração de -1,0 MPa . Verifica-se que os melhores resultados concentraram-se para o período de embebição de cinco dias.

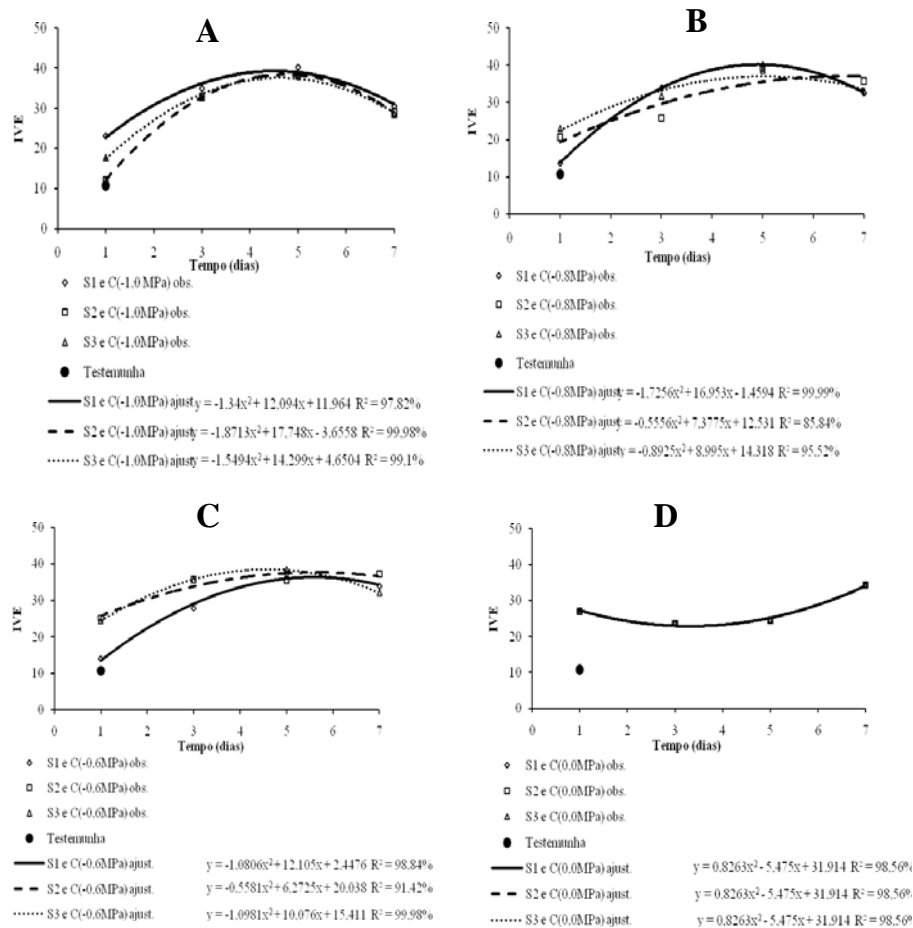


FIGURA 11 Estimativa de Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos de embebição analisados.

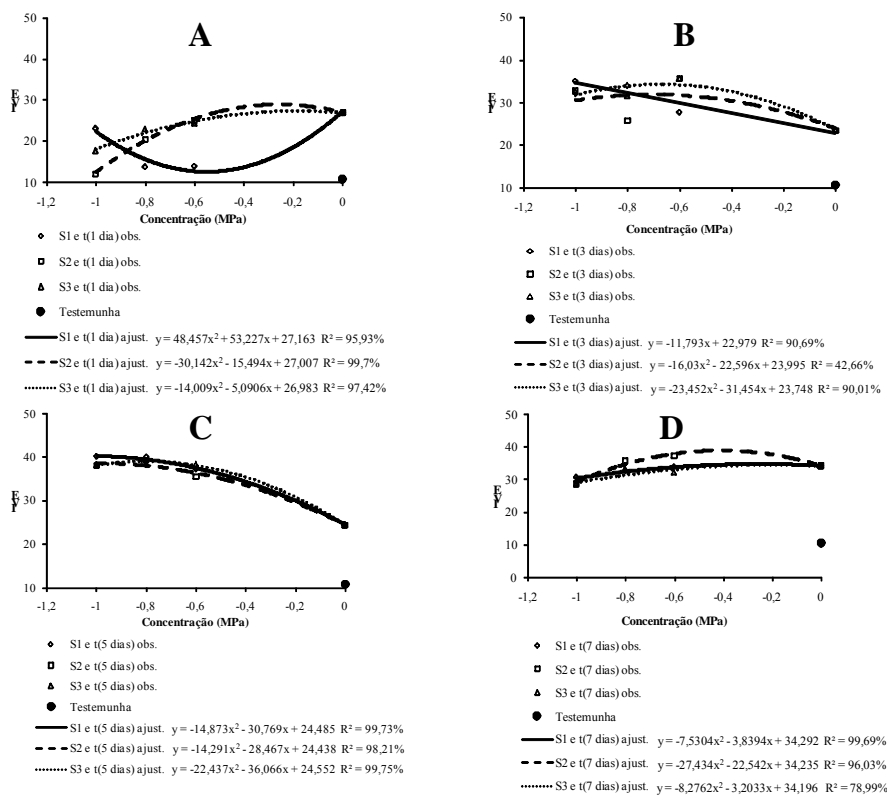


FIGURA 12 Estimativa de Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função das concentrações analisadas.

TABELA 14 Valores médios de Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das sementes de Eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de todos os 49 tratamentos.

| Legenda | Média* | Legenda | Média* |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
| P-1-5 | 40,17 a | P-1-7 | 30,55d |
| P-0,8-5 | 40,11 a | K-1-7 | 28,95d |
| K-0,8-5 | 39,30 a | P+K-1-7 | 28,50d |
| P+K-0,8-5 | 38,57 a | P-0,6-3 | 27,75d |
| P+K-0,6-5 | 38,43 a | P-0-1 | 27,04e |
| P+K-1-5 | 38,37 a | K-0-1 | 27,04e |
| K-1-5 | 38,12 a | P+K-0-1 | 27,04e |
| P-0,6-5 | 37,24 b | K-0,8-3 | 25,89e |
| K-0,6-7 | 37,23 b | P-0-5 | 24,52e |
| K-06-3 | 35,73 b | K-0-5 | 24,52e |
| K-0,8-7 | 35,69 b | P+K-0-5 | 24,52e |
| P+K-0,6-3 | 35,66 b | K-06-1 | 25,12e |
| K-06-5 | 35,55 b | P+K-0,6-1 | 24,42e |
| P-1-3 | 34,95 b | P-1-1 | 23,13f |
| P-0-7 | 34,30 c | P-0-3 | 23,60f |
| K-0-7 | 34,30 c | K-0-3 | 23,60f |
| P+K-0-7 | 34,30 c | P+K-0-3 | 23,60f |
| P-0,8-3 | 33,92 c | P+K-0,8-1 | 22,95f |
| P-0,6-7 | 33,80 c | K-0,8-1 | 20,61f |
| P+K-0,8-7 | 33,02 c | P+K-1-1 | 17,72g |
| K-1-3 | 32,93 c | P-0,6-1 | 13,90h |
| P-0,8-7 | 32,67 c | P-0,8-1 | 13,75h |
| P+K-1-3 | 32,64 c | K-1-1 | 12,16h |
| P+K-0,6-7 | 32,10 c | TEST. | 10,72h |
| P+K-0,8-3 | 31,68 c | | |

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.8 Condutividade Elétrica

O resumo da análise de variância realizada para condutividade elétrica, em função das diferentes concentrações, solutos e tempos, é apresentado na Tabela 8A.

O efeito do condicionamento fisiológico na condutividade elétrica variou em função da concentração e do tipo de soluto, bem como do tempo de embebição.

Verifica-se, pelos dados apresentados na Tabela 15, que entre os três solutos analisados não há diferença estatística entre os valores médios de condutividade elétrica para a concentração de 0,0 MPa nos tempos de condicionamento fisiológico estudados. Já os demais tratamentos apresentam mesmo comportamento, sendo que, o soluto PEG (S1) é o que obteve melhores desempenhos, o soluto KNO_3 (S2) o pior e o soluto PEG+ KNO_3 (S3) comportamento intermediário. Não há diferença estatística entre os solutos à concentração de 0,0 MPa, o que já era esperado ao se tratar de tratamentos com embebição em água destilada por diferentes períodos. Já em relação ao resultado de o soluto KNO_3 (S2) ter apresentado o pior desempenho, ou seja, apresentam maiores valores de CE, provavelmente isso se deve ao fato de o soluto ser muito iônico e mesmo após retirar as sementes do tempo de priming e lavá-las em água corrente, este procedimento não foi suficiente para lixiviar todo o KNO_3 . O mesmo ocorreu para o comportamento intermediário do soluto PEG+ KNO_3 (S3).

TABELA 15 Valores médios de Condutividade Elétrica (CE), das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

| Tempo | Concentração (MPa) | Solutos ¹ | | | Erro padrão |
|-------|--------------------|----------------------|---------|---------|-------------|
| | | P(S1) | K(S2) | P+K(S3) | |
| 1 | -1,00 | 117,50C | 397,50A | 262,50B | 17,17 |
| | -0,80 | 127,50C | 367,50A | 290,00B | |
| | -0,60 | 117,50C | 330,00A | 230,00B | |
| | 0,00 | 112,50A | 112,50A | 112,25A | |
| 3 | -1,00 | 140,00C | 497,50A | 387,50B | |
| | -0,80 | 150,00C | 432,50A | 375,00B | |
| | -0,60 | 130,00C | 372,50A | 280,00B | |
| | 0,00 | 115,00A | 115,00A | 115,00A | |
| 5 | -1,00 | 151,00C | 637,00A | 496,50B | |
| | -0,80 | 163,25C | 546,00A | 423,75B | |
| | -0,60 | 242,50C | 468,75A | 402,75B | |
| | 0,00 | 118,75A | 118,75A | 118,75A | |
| 7 | -1,00 | 160,50C | 841,75A | 526,00B | |
| | -0,80 | 171,75C | 726,75A | 467,75B | |
| | -0,60 | 132,75C | 640,75A | 427,25B | |
| | 0,00 | 96,25A | 96,25A | 96,25A | |

¹Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

O comportamento das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento fisiológico em função das combinações soluto x tempos em relação a todas as concentrações analisadas separadamente para estas interações pode ser observado pelas Figuras 13 A; B; C e D.

Ao longo dos períodos de condicionamento fisiológico verifica-se que o soluto PEG (S1) não foi significativo para as concentrações estudadas de -1,0 MPa e -0,8 MPa (Figuras 13 A e B) e para a concentração de -0,6 MPa houve uma pequena variação (Figura 13 C). Porém menores valores de CE sempre foram encontrados para o soluto PEG em comparação com a testemunha e aos solutos: KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3) (Tabela 16).

Houve uma tendência de maiores valores de CE para as sementes condicionadas em solução de KNO₃ (S2) e PEG+KNO₃ (S3), independente da

concentração, à medida que se aumentou o período de condicionamento fisiológico (Figuras 13 A, B e C)

Não houve efeito estatístico significativo para as sementes que foram condicionadas em água (0,0 MPa) ao longo dos períodos de embebição (Figura 13 D).

Pelas Figuras 14, A; B; C e D observam-se o comportamento das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento fisiológico em função das combinações solutos x concentrações em relação a todos os tempos de embebição analisados separadamente para estas interações.

Independente do período de embebição das sementes verifica-se uma tendência de decréscimo do valor de CE ao longo das concentrações analisadas, ou seja, à medida que se aproxima da concentração 0,0 MPa o valor de CE diminui (Figuras 14, A; B; C e D).

Os tratamentos correspondentes as sementes submetidas ao condicionamento fisiológico em soluto PEG (S1) independente da concentração e do tempo de embebição utilizados foram superiores a testemunha (Tabela 16).

Os solutos KNO_3 (S2) e PEG+ KNO_3 (S3) para todas as combinações concentração/período foram inferiores a testemunha, ou seja, apresentaram maiores valores de CE ao comparar com a testemunha (Tabela 16).

Vale ressaltar que o teste de CE não foi considerado apropriado para avaliar a qualidade das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico com KNO_3 por provavelmente ter ocorrido interferência do soluto na análise. Isso pode ter ocorrido devido o soluto KNO_3 ser muito iônico e mesmo ao lavar as sementes após serem condicionadas o soluto ainda pode ter permanecido à semente interferindo nos resultados de leitura do teste de CE.

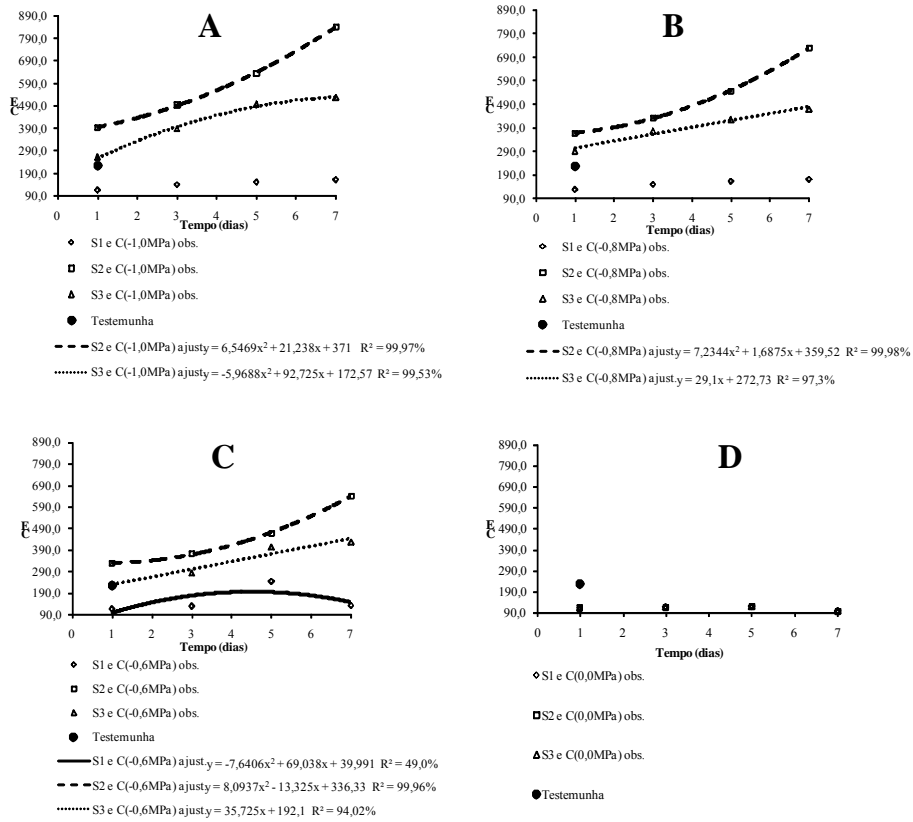


FIGURA 13 Estimativa de Condutividade Elétrica (CE) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico em função dos tempos de embebição analisados.

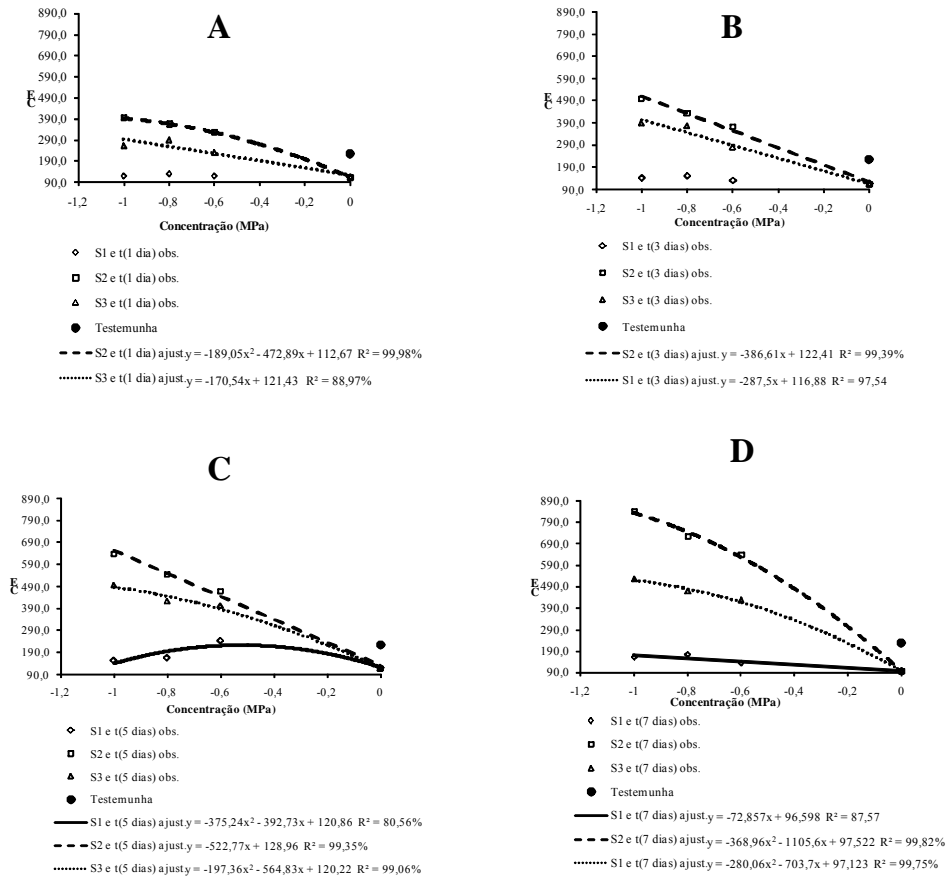


FIGURA 14 Estimativa de Condutividade Elétrica (CE) das sementes de eucalipto urograndis após o condicionamento fisiológico.

TABELA 16 Valores médios de Condutividade Elétrica (CE) das sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico.

| Legenda | Média* | Legenda | Média* |
|----------------|---------------|----------------|----------------|
| K-1-7 | 841,75 a | TEST. | 225,00i |
| K-0,8-7 | 726,75 b | P-0,8-7 | 171,75j |
| K-0,6-7 | 640,75 c | P-0,8-5 | 163,25j |
| K-1-5 | 637,00 c | P-1-7 | 160,50j |
| K-0,8-5 | 546,00 d | P-1-5 | 151,00j |
| P+K-1-7 | 526,00 d | P-0,8-3 | 150,00j |
| K-1-3 | 497,50 e | P-1-3 | 140,00j |
| K-06-5 | 468,75 e | P-0,6-3 | 130,00j |
| P+K-1-5 | 496,50 e | P-0,6-7 | 132,75j |
| P+K-0,8-7 | 467,75 e | P-0,8-1 | 127,50j |
| K-0,8-3 | 432,50 f | P-0-5 | 118,75j |
| P+K-0,6-5 | 402,75 f | K-0-5 | 118,75j |
| P+K-0,8-5 | 423,75 f | P+K-0-5 | 118,75j |
| P+K-0,6-7 | 427,25 f | P-0,6-1 | 117,50j |
| K-1-1 | 397,50 f | P-1-1 | 117,50j |
| P+K-1-3 | 387,50 g | P-0-3 | 115,00j |
| P+K-0,8-3 | 375,00 g | K-0-3 | 115,00j |
| K-06-3 | 372,50 g | P+K-0-3 | 115,00j |
| K-0,8-1 | 367,50 g | P-0-1 | 112,50j |
| K-06-1 | 330,00 g | K-0-1 | 112,50j |
| P+K-0,8-1 | 290,00 h | P+K-0-1 | 112,50j |
| P+K-0,6-3 | 280,00 h | P-0-7 | 96,25j |
| P+K-1-1 | 262,50 h | K-0-7 | 96,25j |
| P-0,6-5 | 242,50 i | P+K-0-7 | 95,25j |
| P+K-0,6-1 | 230,00 i | | |

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

4.1.9 Análises Eletroforéticas

Durante o condicionamento fisiológico houve variação na atividade das enzimas malato desidrogenase e álcool desidrogenase.

4.1.9.1 Malato Desidrogenase

Pode-se observar na figura 15, que a atividade da enzima, malato desidrogenase, foi muito baixa e com isso nota-se a presença das bandas bem claras. A enzima malato desidrogenase catalisa a conversão de malato à oxalacetato, tendo uma importante função dentro do ciclo de Krebs, além de participar do movimento de malato através da membrana mitocondrial e da fixação de CO₂ nas plantas (Taiz & Zeiger, 1991). Dessa forma esta enzima está relacionada com a rota aeróbica da respiração.

Vale ressaltar que a baixa atividade da enzima é observada de modo geral e uniforme para todos os tratamentos, com exceção aos tratamentos em que se utilizou do soluto PEG, onde houve uma tendência da atividade da enzima MDH estar um pouco menos acentuada se comparado com os demais tratamentos (Figura 15).

4.1.9.2 Álcool Desidrogenase

Observa-se na Figura 16, a atividade da enzima álcool desidrogenase ao longo dos tratamentos. Por meio da intensidade das bandas verifica-se de um modo geral que a atividade intensa provavelmente pode ter ocorrido devido a problemas de anaerobiose aumentando assim a atividade da enzima ADH.

A presença de bandas mais fortes foi observada para os tratamentos os quais se utiliza o soluto PEG, concomitantemente com o perfil da enzima malato desidrogenase (Figura 15) registrando um perfil de banda com baixa atividade. Vale ressaltar principalmente que para os tratamentos de -1.0 MPa por um dia de embebição a atividade de ADH é mais acentuada, provavelmente pela falta de

oxigenação e ainda pelo pouco tempo de reparo metabólico. Deve-se salientar ainda que as plântulas durante a avaliação dos testes de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação apresentaram-se numa coloração rósea (dado não apresentado), provavelmente aclorofilada.

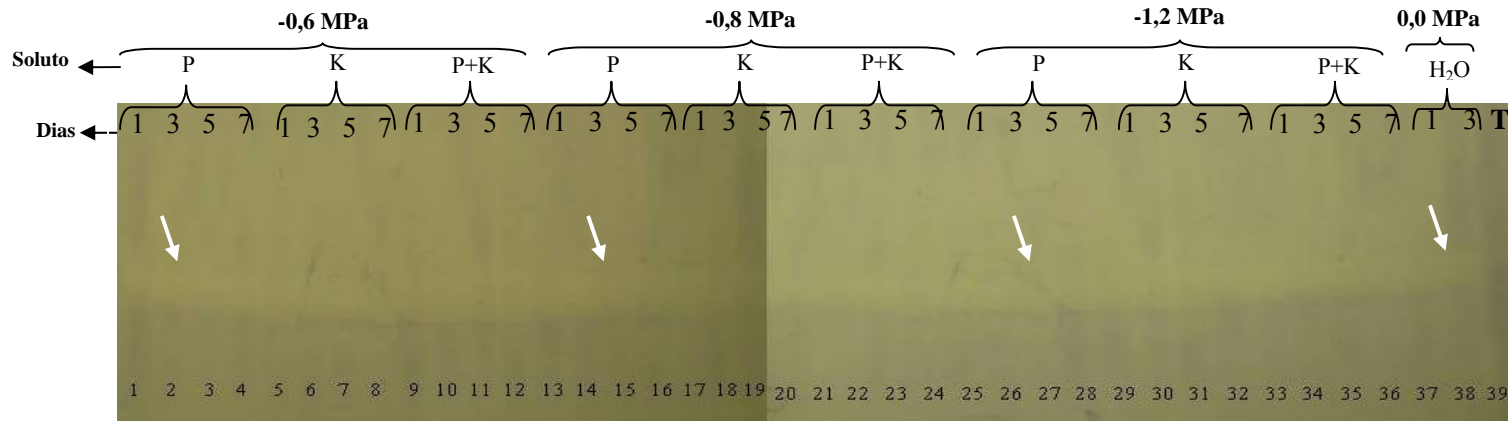


FIGURA 15 Padrões isoenzimáticos de malato desidrogenase (MDH) de sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de três tipos de solutos (PEG; KNO₃; PEG+KNO₃); três concentrações (-0,6; -0,8 e -1,0 MPa); quatro períodos de embebição (1; 3, 5 e 7 dias); sementes condicionadas em água por 1 e 3 dias e testemunha.

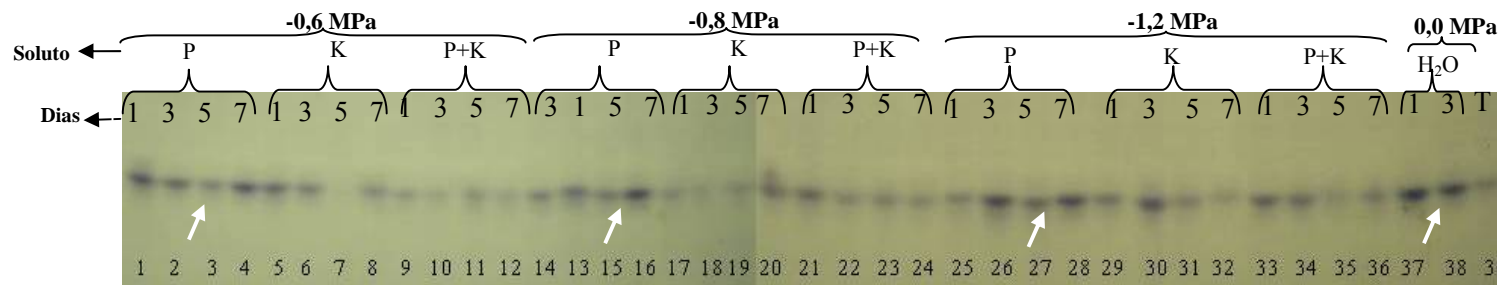


FIGURA 16 Padrões isoenzimáticos de álcool desidrogenase (ADH) de sementes de eucalipto urograndis submetidas ao condicionamento fisiológico em função de três tipos de solutos (PEG; KNO₃; PEG+KNO₃); três concentrações (-0,6; -0,8 e -1,0 MPa); quatro períodos de embebição (1; 3, 5 e 7 dias); sementes condicionadas em água por 1 e 3 dias e testemunha.

4.2 Discussão

A técnica de condicionamento fisiológico é um tratamento eficiente e simples que garante maiores incrementos de germinação e vigor em sementes, desde que ajustadas corretamente à metodologia.

A adequação da metodologia de condicionamento fisiológico a ser utilizada para garantir maiores desempenhos de germinação e vigor às sementes é relacionada a vários fatores, dentre eles pode-se citar os estudados nessa pesquisa: tipo de soluto, a concentração da solução, período de embebição, todas as condições envolvidas na condução, realização e execução de cada etapa do condicionamento fisiológico. A qualidade fisiológica é outro fator determinante, entre outros. Vale ressaltar que para esta pesquisa utilizou-se apenas um lote de sementes de eucalipto *urograndis*.

A qualidade inicial das sementes pode influenciar no sucesso da técnica de condicionamento fisiológico (Bodsworth & Bewley, 1981; Cantliffe, 1989; Córdoba et al., 1995; Roveri José, 1999; Pertel, 2001; Bonome, 2003; Caseiro, 2003; Lima, 2008). Segundo Bewley & Black (1985) as sementes de baixo potencial fisiológico precisam de maior tempo para reorganizar suas membranas e alcançar o início da fase III do processo de germinação. Penaloza & Eira (1993) confirmaram essa observação em sementes de tomate e verificaram que o período de embebição deve ser associado ao potencial fisiológico e também ao cultivar; assim, as sementes dos lotes de desempenho inferior necessitaram de um período maior de embebição do que as de alto vigor para complementação do condicionamento.

Hardegree & Emmerich (1992) e Bonome (2003) verificaram maiores porcentagens de germinação em sementes de gramíneas nos tratamentos submetidos a tensões osmóticas mais negativas. Porém Borges et al. (1994) e Braccini (1996a,b) verificaram que concentrações osmóticas mais negativas nas soluções levam a uma redução acentuada da germinação das sementes. Segundo

Heydecker et al. (1975), estas discordâncias devem-se ao fato de a relação ideal entre soluto, potencial osmótico e período de condicionamento ser variável segundo a espécie e cultivar.

Córdoba et al. (1995) concluiu que sementes de *Eucalyptus grandis* responderam positivamente ao condicionamento fisiológico e já para *Eucalyptus citriodora* não foi possível determinar a causa da baixa sensibilidade da espécie ao condicionamento fisiológico.

Ao longo dos resultados de todos os tratamentos avaliados nessa pesquisa pelos testes de germinação (GERM) e vigor, representado pelos testes: primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (EMERG), índice de velocidade de emergência (IVE) e condutividade elétrica (CE) verificou-se o efeito significativo da interação tripla: soluto x concentração x tempo (Tabelas 3A; 4A; 5A; 6A; 7A e 8A), ou seja, os três fatores interagiram ou são dependentes da combinação entre si.

As possíveis causas dos melhores e piores tratamentos são discutidas de uma maneira geral já que tanto para o teste de germinação como para os testes de vigor os resultados seguiram uma mesma tendência.

Inicialmente, em relação ao tipo de soluto que foi adotado nesta pesquisa, PEG (S1), KNO₃(S2) e PEG+KNO₃(S3), as diferenças entre os comportamentos dos solutos se devem a entre outros fatores, da concentração e do tempo em que a semente ficou acondicionada na solução. Melhores desempenhos alcançados quando se utiliza o soluto KNO₃, além do controle osmótico, são de provavelmente suprir as sementes com nitrogênio durante a germinação (Guimarães, 2000). Ao contrário seu efeito maléfico pode ser causado por fitotoxidez à semente já que esse soluto apresenta um baixo peso molecular, comparado ao soluto PEG. Assim o soluto KNO₃ pode ser absorvido pela semente durante o processo de embebição e ocasionar algum dano a célula.

Efeitos benéficos do priming ocorrem por garantir os “reparos metabólicos” até o momento mais próximo a protrusão radicular, porém sem que ela ocorra e assim garantindo a eficiência do condicionamento fisiológico. Dentre os solutos, o PEG se destaca por ser um polímero de alto peso molecular, não-iônico, inerte, que não penetra pela parede celular e não é tóxico (Bewley & Black, 1994).

Efeitos adversos do soluto PEG muitas vezes estão relacionados à baixa disponibilidade de oxigênio (Mexal et al., 1975, citados por Guimarães, 2000) devido à viscosidade da solução que acaba por ocasionar falta de O₂ e necessitar de aeração ao meio. De acordo com Heydecker & Coolbear (1977), um dos fatores que mais comumente interferem no condicionamento fisiológico de sementes é a manutenção do nível adequado de oxigênio. Vale ressaltar que todos esses efeitos apresentam influência também da concentração e tempo de priming utilizados. Desse modo dependendo da situação certos tempos e concentrações podem promover reparos metabólicos maiores e suficientes para reparar os efeitos maléficos do soluto e garantir incrementos na germinação. Isto foi observado para o teste de PCG, para o tratamento P-0,6-1 que foi inferior ao tratamento K-0,6-1 e aos 7 dias os tratamentos P-0,6-7 e K-0,6-7 apresentaram o mesmo comportamento (Tabela 6), entre outros testes também.

Reparos metabólicos, termo citado durante a discussão, se refere a todos os processos metabólicos de preparo da semente para que ocorra a germinação, que envolve desde a formação do RNA até a reestruturação de membranas, ou seja, além de mudanças fisiológicas, alterações bioquímicas/moleculares ocorrem nas sementes decorrentes do condicionamento e muitas delas não estão totalmente elucidadas (Pertel, 2001). Khan (1991) ressalta que quando as condições do tratamento são favoráveis, os processos de mobilização de reservas, ativação e síntese-de-novo de algumas enzimas, síntese de DNA e

RNA são iniciados durante o condicionamento fisiológico refletindo em benefícios a germinação.

Em relação à interação soluto x concentração x tempo para a espécie eucalipto urograndis verificou-se que os piores resultados encontrados em geral para os testes avaliados foram para a solução de -1,0 MPa do soluto KNO_3 após principalmente 5 e 7 dias de embebição e soluto PEG+ KNO_3 -1,0 MPa após 7 dias de embebição. Provavelmente isso ocorreu por ser tratar de um soluto de baixo peso molecular tendo sido absorvido pelos tecidos da semente e se tornou tóxico. Também o soluto PEG -1,0 MPa aos 5 dias de embebição foi prejudicial provavelmente pela falta de aeração na solução mas que foi recompensada de tal forma aos 7 dias devido o tempo de reparo metabólico ser maior e suficiente para suprir o efeito negativo deste soluto.

Foram observados efeitos maléficos do priming para testes de germinação e vigor em relação à testemunha para o soluto KNO_3 na concentração de -1.0 MPa, soluto PEG+ KNO_3 -1,0 MPa por sete dias e PEG nas concentrações de -0,6 MPa e -0,8 MPa no período de um dia de condicionamento fisiológico, os quais possuíram desempenhos inferiores a testemunha. Este fato pode ser explicado por não ter ocorrido o tempo suficiente de “ganho de priming”, isto porque o soluto PEG possui uma difícil dissolução comparada ao soluto KNO_3 e com isso o potencial hídrico fica mais elevado e a absorção de água mais lenta levando mais tempo para atingir o ponto adequado de priming. O PEG apresenta um peso molecular maior e sua solução fica mais viscosa comparada à solução de KNO_3 e ainda com a ausência de aeração no meio os efeitos negativos se acentuaram.

Segundo Bonome (2003) para sementes de braquiaria condicionadas em solução de KNO_3 e PEG+ KNO_3 á medida que o período de embebição das sementes foi aumentado à porcentagem de germinação e IVG das sementes foi reduzida e em maiores tempos de priming o soluto PEG foi superior ao KNO_3

para IVG. Provavelmente devido o baixo peso molecular do soluto KNO_3 , que pode ter penetrado nos tecidos das sementes causando fitotoxidez, que foi tão mais severa quanto maior o tempo de exposição das sementes a solução. Haigh & Barlow (1987) avaliando a eficiência de condicionamento fisiológico de sementes de sorgo em solução de KNO_3 observaram também efeito fito tóxico.

Em relação às sementes condicionadas em água destilada observou-se de um modo geral que incremento de germinação e vigor foram verificados para os tratamentos onde as sementes ficaram embebidas em água por três dias e pior desempenho para os períodos de cinco e sete dias de embebição, nos quais ocorreu protrusão radicular.

Segundo Jeller (2002) sementes de cássia do nordeste, uma espécie florestal, responderam positivamente ao condicionamento quando foram condicionadas em água destilada ou em solução de PEG a -0,2 MPa. Já sementes de pimentão condicionadas em água por 72 horas e com solução de PEG a -0,5 MPa em papel toalha por 21 dias a 25°C, foram os tratamentos mais eficientes para favorecer a porcentagem de germinação das sementes a 20°C (Posse et al., 2001). Já para sementes de cebola, o hidrocondicionamento entre folhas de papel toalha por 48 e 96 horas constituiu o procedimento mais adequado beneficiamento principalmente a velocidade de germinação (Caseiro, 2003).

Camargo (1998) constatou maiores índices de velocidade de germinação nos tratamentos em imersão em água por seis e nove dias de embebição em sementes de café. Lima (2001) concluiu que o condicionamento fisiológico em água a 25°C por 12 dias foi o tratamento mais eficiente para incrementar a germinação e o vigor das sementes de cafeeiro. Já para Pertel (2001) o tratamento de priming mais efetivo para promover a melhoria da qualidade das sementes de cafeeiro de médio vigor em relação às sementes condicionadas em PEG, -0,4 MPa por dois, quatro ou sete dias de embebição, a 25°C, foi a embebição em água por dois dias ou quatro dias. Para sementes de tomate

melhor desempenho da técnica de priming foi obtido pela embebição em água por 48 horas que melhorou sobre maneira o vigor das sementes (Venkatasubramanian & Umarani, 2007).

Em resumo, os efeitos positivos do condicionamento fisiológico, os quais obedeceram praticamente uma mesma tendência para todos os tratamentos avaliados por meio da germinação e vigor, sendo que para o soluto KNO_3 (S2) as concentrações de -0.8 MPa por um período de cinco dias e a concentração de -0.6 MPa nos períodos de um e três dias, foram os tratamentos que propiciariam maiores incrementos na germinação e vigor de sementes de eucalipto urograndis. Para o soluto PEG (S1) os maiores ganhos de priming foram para os tratamentos que tiveram como combinações a concentração de -1.0 MPa por um ou três dias de condicionamento fisiológico, a concentração de -0.8 MPa por cinco ou sete dias e a concentração de -0.6 MPa por cinco dias de embebição. Entretanto os tratamentos que se utilizaram do soluto PEG na concentração de -1,0MPa, PEG na concentração de -0.6 MPa por sete dias e o soluto PEG+ KNO_3 na concentração de -1.0 MPa onde as sementes ficaram acondicionadas por cinco dias, obtiveram também incrementos no vigor das sementes porem possuíram o mesmo desempenho que a testemunha (semente não condicionada). Logo se verificou que com a redução do potencial hídrico da solução aumentou o tempo necessário para o condicionamento fisiológico. Este resultado também foi encontrado por Jeller (2002).

Diante dos resultados, para os testes de germinação e vigor, observou-se de maneira geral que a concentração de -1,0MPa com a combinação do soluto KNO_3 (S2) independente do período de condicionamento fisiológico foi menos eficiente, assim como para o soluto PEG no quinto dia de condicionamento fisiológico. Para a concentração de -0.8MPa o soluto KNO_3 (S2) nos períodos de um, três e sete dias e o soluto PEG nos períodos de um e três dias. A concentração de -0.6 MPa verificaram-se para o soluto KNO_3 (S2) nos maiores

períodos de cinco e sete dias e situação contrária foi verificada para o soluto PEG nos menores períodos, um e três dias onde se verificou menores incrementos do tratamento de priming nas sementes de eucalipto urogranids.

Giúdice (1996) determinou que uma boa condição para o condicionamento em sementes de soja é o uso do PEG a um potencial de -0,8 MPa no período de quatro dias. De acordo com Roveri José (1999), o condicionamento fisiológico contribui para a melhoria da germinação e do vigor das sementes de pimentão condicionadas também em PEG 6000, porém sobre papel, seguido pelo tratamento em solução salina de KNO_3 e os métodos de imersão em soluções contendo o soluto PEG foram menos eficientes. Já para Bonome (2003), o condicionamento fisiológico em solução de KNO_3 foi eficiente em melhorar o desempenho de sementes de *Brachiaria brizantha* e já o PEG não foi capaz de envigorar as sementes.

Segundo Ribeiro (2000) a técnica de condicionamento fisiológico não melhorou a qualidade fisiológica de sementes de algodão, quando se utilizou o soluto PEG 6000, com aeração, por 25 horas de embebição.

Guimarães (2000) verificou que o soluto PEG e KNO_3 não se mostraram apropriados para o condicionamento de sementes de café. O condicionamento osmótico com PEG 6000 não apresentou resultados satisfatórios em aumentar a germinação e o vigor das sementes de café (Sguarezzi et al., 2001). Porém é benéfico ao desempenho de sementes de pepino, manifestando-se principalmente sobre a velocidade de germinação e tolerância a temperaturas subótimas (Lima, 2008).

O soluto PEG+ KNO_3 (S3) não possuiu um padrão definido entre os testes avaliados ora comportou-se mais como o soluto PEG e ora como o soluto KNO_3 e ora intermediário aos dois solutos, sendo que seu melhor desempenho foi para a combinação de -1.0 MPa por cinco dias e a pior para -1.0 por sete dias.

Em relação ao teste de condutividade elétrica que avalia indiretamente o grau de estruturação das membranas celulares, por meio da determinação da quantidade de íons lixiviados em uma solução de embebição, observou-se que essa quantidade é inversamente relacionada à integridade das membranas celulares e ao vigor de sementes, ou seja, sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de lixiviados durante a embebição (Lima, 2008).

Sementes de eucalipto *urograndis* condicionados em água destilada ou em PEG 6000 apresentaram menor lixiviação de eletrólitos do que as sementes não condicionadas. Segundo Bray (1995), Roveri José et al. (2000) e Jeller (2002) tal fato pode ter ocorrido provavelmente pela lixiviação durante a embebição na solução osmótica contribuindo para a redução dos valores de condutividade elétrica.

Os resultados obtidos pelo teste de condutividade elétrica não foram consistentes com os resultados obtidos para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de eucalipto *urograndis*, ou seja, o parâmetro CE não se apresentou como marcador relacionado à qualidade fisiológica. Menores valores de condutividade elétrica de seus exsudados foram observados quando as sementes foram condicionadas em solução de PEG do que nos tratamentos conduzidos em soluções salinas de KNO_3 . O mesmo foi observado para sementes de pimentão conforme citado por Roveri José (1999) que relata que tal situação provavelmente ocorreu porque os íons dissociados das soluções contendo sais podem ter penetrado nos tecidos das sementes e, posteriormente terem sido liberados na solução de embebição, contribuindo para alterar os resultados. Segundo Duke et al. (1983) e Roveri José (1999) nem sempre existe uma relação entre vazamento de eletrólitos e dano celular. Em sementes de braquiaria Bonome (2003) também observou menores valores de condutividade elétrica quando as sementes foram condicionadas em solução de PEG em comparação as

imersas em solução de KNO_3 . Segundo Woodstock & Taylorson (1981a,b), citado por este mesmo autor, a taxa de absorção de água pelas sementes é reduzida quando estas são colocadas para embeber em solução osmótica, evitando assim injúrias causadas pela embebição em água, possibilitando maior tempo para reparação das membranas permitindo que os tecidos se desenvolvam mais ordenadamente.

Resultado contrário foi encontrado por Guimarães (2000) pelo qual o teste de condutividade elétrica apresentou como marcador promissor para a determinação do grau de estruturação de membranas e da qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro. Já Lima (2008) conclui em sua pesquisa que o teste de condutividade elétrica é eficiente para avaliar o vigor de sementes de pepino.

Sementes de eucalipto *urograndis* não condicionadas (testemunha) apresentaram maiores valores de condutividade elétrica em relação às sementes condicionadas em solução de PEG. Resultado oposto foi relatado por Ribeiro (2000) onde as sementes de algodão submetidas ao condicionamento fisiológico obtiveram menores valores de condutividade elétrica em relação as não condicionadas. O autor sugere que o condicionamento propiciou a reestruturação do sistema de membranas, impedindo que grande parte dos exsudados lixiviasse das sementes para a água durante a condução do teste.

Em relação a análise eletroforética verificou-se que durante o condicionamento fisiológico houve variação na atividade das enzimas malato desidrogenase (MDH) e álcool desidrogenase (ADH).

Para todos os tratamentos houve uma baixa atividade da enzima malato desidrogenase, sendo que para os tratamentos em que se utilizou o soluto PEG houve uma tendência da atividade da enzima MDH estar um pouco menos acentuada (Figura 15).

A enzima MDH é uma enzima responsável por catalisar a reação de malato a oxalacetado no ciclo de Krebs, e a baixa atividade dessa enzima indica

que a rota aeróbica da respiração foi possivelmente comprometida. Portanto, a rota aeróbica da respiração pode ter sido comprometida, provavelmente por ter ocorrido uma baixa disponibilidade de oxigênio na solução, já que não houve um mecanismo de aeração na solução ao longo do período de embebição das sementes durante os tratamentos de condicionamento fisiológico. Segundo Yonn et al. (1997), a viscosidade da solução de condicionamento fisiológico atua como uma barreira às trocas gasosas, limitando a disponibilidade de oxigênio, além da disponibilidade de água e fazendo com que haja aumento do metabolismo anaeróbico em sementes tratadas com PEG.

Diante desta situação com as membranas mitocondriais danificadas, a capacidade das células em manter a respiração aeróbica é diminuída. Então, a via anaeróbica da respiração é ativada e produtos tóxicos às células como acetaldeído e etanol são acumulados, o que contribui para a deterioração das sementes. No metabolismo anaeróbico, o piruvato, primariamente produzido na glicólise, é convertido para acetaldeído pela ação da enzima piruvato descarboxilase e o acetaldeído é, então, reduzido para etanol pela enzima álcool desidrogenase (ADH). Quando a atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) diminui, a semente fica mais susceptível à ação deletéria do acetaldeído (Zhang et al., 1994), ou seja, a enzima ADH atua no metabolismo anaeróbico de plantas reduzindo o acetaldeído a etanol (Vantoi et al., 1987; Pertel, 2001).

Uma intensa atividade da ADH (Figura 16) foi verificada para todos os tratamentos (Figura 16), sendo que se observou a presença de bandas mais fortes para os tratamentos os quais se utilizou o soluto PEG, concomitantemente com o perfil da enzima MDH (Figura 15) registrando um perfil de banda com baixa atividade. Vale ressaltar principalmente que para os tratamentos de -1.0 MPa por um dia de embebição a atividade de ADH é mais acentuada, provavelmente pela falta de oxigenação e ainda pelo pouco tempo de reparo metabólico. Deve-se salientar ainda que as plântulas durante a avaliação dos testes de germinação,

primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação apresentaram-se numa coloração rósea (dado não apresentado), provavelmente aclorofilada.

Ribeiro (2000) também verificou que houve variação na atividade da enzima ADH. A análise bioquímica revelou maior intensidade de bandas em sementes condicionadas, indicando uma deficiência durante o processo de condicionamento. Assim como, Camargo (1998) verificou em sementes de café condicionadas que houve também aumento na intensidade de bandas com a elevação das concentrações de PEG 6000.

Durante o priming, injúrias devido à anoxia podem ocorrer, prejudicando a qualidade das sementes. Nas situações em que o suprimento de oxigênio é deficiente ou a sua absorção é dificultada devido à maior concentração de soluto osmótico, a respiração anaeróbica toma lugar e as enzimas envolvidas nessa rota passam a apresentar maior atividade. Nesse sentido, a álcool desidrogenase (ADH) tem sido pesquisada, a fim de se conhecer as condições de aeração dos tratamentos de condicionamento. Camargo (1998) observou aumento na intensidade de bandas dessa enzima com a elevação das concentrações de PEG 6000, as quais também correlacionaram aos piores desempenhos das sementes. De modo contrário, o autor encontrou diminuição na atividade da malato desidrogenase, enzima envolvida na rota aeróbica da respiração, comprovando a anaerobiose ocorrida com o aumento da concentração osmótica. Também, trabalhando com café, Pertel (2001) e Lima (2008) utilizaram as enzimas da rota anaeróbica (ADH) e aeróbica (MDH), para inferir sobre a eficiência dos tratamentos de condicionamento fisiológico e sobre a qualidade das sementes.

Entretanto mesmo apresentando de um modo geral uma alta atividade da enzima ADH e baixa atividade da enzima MDH, a técnica de condicionamento fisiológico utilizada para as sementes de eucalipto *urograndis* permitiu incrementos positivos para vários tratamentos testados em relação à testemunha.

Provavelmente se houvesse aeração do meio os resultados poderiam ser ainda mais relevantes e melhores quando comparados à testemunha.

Diante da complexidade de vários fatores interferirem no melhor desempenho da técnica de condicionamento fisiológico e assim, para ser promissora, vários estudos devem ser realizados para adaptar a melhor metodologia à espécie a ser estudada e garantir o melhor desempenho germinativo das sementes e estandes mais uniformes.

5 CONCLUSÕES

O condicionamento fisiológico em soluções de PEG, na concentração de -1,0 MPa por períodos de um ou três dias e nas concentrações de -0,8 MPa e -0,6 MPa por períodos de cinco ou sete dias são eficientes em melhorar o desempenho fisiológico de sementes de eucalipto urograndis.

O condicionamento fisiológico em solução de KNO_3 na concentração de -0,8 MPa por um período de cinco dias e na concentração de -0,6 MPa por períodos de um ou três dias de embebição são eficientes em melhorar o desempenho fisiológico de sementes de eucalipto urograndis.

Sementes condicionadas em água por um período de três dias e em soluções de PEG na concentração de -1,0 MPa durante sete dias de embebição, sem aeração, são menos eficientes em melhorar o desempenho fisiológico de sementes de eucalipto urograndis.

As soluções de PEG na concentração de -0,6 MPa por um período de um dia de embebição e de KNO_3 à -1,0 MPa por sete dias não são favoráveis para o condicionamento fisiológico de sementes de eucalipto urograndis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKERS, S. W. Seed response to priming in aerated. **Search**, London, v. 19, n. 1, p. 8-17, Jan. 1990.

AKERS, S. W.; BERKOWITZ, G. A.; RABIN, J. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 250-252, Apr./June 1987.

ALFENAS, A. C.; PETRES, I.; BRUCE, W.; PASSADOS, G. C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 242 p.

ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2. ed. Jundiaí: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 667 p.

ARACRUZ CELULOSE. Eucalipto: uma árvore amiga da natureza. Aracruz, 2000. 34 p.

ASSIS, T. F. **Melhoramento genético do eucalipto**. Guaíba: Riocell, 2008. 35 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1985. 367 p.

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

BODSWORTH, S.; BEWLEY, J. D. Osmotic priming of seeds of crop sciences with polyethylene glycol as means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 59, n. 5, p. 672-676, Dec. 1981.

BOLAND, D. J. **Forest trees of Austrália**. 4. ed. Sidney: CSIRO, 1992. 24 p.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: CSIRO, 1994. 687 p.

BONOME, L. T. S. **Condicionamento fisiológico e revestimento de sementes de Brachiaria brizantha cultivar Marandu**. 2003. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BORGES, E. E. L.; SILVA, L. F.; BORGES, R. C. G. Avaliação do osmocondicionamento na germinação de sementes de quaresmeira (*Miconia candolleana* Trian). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 90-94, jan. 1994.

BRACCINI, A. de L. **Relação entre potencial hídrico, condicionamento osmótico e qualidade fisiológica de sementes de soja (Glycine Max (L.) Merrill)**. 1996a. 135 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRACCINI, A. de L. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 10-16, jan. 1996b.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: LANARV/SNAD/MA, 1992. 360 p.

BRAY, C. M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, J. **Seed development and germination**. New York: M. Decker, 1995. p. 767-789.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de madeira**. Brasília, DF: IICA; MAPA/SPA, 2007. 84 p.

CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (Coffea arabica L.)**. 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CANTILIFE, D. J. Stand establishment. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 175-179, Sept. 1989.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha.** 2000. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CASEIRO, R. F. **Métodos para o condicionamento fisiológico de sementes de cebola e influencia da secagem e armazenamento.** 2003. 109 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Seed science and technology.** 3. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409 p.

CÓRDOBA, G. A. T.; BORGES, E. E. de L.; BORGES, 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, DF, v. 17, n. 1, p. 81-95, jan. 1995.

DELL’AQUILA, A.; TRITTO, V. Germination and biochemical activities in wheat seeds following delayed harvesting, ageing and osmotic priming. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 16, n. 2, p. 197-212, June 1988.

DELL’AQUILA, A.; TRITTO, V. Germination and biochemical activities in wheat seeds following delayed harvesting, ageing and osmotic priming. **Seed science and technology**, Zurich, v. 19, n. 1, p. 73-82, Apr. 1991.

DUKE, S. H.; KAKEFUDA, G.; HARVEY, T. M. Differential leakage of intracellular substances from imbibing soybean seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 72, n. 4, p. 919-924, Aug. 1983.

EIRA, M. T. S.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface: efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 9-27, jan. 1990.

ELDRIDGE, K.; DAVISON, J.; HARWOOD, C.; WYK, C. van. **Eucalypt: domestication and breeding.** New York: Oxford University, 1993. 288 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos expandidos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; RODRIGUES, T. J. D. Germinação de sementes de alface submetidas a condicionamento osmótico durante o armazenamento. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 73-77, jan. 2002.

FLORENCE, R. G. Cultural problems of eucalyptus as exotics. **The Commonwealth Forestry Review**, London, v. 65, n. 2, p. 141-160, July 1986.

FRETT, J. J.; PILL, W. G.; MORNEAU, D. C. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 9, p. 1158-1159, Sept. 1991.

GARCIA, C. H.; PIMENTEL-GOMES, F. Forest outlines of Brazil: Forest Studies and Research Institute - IPEF, Brazil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 105-117, fev. 1992.

GIÚDICE, M. P. del. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1996. 117 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GONZÁLVEZ, E. R. **Transformação genética de *Eucalyptus grandis* e do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* via *Agrobacterium***. 2002. 93 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GUEDES, A. C.; CANTLIFFE, C. J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, n. 6, p. 777-801, Nov. 1980.

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

HAIGH, A. M.; BARLOW, E. W. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotic. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 2, p. 202-208, Mar. 1987.

HARDEGREE, S. P.; EMMERICH, W. E. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper. **Plant Physiology**, Rockville, v. 92, n. 2, p. 462-466, Feb. 1992.

HEGARTH, T. W. The physiology of seed hydration and dehydration, an the relation between water stress and the control of germination: a revise. **Plant, Cell and Environment**, New York, v. 1, n. 1, p. 101-119, Jan. 1978.

HENCKEL, P. A. Physiology of plants under drought. **Annual Review of plant Physiology**, Pato Alto, v. 15, n. 1, p. 363-386, June 1964.

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

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

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y. J. Invigoration of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurick, v. 3, n. 3/4, p. 881-888, 1975.

HILLEL, D. **Soil and water**: physical principles and processes. New York: Academic, 1971. 228 p.

HO, C. K.; CHANG, S. H.; TSAY, J. B.; CHIANG, V. L.; CHEN, Z. Z. Agrobacterium tumefaciens mediated transformation of Eucalyptus camaldulensis and production of transgenic plants. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 17, n. 9, p. 675-680, Sept. 1998.

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

KAGEYAMA, P. Y. **Varição genética em progênies de uma população de *E. grandis* (Hill) Maiden.** 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KHAN, A. A. Perplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v. 31, n. 3, p. 131-181, Dec. 1991.

LANTERI, S.; SARACCO, F.; KRAAF, H. L.; BINO, R. J. The effect of priming on nuclear replication activity and germination of pepper (*Capsicum annum* L.) and tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 81-87, Mar. 1994.

LIMA, L. B. **Avaliação do potencial fisiológico e métodos de condicionamento, secagem e armazenamento de sementes de pepino**. 2008. 93 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, S. M. P. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro**: efeitos na germinação, vigor e formação de mudas. 2001. 161 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, W. A. A.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; REIS, M. S.; CECON, P. R. Preconditioning of coffee seeds: effects on germination, vigour and storability. **Seed Science and Technology**, Wallingford, v. 29, n. 3, p. 549-555, Aug. 2001.

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

MATTEWS, S.; POWELL, A. A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1125-1128, Dec. 1986.

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

NIELSEN, I. R. **Utilização da madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus grandis* na confecção de vigas laminadas coladas**. 1998. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, O. dos S. **Tecnologia de sementes florestais**. Curitiba: UFPR, 2007. 185 p.

PARMAR, M. T.; MOORE, R. P. Effect of simulate growth by polyethylene glycol solutions on corn germination and seedling development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 4, p. 391-392, Dec. 1996.

PEÑALOSA, A. P. S.; EIRA, M. T. S. Hydration-dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p. 309-316, Mar. 1993.

PERTEL, J. **Efeito do condicionamento fisiológico na germinação, no vigor e nas alterações enzimáticas em sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 2001. 101 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PILL, W. G. Low water and presowing germination treatments to improve seed quality. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: The Haworth, 1995. p. 319-359.

POSSE, S. C. P.; SILVA, R. F. da; VIEIRA, H. D.; CATUNDA, P. H. A. Efeitos do condicionamento osmótico e da hidratação na germinação de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.) submetidas a baixa temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 123-127, July 2001.

POWELL, A. A.; MATTEWS, S. S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, n. 112, p. 1215-1229, 1978.

PRISCO, J. T.; O'LEARY, J. W. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. **Turrialba**, San Jose, v. 20, n. 2, p. 177-184, 1970.

REZENDE, G. D. S. P. A importância da eucaliptocultura no Brasil. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS: GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS PERENES, 11., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: GEN/UFLA, 2007. p. 1-3.

RIBEIRO, U. P. **Condicionamento fisiológico de sementes de algodão**: efeitos sobre a germinação, vigor, atividade enzimática e armazenamento. 2000. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROVERI JOSÉ, S. C. B. **Condicionamento osmótico de sementes de pimentão: efeito na germinação, vigor e atividade enzimática**. 1999. 107 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROVERI JOSÉ, S. C. B.; VIEIRA, M. G. G. C.; GUIMARÃES, R. M. Efeito da temperatura e do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 176-184, fev. 2000.

SGUAREZI, C. N.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; DALPASQUALE, V. A. Avaliação de tratamentos pré-germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 152-161, fev. 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Eucalipto no Brasil e no mundo**. Piracicaba, 2000. Disponível em: <<http://www.floresta.ipef.br>>. Acesso em: 10 ago. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991. 559 p.

TORRES, S. S. B. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annum* L.) através do teste de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 246-250, mar./abr. 1996.

VANTOAI, T. T.; FAUSEY, N. R.; MCDONALD JÚNIOR, M. B. Anaerobic metabolism enzymes as markers of flooding stress in maize seeds. **Plant and Soil**, The Hague, v. 102, n. 1, p. 33-39, Jan. 1987.

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

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

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

WOODSTOCK, L. W.; TAO, K. L. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 51, n. 1, p. 133-139, Jan. 1981.

WOODSTOCK, L. W.; TAYLORSON, R. B. Ethanol and acetaldehyde in imbibing soybean seeds in relation to deterioration. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 67, n. 3, p. 424-428, Mar. 1981a.

WOODSTOCK, L. W.; TAYLORSON, R. B. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigor soybean seeds. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 53, n. 3, p. 263-268, Nov. 1981b.

YOON, S. H. Effects of drought by polyethylene glycol solution on seven grasses germination. **Journal of Korean Society Grassland Science**, Seoul, v. 10, n. 2, p. 70-76, 1990.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FURIHATA, Y.; NAKAMAR, Y.; ESASHI, Y. A. Mechanism of seed deterioration in relation to the volatile compounds evolved by dry seeds themselves. **Seed Science and Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 49-56, Mar. 1994.

ANEXOS

| ANEXO A | | Página |
|-----------|---|--------|
| TABELA 1A | Resumo da análise de variância para a variável umidade pós-priming, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 91 |
| TABELA 2A | Resumo da análise de variância para a variável umidade pós-secagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 91 |
| TABELA 3A | Resumo da análise de variância para a variável primeira contagem de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 92 |
| TABELA 4A | Resumo da análise de variância para a variável germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 92 |
| TABELA 5A | Resumo da análise de variância para a variável índice de velocidade de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 93 |
| TABELA 6A | Resumo da análise de variância para a variável emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 93 |

| | | |
|------------|---|----|
| TABELA 7A | Resumo da análise de variância para a variável índice de velocidade de emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 94 |
| TABELA 8A | Resumo da análise de variância para a variável condutividade elétrica, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 94 |
| TABELA 9A | Tabela 9A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável umidade pós-priming, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 95 |
| TABELA 10A | Tabela 10A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável umidade pós-secagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 95 |
| TABELA 11A | Tabela 11A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável primeira contagem de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 95 |
| TABELA 12A | Tabela 12A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 96 |

| | | |
|------------|--|----|
| TABELA 13A | Tabela 13A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável índice de velocidade de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 96 |
| TABELA 14A | Tabela 14A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável de emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 96 |
| TABELA 15A | Tabela 15A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável índice de velocidade de emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 97 |
| TABELA 16A | Tabela 16A – Resumo da análise de variância “geral” para a variável condutividade elétrica, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis..... | 97 |

TABELA 1A Resumo da análise de variância para a variável umidade pós-priming, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Soluto (S) | 2 | 50,89 | <0,0001 |
| Concentração (C) | 3 | 81,00 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 74,05 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 3,98 | 0,3881 |
| SxT | 6 | 4,19 | 0,3555 |
| CxT | 9 | 4,43 | 0,3148 |
| SxCxT | 18 | 6,12 | 0,0819 |
| Erro | 48 | 3,68 | |
| CV(%) | | 4,26% | |

*Valor $p < 0,05$ significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 2A Resumo da análise de variância para a variável umidade pós-secagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 6,9218 | 0,5764 |
| Soluto (S) | 2 | 7,2571 | 0,3784 |
| Concentração (C) | 3 | 6,8913 | 0,4279 |
| Tempo (T) | 3 | 3,0709 | 0,7398 |
| SxC | 6 | 6,7569 | 0,4867 |
| SxT | 6 | 7,6302 | 0,4098 |
| CxT | 9 | 6,7684 | 0,5123 |
| SxCxT | 18 | 7,7518 | 0,4180 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 1,0743 | 0,7033 |
| Erro | 49 | 7,3198 | |
| CV(%) | | 34,70% | |

*Valor $p < 0,05$ significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 3A Resumo da análise de variância para a variável primeira contagem de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 215,9284 | <0,0001 |
| Soluto (S) | 2 | 789,7240 | <0,0001 |
| Concentração (C) | 3 | 421,2083 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 409,5139 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 175,8490 | <0,0001 |
| SxT | 6 | 247,7378 | <0,0001 |
| CxT | 9 | 151,8148 | <0,0001 |
| SxCxT | 18 | 109,2610 | <0,0001 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 418,3947 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 30,4711 | |
| CV(%) | | 5,76% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 4A Resumo da análise de variância para a variável germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 315,7655 | <0,0001 |
| Soluto (S) | 2 | 186,8125 | <0,0001 |
| Concentração (C) | 3 | 1621,7361 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 711,8750 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 133,4653 | <0,0001 |
| SxT | 6 | 215,5000 | <0,0001 |
| CxT | 9 | 370,0093 | <0,0001 |
| SxCxT | 18 | 128,6343 | <0,0001 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 42,9949 | 0,1147 |
| Erro | 147 | 17,0782 | |
| CV(%) | | 4,04% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 5A Resumo da análise de variância para a variável índice de velocidade de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 284,0864 | <0,0001 |
| Soluto (S) | 2 | 762,5663 | <0,0001 |
| Concentração (C) | 3 | 305,2396 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 1321,6025 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 216,9989 | <0,0001 |
| SxT | 6 | 220,6947 | <0,0001 |
| CxT | 9 | 261,9397 | <0,0001 |
| SxCxT | 18 | 96,9316 | <0,0001 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 502,0994 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 5,6349 | |
| CV(%) | | 5,39% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 6A Resumo da análise de variância para a variável emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 740,9670 | <0,0001 |
| Soluto (S) | 2 | 170,3333 | 0,0042 |
| Concentração (C) | 3 | 1474,5694 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 3363,1806 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 484,5694 | <0,0001 |
| SxT | 6 | 259,7014 | <0,0001 |
| CxT | 9 | 953,0185 | <0,0001 |
| SxCxT | 18 | 316,0949 | <0,0001 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 1980,0018 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 29,9422 | |
| CV(%) | | 6,01% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 7A Resumo da análise de variância para a variável índice de velocidade de emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 253,6981 | <0,0001 |
| Soluto (S) | 2 | 7,7346 | 0,1991 |
| Concentração (C) | 3 | 439,4001 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 1772,8582 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 67,6802 | <0,0001 |
| SxT | 6 | 26,5027 | <0,0001 |
| CxT | 9 | 335,7498 | <0,0001 |
| SxCxT | 18 | 33,6250 | <0,0001 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 1333,1680 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 4,7406 | |
| CV(%) | | 7,56% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 8A Resumo da análise de variância para a variável condutividade elétrica, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|--------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 73518,9597 | <0,0001 |
| Soluto (S) | 2 | 631881,3151 | <0,0001 |
| Concentração (C) | 3 | 366405,1623 | <0,0001 |
| Tempo (T) | 3 | 107463,7734 | <0,0001 |
| SxC | 6 | 78487,2040 | <0,0001 |
| SxT | 6 | 25926,7630 | <0,0001 |
| CxT | 9 | 15679,4748 | <0,0001 |
| SxCxT | 18 | 3747,9158 | <0,0001 |
| Ad versus Fatorial | 1 | 8479,0691 | <0,0001 |
| Erro | 49 | 578,1214 | |
| CV(%) | | 8,31% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 9A Resumo da análise de variância “geral” para a variável umidade pós-priming, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Soluto (S) | 2 | 14,2487 | <0,0002 |
| Erro | 48 | 4,9943 | |
| CV(%) | | 4,98% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 10A Resumo da análise de variância “geral” para a variável umidade pós-secagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 0,2221 | 0,5881 |
| Erro | 49 | 0,0378 | |
| CV(%) | | 2,58% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 11A Resumo da análise de variância “geral” para a variável primeira contagem de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 288,5889 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 30,3384 | |
| CV(%) | | 5,79% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 12A Resumo da análise de variância “geral” para a variável germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 652,7468 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 15,2755 | |
| CV(%) | | 3,89% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 13A Resumo da análise de variância “geral” para a variável índice de velocidade de germinação, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 371,6902 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 4,7002 | |
| CV(%) | | 5,06% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 14A Resumo da análise de variância “geral” para a variável de emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 1134,8850 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 29,9269 | |
| CV(%) | | 6,13% | |

*Valor p<0,05 significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 15A Resumo da análise de variância “geral” para a variável índice de velocidade de emergência, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 236,7635 | <0,0001 |
| Erro | 147 | 5,6673 | |
| CV(%) | | 8,10% | |

*Valor $p < 0,05$ significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 16A Resumo da análise de variância “geral” para a variável condutividade elétrica, segundo os tratamentos estudados no ensaio de condicionamento fisiológico em sementes de eucalipto urograndis.

| Fonte de variação | G.L. | Quadrado médio | Valor-p* |
|-------------------|------|----------------|----------|
| Tratamentos | 48 | 73497,3554 | <0,0001 |
| Erro | 49 | 578,7066 | |
| CV(%) | | 8,31% | |

*Valor $p < 0,05$ significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.