

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRESSES ABIÓTICOS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE ESPÉCIES E
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus***

**Marcos Claudio da Silva Virtuoso
Engenheiro Agrônomo**

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRESSES ABIÓTICOS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE ESPÉCIES E
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus***

Marcos Claudio da Silva Virtuoso

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

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

2018

V813e Virtuoso, Marcos Claudio da Silva
Estresses abióticos na germinação de sementes e no crescimento de mudas de espécies e híbridos de *Eucalyptus*/Marcos Claudio da Silva Virtuoso. – – Jaboticabal, 2018
x, 84 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula
Banca examinadora: Paulo Herinque Muller da Silva, Priscila Lupino Gratão
Bibliografia

1. Eucalipto-déficit hídrico. 2. Estresse salino. 3. Temperatura I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 582.776

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTRESSES ABIÓTICOS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *Eucalyptus*

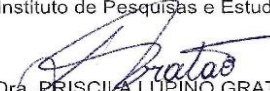
AUTOR: MARCOS CLÁUDIO DA SILVA VIRTUOSO

ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisador Dr. PAULO HENRIQUE MULLER DA SILVA
IPEF / Instituto de Pesquisas e Estudo Florestais - Piracicaba/SP


Profa. Dra. PRISCILA LUPINO GRATÃO
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 27 de fevereiro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Marcos Claudio da Silva Virtuoso – nascido em 23 de Abril de 1993 em Carmo do Rio Verde, GO. Ingressou no curso de Agronomia no Instituto Federal Goiano – Câmpus Ceres, Março de 2011. Foi bolsista de iniciação científica, desenvolvendo linhagens de pimenta tipo Bode, além de trabalhos avaliando a germinação espécies, sob orientação do Professor Dr. Luís Sergio Rodrigues Vale. Concluiu a graduação em Dezembro de 2015, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo. Em 2016 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, no Laboratório de Semente e Melhoramento Florestal, sob orientação do Professor Dr. Rinaldo Cesar de Paula.

⁶Pois o Senhor é quem dá sabedoria; de sua boca procedem o conhecimento e o discernimento. ⁷ Ele reserva a sensatez para o justo; como um escudo protege quem anda com integridade.

Provérbios 2: 6,7

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por tudo, mas principalmente pela oportunidade de estudar.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/ JABOTICABAL e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), bem como seu corpo docente.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), pelo fornecimento das sementes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP/CAPES), processo número 2016/15087-2, pela bolsa de estudos concedida para a realização do curso de mestrado.

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

Ao Professor Rinaldo Cesar de Paula pela confiança e orientação deste trabalho.

À Professora Dra Priscila Lupino Gratão, pela disponibilização do laboratório de fisiologia, bem como a laboratorista Sônia e ao colega Domingos pela valiosa ajuda.

Ao Professor Dr. Luís Sergio Rodrigues Vale (IFGoiano), pelo apoio em minha formação acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Paulo Herinque Muller da Silva e a Profa Dra Priscila Lupino Gratão pelas contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos meus colegas de laboratório, João, Tamara, Bruna, Marcio, William e Patrícia pela ajuda no trabalho e pelo bom convívio e amizade.

Aos meus familiares por todo apoio e incentivo.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMO | vi |
| ABSTRACT | viii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 O Gênero <i>Eucalyptus</i> | 3 |
| 2.2 Estresses Abióticos na Germinação | 4 |
| 2.2.1 Estresse por altas temperaturas | 4 |
| 2.2.2 Estresse por déficit hídrico..... | 5 |
| 2.2.3 Estresse por salinidade..... | 7 |
| 2.3 Efeito do Déficit Hídrico em Plantas..... | 7 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 9 |
| 3.1 Material Vegetal | 9 |
| 3.2 Instalação e Condução dos Experimentos..... | 10 |
| 3.3 Experimentos em Laboratório | 10 |
| 3.3.1 Experimento 1 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto em diferentes temperaturas..... | 10 |
| 3.3.2 Experimento 2 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por PEG 6000 em duas temperaturas..... | 11 |
| 3.3.3 Experimento 3 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por NaCl em duas temperaturas | 13 |
| 3.4 Experimento em Casa de Vegetação..... | 14 |
| 3.4.1 Experimento 4 - Desempenho de mudas de espécies e híbridos de eucalipto sob três regimes hídricos em casa de vegetação..... | 14 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 4.1 Experimento 1 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto em diferentes temperaturas | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2 Experimento 2 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidos a déficit hídrico mediado por PEG 6000 em duas temperaturas..... | 22 |
| 4.3 Experimento 3 – Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por NaCl em duas temperaturas | 35 |
| 4.4 Experimento 4 – Desempenho de mudas de espécies e híbridos de eucalipto sob três regimes hídricos em casa de vegetação | 46 |
| 5 CONCLUSÕES | 66 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |
| APÊNDICE..... | 77 |

ESTRESSES ABIÓTICOS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *Eucalyptus*

RESUMO- O gênero *Eucalyptus* é um dos mais importantes para a silvicultura brasileira, sendo fonte de matéria-prima para diversos produtos. As alterações climáticas que vem ocorrendo nos últimos anos tem influenciado negativamente a produtividade florestal, principalmente, devido ao aumento da temperatura e mudanças na intensidade e duração das secas. A seleção de genótipos mais produtivos e tolerantes para as diversas condições é um dos objetivos do melhoramento genético de espécies de eucalipto, contudo, por ser uma planta perene, leva - se muito tempo para se obter resultados satisfatórios. Buscar meios mais rápidos para seleção de materiais, é importante para agilizar o processo. Com isso o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura, do déficit hídrico e estresse salino na germinação de sementes e avaliar o desempenho de mudas sob déficit hídrico de cinco espécies e dois híbridos de eucalipto. A pesquisa foi dividida em quatro experimentos, os três primeiros foram testes de germinação, feitos em laboratório e a avaliação de mudas, em vasos em casa de vegetação. As espécies e híbridos (genótipos) de eucalipto utilizadas foram, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. brassiana*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis*. O primeiro experimento consistiu de um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5x7, sendo cinco temperaturas (20, 25, 30, 35 e 40°C) e os sete genótipos. No segundo experimento as sementes foram submetidas à germinação em temperatura ótima (25° C) e supra-ótima (35° C) e nos potenciais hídricos de 0(água); -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,25; -0,30; -0,40; -0,60; -0,80 e -1,00 MPa, obtidos com polietilenoglicol (PEG 6000). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 11x7x2 (11 potenciais osmóticos x 7 genótipos x 2 temperaturas). O terceiro experimento constou do mesmo arranjo do anterior, envolvendo, porém, o estresse salino, obtendo os mesmos potenciais hídricos, com diluições de NaCl em água. O último experimento foi em vasos em casa de vegetação, utilizando o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x7, sendo três regimes hídricos (60, 40 e 20% da capacidade de campo) e os sete genótipos de eucalipto. As variáveis analisadas nos experimentos em laboratório, foram germinação, índice de velocidade de germinação, coeficiente de germinação, tempo médio de germinação e comprimento de parte aérea e de raiz. Em casa de vegetação foram avaliadas características de crescimento (diâmetro do coleto, altura de plantas, número de folhas, área foliar, massa fresca de parte aérea e de raiz), fisiológicas (taxa de assimilação líquida, transpiração, condutância estomática, potencial hídrico foliar) e bioquímicas (conteúdo de carboidratos solúveis e totais, conteúdo de clorofila a e b e de carotenoides) e morfológicas (morfologia e número de estômatos da folha). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade para comparação entre os genótipos e para os efeitos de potenciais hídricos foi aplicado uma análise de regressão. Os genótipos apresentaram comportamento diferenciado frente às temperaturas estudadas. Até 30 °C não houve diferença na germinação dos genótipos, diferindo somente nas temperaturas mais elevadas, 35 e 40° C. O *E. camaldulensis* e *E. brassiana* apresentaram maiores porcentagens de germinação que os demais. No segundo experimento houve redução na porcentagem e no índice de velocidade de germinação das sementes com a

diminuição do potencial hídrico e, em geral, com o aumento da temperatura. *E. camaldulensis* e *E. brassiana* se sobressaíram com maior capacidade de germinação no potencial hídrico de -0,40 MPa, comparativo aos outros genótipos. O mesmo também ocorreu sob estresse salino, porém, houve maior capacidade de germinação em maiores concentrações de NaCl, chegando a obter germinação em potenciais de -0,80 MPa. Em casa de vegetação os genótipos apresentaram diferenças nas características avaliadas que resultaram em maior ou menor grau de tolerância ao déficit hídrico. De modo geral, *E. camaldulensis* e *E. brassiana* também se apresentaram superiores, principalmente quanto ao desempenho fisiológico, quando comparado aos demais genótipos. Em conjunto, os resultados indicam possível relação entre as fases de germinação e desempenho inicial das mudas, quanto às respostas aos estresses abióticos testados. A seleção de genótipos tolerantes aos estresses abióticos na germinação ainda é precipitada, porém, através deste, viu-se que é possível indicar o local onde as plantas apresentarão melhor desempenho.

Palavras-chave: Déficit hídrico, estresse salino, eucalipto, temperatura

ABIÓTIC STRESSES IN SEED GERMINATION AND GROWTH OF *Eucalyptus* SPECIES AND HYBRIDS

ABSTRACT- The genus *Eucalyptus* is one of the most important for Brazilian forestry, being source of raw material for several products. The climate change that has been occurring in recent years has negatively influenced forest productivity, mainly due to the increase in temperature and changes in the intensity and duration of droughts. The selection of more productive and tolerant genotypes for the different conditions is one of the objectives of the genetic improvement of eucalyptus species, however, because it is a perennial plant, it takes a long time to obtain satisfactory results. Finding faster means for material selection is important to streamline the process. The objective of this work was to evaluate the effect of temperature, water deficit and saline stress on seed germination and evaluate the performance of seedlings under water deficit of five species and two eucalyptus hybrids. The research was divided in four experiments, the first three were tests of germination, done in laboratory and in the fourth experiment were evaluated of seedlings, in pots under greenhouse conditions. The eucalyptus species and hybrids (genotypes) used were *Eucalyptus camaldulensis*, *E. brassiana*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* and *E. urophylla* x *E. grandis*. The first experiment consisted of a randomized block design in a 5x7 factorial scheme, with five temperatures (20, 25, 30, 35 and 40 ° C) and the seven genotypes. In the second experiment the seeds were submitted to germination at optimum temperature (25°C) and supra-optimum (35°C) and in water potentials of 0 (water); -0.05; -0.10; -0.15; -0.20; -0.25; -0.30; -0.40; -0.60; -0.80 and -1.00 MPa, obtained with polyethylene glycol (PEG 6000). The experiment was conducted in a randomized complete block design, in factorial arrangement 11x7x2 (11 osmotic potentials x 7 genotypes x 2 temperatures). The third experiment consisted of the same arrangement of the previous one, involving, however, saline stress, obtaining the same water potentials, with dilutions of NaCl in water. The last experiment was in pots under greenhouse conditions, using a randomized block design in a 3x7 factorial scheme, with three water regimes (60, 40 and 20% of field capacity) and seven eucalyptus genotypes. The variables analyzed in the laboratory experiments were germination, germination speed index, germination coefficient, mean germination time, and shoot and root length. In greenhouse conditions, were evaluated growth characteristics (shoot diameter, plant height, leaf number, leaf area, fresh shoot and root mass), physiological (net assimilation rate, transpiration, stomatal conductance, leaf water potential) and biochemical characteristics (soluble and total carbohydrate content, chlorophyll a and b and content of carotenoids) and morphological characteristics (morphology and number of leaf stomata). The data were submitted to analysis of variance and comparison of means by Tukey test, a 5% probability for comparison between genotypes and for the effects of water potentials a regression analysis was applied. The genotypes showed a different behavior compared to the temperatures studied. At 30 °C there was no difference in germination of the genotypes, differing only at the highest temperatures, 35 and 40 ° C. The *E. camaldulensis* and *E. brassiana* presented higher germination percentages than the others. In the second experiment there was a reduction in seed germination percentage and seed germination rate, with decrease in water potential and, in general, with temperature increase. *E. camaldulensis* and *E. brassiana* showed greater germination capacity in the water potential of -0.40 MPa, compared to the other

genotypes. The same occurred also under saline stress, however, there was a greater capacity of germination in higher NaCl concentrations, obtaining germination in potentials of -0.80 MPa. In greenhouse the genotypes presented differences in the characteristics evaluated that resulted in a greater or lesser degree of tolerance to the water deficit. In general, *E. camaldulensis* and *E. brassiana* were also superior, mainly regarding the physiological performance, when compared to the other genotypes. Together, the results indicate a possible correlation between the germination stages and initial seedling performance, regarding the responses to the abiotic stresses tested. The selection of genotypes tolerant to abiotic stresses in germination is still precipitated, but through this, it was possible to indicate where the plants will perform better.

Key-words: Water déficit, saline stress, eucalyptus, temperature

1 INTRODUÇÃO

Considerado o grupo de espécies mais importante da silvicultura brasileira, o gênero *Eucalyptus* é o mais cultivado no país, respondendo por 72,7% da área total com florestas plantadas (IBÁ, 2017). O eucalipto apresenta diversas vantagens em comparação a outros gêneros florestais, inclusive as nativas, oferecendo uma diversidade de possibilidade de usos como o papel, celulose, painéis com madeira reconstituída, laminados, além da geração de energia, biorredutor na siderurgia, serraria, dentre outros. Esta multiplicidade de usos, se dá, devido, à variabilidade genética existente entre e dentro das espécies, que proporciona boa capacidade de adaptação à diferentes condições ambientais.

As alterações das condições climáticas que vem ocorrendo nos últimos anos constituem um dos sérios problemas para a agricultura. Estudos têm demonstrado que a produção, o consumo e o comércio internacional de produtos de madeira serão grandemente afetados, tendo em vista que as condições climáticas previstas, indicam um aumento no período de secas e acréscimos na temperatura, influenciando diretamente a produtividade (IPCC, 2014).

Observando a produtividade para os plantios de eucalipto em anos anteriores, nota – se que em 2014 a produtividade média foi de 39 m³/há ao ano, e em 2015 e 2016 houve uma queda, atingindo 36 e 35,7 m³/ha ao ano, respectivamente. Essa redução na produtividade está relacionada a um déficit de precipitação que ocorreu nos anos de 2014/2015, e que vem ocorrendo na região sudeste do país, principal produtora de eucalipto (IBÁ, 2017).

Prevendo essas mudanças climáticas, o gerenciamento da variabilidade genética, junto a testes em diferentes condições ambientais, tem sido bem sucedido para selecionar plantas com boa capacidade de crescimento e resistência parcial aos estresses abióticos (HARFOUCHE; MEILAN; ALTMAN, 2014). Uma das maneiras que vem sendo utilizadas, é o teste de genótipos sob condições totalmente distintas do local de origem, com objetivo de prever o comportamento da planta frente às possíveis alterações ambientais (BLACKMAN et al., 2017).

Devido ao tempo gasto para seleção de genótipos de eucalipto em campo, algumas alternativas têm sido utilizadas, com o intuito de acelerar esse processo. A caracterização ecofisiológica de plantas no estágio de mudas e, ou juvenil, sob condições estressantes, de déficit hídrico, temperatura ou mesmo por salinidade, tem-se apresentado promissora, uma vez que produz resultados confiáveis, reduzindo-se o tempo (CHAVES et al., 2004; MASEDA; FERNÁNDEZ, 2016). Outra possibilidade é a avaliação dessas mesmas condições estressantes sobre o processo germinativo, conferindo assim os efeitos ambientais e genéticos nesse estágio, para possível seleção de genótipos tolerantes.

Pesquisas simulando o efeito de estresses na germinação e no vigor de sementes de espécies florestais têm sido desenvolvidas (LÓPEZ et al., 2000; RAWAL et al., 2015; SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016), tentando não somente definir condições ótimas de germinação, mas também o comportamento futuro das espécies frente às previsões de alterações climáticas.

Mesmo com esses estudos, Rix et al. (2015) concluíram que os mecanismos que causam as diferenças genéticas na resposta da germinação são desconhecidos, mostrando a grande complexidade que envolve essa área e a necessidade de mais estudos que variem o germoplasma, a estação e o ambiente.

Como a seleção de genótipos tolerantes na fase de germinação ainda gera controvérsias quanto à sua eficiência, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da temperatura, déficit hídrico e salino na germinação de sementes, em laboratório, e correlacionar as respostas obtidas com a fase de mudas submetidas a déficit hídrico, em vasos em casa de vegetação, de cinco espécies e dois híbridos de eucalipto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* e subgênero *Symphyomyrthus* foi descrito pela primeira vez pelo botânico francês Charles Louis L'Héritier de Brutelle, em 1788 (LONGUE; COLODETTE, 2013). Pertencente à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonae, ordem Myrtales, família Myrtaceae, conta com mais de 900 espécies já catalogadas, quase todas nativas da Austrália, exceto o *E. urophylla* que ocorre na Indonésia e o *E. deglupta* também na Indonésia e na Pápua Nova Guiné (BOLAND et al., 2006; FONSECA et al., 2010).

Comercialmente este gênero é cultivado em aproximadamente 90 países. No Brasil a primeira introdução data de 1868. Porém, só a partir do início do século 20, é que foi introduzido um significativo número de espécies deste gênero (ANDRADE, 1961). As plantações de eucalipto também são amplamente distribuídas na Ásia, África, Europa e Oceania e desempenham um papel proeminente na economia mundial (FONSECA et al., 2017).

Edmundo Navarro de Andrade foi o primeiro cientista brasileiro a estudar e cultivar o eucalipto. Em 1904 trabalhando com o setor ferroviário objetivava utilizar as árvores plantadas para abastecer as caldeiras das locomotivas, bem como para a produção de dormentes. De uma forma geral, as principais espécies de eucalipto que são utilizadas foram introduzidas por Navarro de Andrade, na cidade de Horto de Rio Claro (SP) (FERREIRA, 2016).

Apesar da quantidade de espécies descritas, os plantios a nível mundial são restritos a poucas espécies, podendo-se citar, principalmente, *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. robusta* e *Corymbia citriodora* (SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016; GONÇALVES et al., 2017).

No Brasil as principais espécies cultivadas incluem o *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, entre outras e alguns híbridos como "*Eucalyptus urograndis*" (*E. grandis* X *E. urophylla*), "*E. urocam*" (*E. urophylla* X *E.*

camaldulensis), *E. "grancam"* (*E. grandis* X *E. camaldulensis*), dentre outros (LERAYER et al., 2008).

O sucesso deste gênero no Brasil pode ser explicado pelas seguintes características: adaptação à diversas condições edafoclimáticas; adequação da madeira produzida a uma vasta multiplicidade de usos (celulose, papel, chapas de fibra, aglomerados, painéis, móveis, estruturas para construção civil, postes, dormentes, entre outros); obtenção de produtos florestais não madeireiros e facilidade para a propagação vegetativa (SANTOS et al., 2003).

Concentrando sua produção principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia, a indústria brasileira de base florestal é reconhecida mundialmente pela alta produtividade de suas áreas plantadas. A produtividade do setor brasileiro é a maior comparada com os outros países produtores, além de apresentar a menor rotação do mundo. Em 2016, o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal, com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de eucalipto (IBÁ, 2017).

2.2 Estresses Abióticos na Germinação

2.2.1 Estresse por altas temperaturas

A temperatura é uma condição descrita como necessária, pois influencia no processo germinativo das espécies, mesmo que esse fator reflita apenas no processo global, não havendo um coeficiente único que caracterize a germinação, ou seja, sozinha a temperatura não é capaz de iniciar a germinação, contudo, ela pode reprimir ou acelerar o processo, mesmo que outras condições estejam favoráveis (POPINIGIS, 1985).

A temperatura irá atuar no processo germinativo regulando as reações metabólicas, já que cada reação apresenta exigências térmicas próprias. Outro processo regulado também pela temperatura é a embebição, neste caso regulando a velocidade com que a água transpassa o tegumento seminal e as membranas celulares (AZERÊDO; PAULA; VALERI, 2011).

Quanto maior a temperatura, mais eficiente e rápido será o processo de germinação, desde que não ultrapasse a temperatura máxima, determinada para cada espécie. A temperatura ótima, para a maioria das espécies cultivadas, encontra-se entre 20 e 30 °C. Abaixo da temperatura ótima, há redução da velocidade do processo, o que pode também levar a uma redução na germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Rix et al. (2011) mostraram que temperaturas acima de 30 °C, atrasaram o início da germinação, diminuíram a porcentagem de germinação, causando elevada morte nas sementes, além reduzirem o desenvolvimento de plântulas normais em lotes comerciais de *E. globulus*.

A exposição à altas temperaturas durante a germinação, afetou a permeabilidade da membrana, alterou a velocidade da água e depois afetou a absorção de água das sementes, favorecendo a desintegração das estruturas protéicas (LIN et al., 2016; PEREIRA et al., 2016). Assim como redução da função enzimática, danos à membrana, alteração do metabolismo energético, síntese de DNA e vazamento de eletrólitos e potássio são observados (RIX et al., 2015).

Este extravasamento está ligado a aceleração dos movimentos moleculares, tornando mais fracas as ligações químicas que associam os átomos que formam as moléculas, e as camadas de lipídios das biomembranas tornam-se mais fluidas, o que ocasiona um aumento do efluxo de material celular para o meio (BELLO et al., 2008).

2.2.2 Estresse por déficit hídrico

As condições ambientais devem ser favoráveis quanto à água, temperatura, oxigênio e luz. A primeira condição para a germinação de uma semente viável é a disponibilidade de água, de forma que ocorra sua reidratação (POPINIGIS, 1985).

A água tem determinante papel no processo germinativo, primeiro da absorção da água que resulta da reidratação dos tecidos, com consequente intensificação da respiração e de todas outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessário para a retomada do crescimento do eixo embrionário (ATAÍDE; BORGES; LEITE FILHO, 2016).

O déficit hídrico geralmente é atribuído à redução no potencial de água, quanto mais negativo os valores de potencial, menos água disponível, ou livre (TAIZ; ZEIGER, 2013). Potenciais hídricos externos, quando muito negativos principalmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo causar impedimentos na sequência de eventos do processo germinativo (BOTELHO; PEREZ, 2001), com a redução na velocidade de hidratação dos tecidos e difusão de oxigênio, exigindo maior tempo para a reorganização das membranas e desenvolvimento de processos metabólicos (SILVA et al., 2016). Há também um prejuízo para o alongamento celular e a síntese de parede (GIROTTTO et al., 2012).

Quando a água é removida, abaixo do limite suportado pela célula, é possível que haja um aumento da concentração dos solutos, alteração do pH da solução intracelular, aceleração de reações degenerativas, desnaturação de proteínas e a perda da integridade das membranas e aumento na ocorrência de plântulas danificadas e anormais (PEREIRA et al., 2014). Para atenuar esses efeitos, diversos mecanismos de defesa são ativados, como a atuação da família de proteínas LEA ("Late Embryogenesis Abundant"), conhecidas por se acumularem substancialmente no tecido embrionário no estágio tardio da maturação da semente, mas também nos tecidos vegetativos submetidos ao estresse abiótico, fato que está associado a maior tolerância à dessecação, prevenindo a agregação de proteínas e preservando a atividade enzimática durante a desidratação (VALDÉS et al., 2013).

Isso também é válido para as enzimas que combatem o dano oxidativo, como, a catalase (CAT; EC 1.11.1.6), ascorbato peroxidase (CAT; EC 1.11.1.1), superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) e dentre outras, que atuam combatendo as espécies reativas de oxigênio (EROs) (BARBOSA et al., 2014) e os hormônios vegetais, que são substâncias que transformam sinais ambientais específicos em respostas bioquímicas, produzindo modificações no estado fisiológico da semente (BOTELHO; PEREZ, 2001). Como principal hormônio associado aos estresses abióticos, o ácido abscísico (ABA) é frequentemente envolvido como um mediador sistêmico, onde o acúmulo pós déficit hídrico, serve como um sinal inicial para reações de aclimatação a longo prazo, de modo a envolver a expressão diferencial de genes que conduzem a mudanças nos padrões de transcrição e proteína (VALDÉS et al., 2013).

2.2.3 Estresse por salinidade

Outro fator que afeta o processo de embebição da semente é a salinidade. Quando ocorre o aumento da concentração de sais, há uma diminuição do potencial hídrico, que interfere no processo de absorção da água pelas sementes (RIBEIRO et al., 2001).

Além da influência da redução do potencial hídrico, as condições salinas prejudicam as sementes pelo efeito tóxico dos íons, o que pode afetar algumas atividades enzimáticas da semente, dificultando a absorção de outros nutrientes importantes, resultando em um tempo prolongado de germinação e consequente redução em alongamento de raiz e parte aérea (CAVALLARO et al., 2016).

Além dos mecanismos envolvidos de proteção envolvidos no déficit hídrico, no estresse salino, há também, o acúmulo de íons em vacúolos e no citoplasma, aumentando a tolerância ao estresse salino (FARIAS et al., 2009; EL-KEBLAWY; GAIROLA; BHATT, 2016)

2.3 Efeito do Déficit Hídrico em Plantas

Em todo mundo o estresse por déficit hídrico é um grande problema para as plantas cultivadas, afetando o crescimento e desenvolvimento das culturas. Este fato é datado desde os antigos povos sumérios, onde o homem sempre procurou alternativas mais efetivas para o aproveitamento da água, com o objetivo de superar os efeitos do déficit hídrico nas plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Diversos processos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos das plantas são afetados pela deficiência hídrica, notadamente, por aumentar a resistência difusiva ao vapor de água, mediante o fechamento estomático, a transpiração e o suprimento de dióxido de carbono para o processo fotossintético são reduzidos, consequentemente, há diminuição do crescimento celular e aumento da fotorrespiração (SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007).

De modo geral, o comportamento frente a estresses primários, como a seca, a salinidade e o frio, são muitas vezes interligados, gerando danos celulares e estresses, como osmóticos e oxidativos. Os primeiros sinais de estresse (por exemplo,

efeitos osmóticos e iônicos ou mudanças na temperatura ou fluidez da membrana) da início aos processos de sinalização e controles de transcrição, que ativam mecanismos responsivos ao estresse para restabelecer a homeostase celular e para proteger e reparar proteínas danificadas e membranas (HARFOUCHE; MEILAN; ALTMAN, 2014).

A demanda de energia da planta exposta a um ambiente seco, é maior do que a energia produzida por ela, levando a problemas fisiológicos, seguidos por aclimação e estratégias de adaptação nas gerações seguintes (LARCHER, 2006).

Os estudos na área são importantes, já que as respostas das plantas ao estresse, variam conforme, a espécie, duração e severidade, a idade e estágio de desenvolvimento, o órgão e tipo de célula e o comportamento subcelular (CAMBRAIA, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material Vegetal

Para desenvolvimento da pesquisa o IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) forneceu sementes de cinco espécies e dois híbridos de eucalipto, referidas neste trabalho, como genótipos. Coletadas em cinco áreas de produção de sementes (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1. Genótipos de *Eucalyptus* utilizadas nos experimentos

| Genótipos | Seção | Local de coleta | Classificação climática ^a | Safras | Área de melhoramento |
|---|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------|----------------------|
| <i>E. brassiana</i> | Exsertaria | Urbano Santos -MA | Aw | 2006 | APS (F1) |
| <i>E. camaldulensis</i> | Exsertaria | Selviria – MS T00 01 | Aw | 2012 | APS (F1) |
| <i>E. grandis</i> | Latoangulata | Lençóis Paulista - SP T19 1301 | Cwa | 2009 | APS (F2) |
| <i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i> (<i>E. grancam</i>) | x | Anhembi – SP TA33 C186 | Cwa | 2016 | APS (F3) |
| <i>E. saligna</i> | Latoangulata | Itatinga – SP TI24 G100 | Cwa | 2015 | PSM (F2) |
| <i>E. urophylla</i> | Latoangulata | Anhembi – SP T8 D65 | Cwa | 2014 | APS (F2) |
| <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> (<i>E. urograndis</i>) | Latoangulata | Anhembi – SP T15 B153 | Cwa | 2013 | PSM (F4) |

*APS= Área de produção de sementes; PSM= Pomar de sementes por mudas. Fn (n = 1 a 4) = Geração de Melhoramento Fonte: IPEF.

^a Classificação climática de Koppen: Aw- clima tropical com estação seca de Inverno; Cwa- clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente

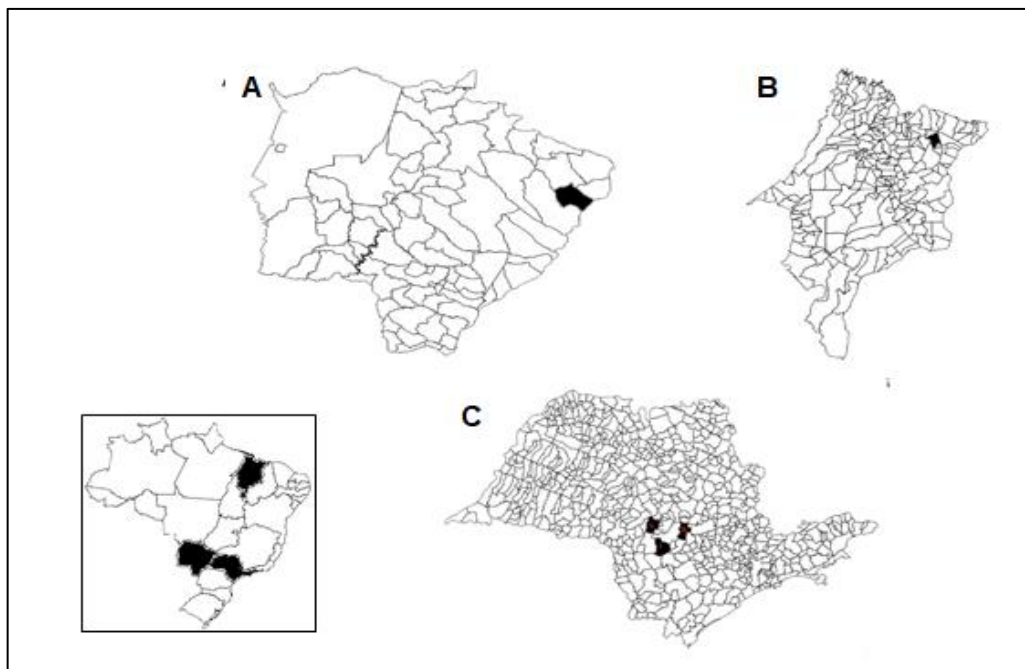


Figura 1. Localização das áreas de coletas das sementes, (A) Selviria – MS, (B) Urbano Santos – MA e (C) Anhembi, Lençóis Paulista e Itatinga – SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Instalação e Condução dos Experimentos

Foram conduzidos quatro experimentos, sendo três em condições controladas em laboratório, onde foram feitos teste de germinação, e o quarto experimento foi conduzido em casa de vegetação.

3.3 Experimentos em Laboratório

3.3.1 Experimento 1 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto em diferentes temperaturas

Inicialmente foram conduzidos testes de germinação, visando obter a temperatura ótima para cada espécie e híbrido (genótipos) de eucalipto estudado. As temperaturas avaliadas foram de 20, 25, 30, 35 e 40° C, que foram escolhidas de acordo com dados da literatura, de forma a se obter uma temperatura ótima e uma supra-ótima. O delineamento adotado foi de blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial 5x7 (5 temperaturas e 7 genótipos de eucalipto), com cinco repetições. A

quantidade de sementes utilizada por repetição foi de 0,2 g de sementes para o *E. brassiana* e 0,1 g para os demais genótipos, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

As sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com água deionizada ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, acondicionadas em caixas de plástico transparentes (11 cm x 11 cm x 3 cm), envoltas em sacos de plásticos para a manutenção da umidade do substrato, sendo então levadas para as câmaras de germinação (B.O.D.) nas respectivas temperaturas.

Foram feitas contagem diárias de germinação, entre 3 e 14 dias após a semeadura, quando se verificou o início da protrusão da radícula e a estabilização no número de sementes germinadas, respectivamente (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos, inicialmente, em número de plântulas por grama de sementes e posteriormente, relativizou-se a germinação de cada material em função do número máximo de sementes germinadas. Calculou-se o índice de velocidade de germinação (IVG), o coeficiente de velocidade de germinação (CVG) e o tempo médio de germinação (TMG), conforme Labouriau e Valadares (1976) e o índice de sincronização (IS), calculado de acordo com Santana e Ranal (2000).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SAS versão 9.3.

3.3.2 Experimento 2 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por PEG 6000 em duas temperaturas

A germinação foi avaliada sob 11 potenciais hídricos e duas temperaturas, que tiveram por base os resultados do experimento anterior, sendo uma ótima (25 °C), e uma supra-ótima (35 °C) e os potenciais hídricos foram escolhidos de acordo com dados observados na literatura e com um pré-teste, indicando, os potenciais hídricos de 0,00 MPa (água); -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,25; -0,30; -0,40; -0,60; -0,80 e -1,00

MPa, obtidos com soluções aquosas de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), segundo recomendações de Villela, Doni Filho e Siqueira (1991).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 11x7x2 (11 potenciais osmóticos x 7 genótipos x 2 temperaturas). A montagem do experimento seguiu os mesmos procedimentos do experimento anterior, diferindo nas quantidades de sementes utilizadas por repetição para alguns genótipos, onde para *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis* (*E. urograndis*), a quantidade de sementes foram reduzidas para 0,05 g, para obter no máximo cerca de 50 plântulas por repetição. As sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel mata-borrão que foram umedecidas com água (0,00 MPa) ou com as soluções de PEG 6000 em volume (mL) equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado (Figura 2). O teste teve a mesma duração do experimento anterior, ou seja, 14 dias. Além das características avaliadas no experimento anterior, avaliou-se o comprimento da parte aérea e de raiz e relação raiz/parte aérea. Para avaliação do comprimento das plântulas tomou-se ao acaso 10 plântulas, que foram medidas com auxílio de uma régua graduada em mm.

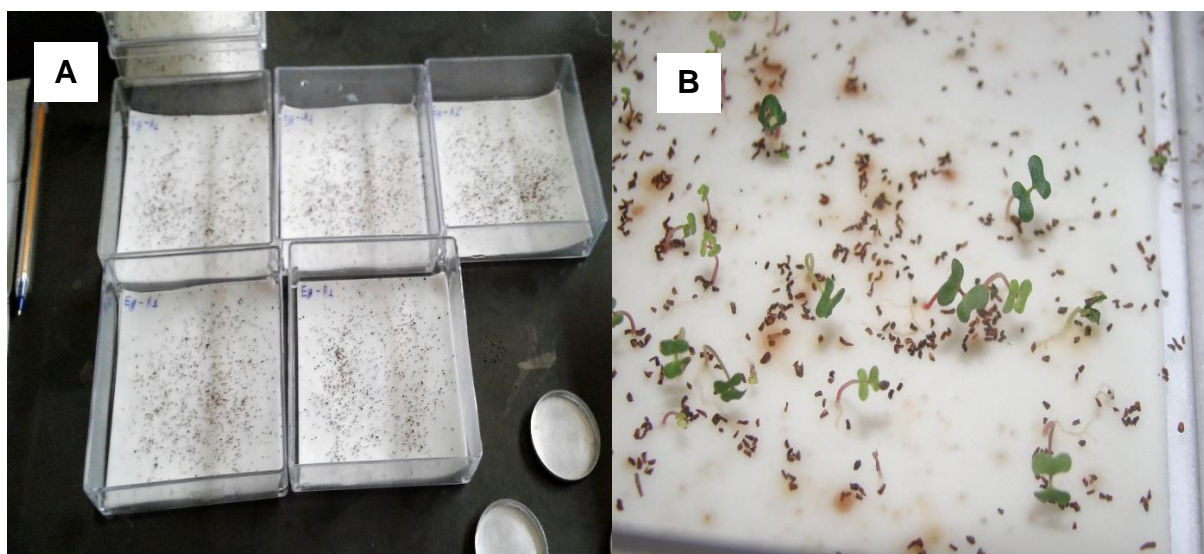


Figura 2. Semeadura das sementes sobre duas folhas de mata borrão. A) disposição das sementes; B) plântulas.

Para comparações dos resultados, as variáveis TMG, CVG e ISG foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação entre os genótipos. Para as variáveis porcentagem germinação e IVG optou-se pela análise de regressão, para se verificar

os efeitos dos potenciais hídricos. Utilizou-se de um modelo logístico não linear (logística 1), conforme a metodologia utilizada por Azerêdo, Paula e Valeri (2016):

$$y = a / (1 + e^{-k(x-xc)}) \text{ em que :}$$

y= valor da característica para um determinado valor de x (potencial hídrico);

a= valor máximo da característica y;

k= taxa relativa de crescimento (no caso presente de redução de y);

xc= valor de x (potencial hídrico) que proporciona uma redução no valor máximo da característica em 50%.

As análises estatísticas foram processadas nos softwares SAS 9.3 e as regressões feitas no Microcal Origin 8.0.

3.3.3 Experimento 3 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por NaCl em duas temperaturas

Este experimento, seguiu os mesmos procedimentos do anterior (Experimento 2), sendo conduzido sob duas temperaturas (25 e 35°C) com os mesmos genótipos de eucalipto, alterando apenas a forma de obtenção dos potenciais hídricos, onde foi usado o NaCl. Com exceção do controle que foi utilizado somente água (0,00 MPa), para se obter os dez potenciais salinos: -0,05; -0,010; -0,15; -0,20; -0,25; -0,30; -0,40; -0,60; -0,80 e -1,00 MPa, foi preparado uma solução aquosa de NaCl, de acordo com a equação de van't Hoff:

$$\Psi_s = -iRTC$$

em que:

i = fator de dissociação (no caso do NaCl, i = 2);

R = constante dos gases ($R = 8,32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$);

T = temperatura absoluta, em graus Kelvin;

C = concentração de solutos na solução, expressa como osmolalidade (moles de solutos totais dissolvidos por litro de água - mol L^{-1})

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 11x7x2 (11 potenciais osmóticos x 7 genótipos x 2 temperaturas), com cinco repetições. Foram avaliadas as mesmas características e seguindo-se os mesmos

procedimentos estatísticos do experimento anterior (Experimento 2), diferindo apenas na análise do comprimento de plântulas, cujo os dados se ajustaram bem a equação polinomial.

3.4 Experimento em Casa de Vegetação

3.4.1 Experimento 4 - Desempenho de mudas de espécies e híbridos de eucalipto sob três regimes hídricos em casa de vegetação

Nesse último experimento foi avaliado o desempenho de mudas dos sete genótipos, submetidos a três regimes hídricos, com o intuito de verificar o comportamento das plantas à baixa disponibilidade hídrica. Para obtenção das mudas desse experimento, as sementes foram semeadas em recipientes contendo substrato comercial Plantmax® e areia. Após a germinação, as plântulas foram repicadas em tubetes, permanecendo neste recipiente por 90 dias, quando atingiram porte adequado para então serem plantadas em vasos.

As mudas dos setes materiais foram plantadas em vasos de plástico preto preenchidos com 7 kg de uma amostra de solo da região de Jaboticabal, classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, típico, textura muito argilosa, de acordo com EMBRAPA (1999), cuja análise de fertilidade encontra-se na Tabela 2. O solo, seco e peneirado, foi devidamente corrigido de forma a elevar a saturação por bases a 60% utilizando a relação 3:1 de Ca:Mg. No mesmo procedimento foi realizada a adubação fosfatada via superfosfato simples (100 mg/dm⁻³ de P), tendo como base as recomendações de Gonçalves et al. (1997).

Tabela 2. Caracterização química do solo utilizado no experimento.

| pH | M.O. | P-resina | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V |
|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----|----|------|------|------|----|
| CaCl ₂ | g/dm ⁻³ | mg/dm ⁻³ | mmol/dm ⁻³ | | | | | | % |
| 5,6 | 4 | 4 | 1,8 | 9 | 3 | 12 | 13,8 | 25,8 | 53 |

M.O. matéria orgânica; SB - Soma de bases; T - Capacidade de troca catiônica, V - Saturação por bases

O experimento foi conduzido em casa de vegetação coberta com filme de plástico transparente de 150 μm de espessura e as laterais revestidas com telas com capacidade de interceptação de 30% da luz, entre os meses de maio e setembro de 2017. Com monitoramento da temperatura máxima e mínima, dentro da casa de vegetação (Figura 3).

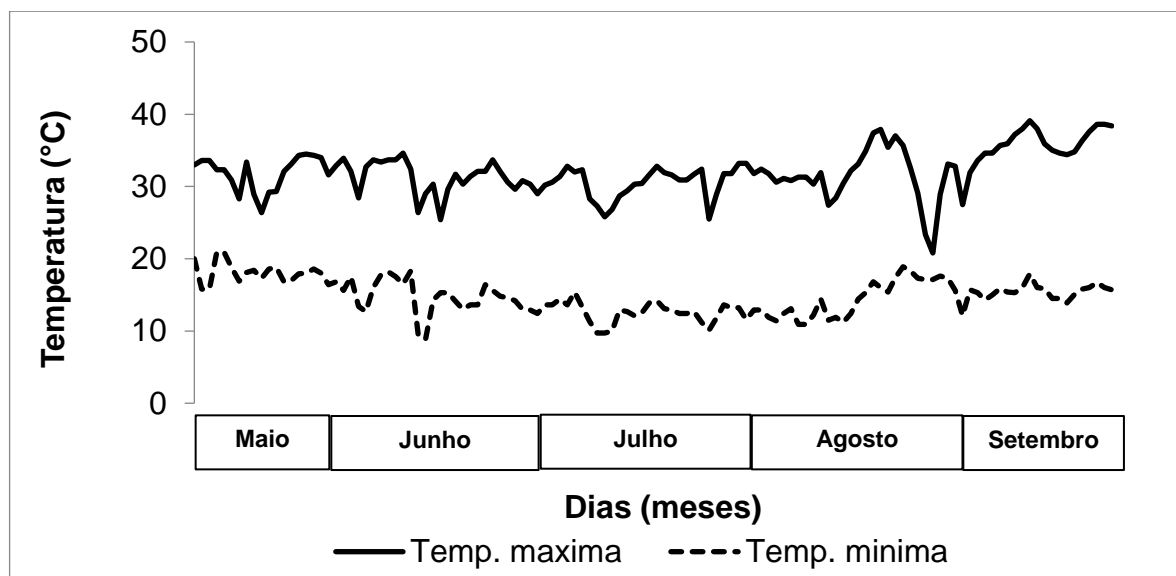


Figura 3. Temperaturas máxima e mínima dentro de casa de vegetação, coletadas diariamente entre 11/05/2017 e 11/09/2017.

Após o plantio e antes da imposição dos regimes hídricos, as mudas passaram por um período de aclimação de 7 dias, visando garantir a sobrevivência das mesmas. Os tratamentos hídricos que consistiram da manutenção da umidade do solo em 60% (RI1), 40% (RI2) e 20% (RI3) da capacidade máxima de retenção de água (CMRA) pelo substrato, também denominada como capacidade de vaso.

Os tratamentos correspondentes aos diferentes níveis de umidade do solo, foram mantidos até o final do experimento, que teve duração de 125 dias desde o plantio. A reposição diária da quantidade de água suficiente para manter a umidade desejada dos tratamentos, foi feita pelo método gravimétrico. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 7 x 3 (sete genótipos e três níveis de umidade do solo), com cinco repetições, com duas plantas por parcela, totalizando 210 plantas.

a) Avaliações de crescimento

As avaliações do crescimento das plantas foram realizadas no final do experimento por meio da altura total, medida com régua graduada em cm; do diâmetro do coleto determinado com paquímetro digital; do número de folhas, da área foliar determinada com (Li-Cor 3100), da massa seca de folhas, da massa seca de caule + ramos e massa seca de raízes, determinadas em balança de precisão após submeter o material vegetal à secagem, em estufa de circulação de ar, a 65 °C, até massa constante.

b) Avaliações fisiológicas

Foram avaliadas a taxa de assimilação líquida (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e CO_2 intracelular (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-2}$), a nível foliar, determinadas com o (IRGA), modelo LCPro+ (ADC BioScientific Ltd.) acoplado a uma fonte de luz artificial regulada para fornecer fluxo de fótons fotossinteticamente ativo de $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e sob concentração de CO_2 ambiente ($400 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Foram feitas duas medições, uma realizada entre 8 h e 11 h, onde foram feitas medições em todos tratamentos e uma outra onde se mediu apenas os tratamentos com 60 e 20% da capacidade de campo, com medições ao longo do dia, feitas de duas em duas horas, em folha totalmente expandida no ápice da planta, entre 7 h e 17h. Com os resultados das trocas gasosas foram calculadas a eficiência instantânea de uso da água (EIT, $\mu\text{mol mmol}^{-1}$), estimada pela razão entre a assimilação líquida e transpiração e a eficiência intrínseca do uso da água (EUA, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), estimada pela razão entre assimilação líquida e condutância estomática.

Foi determinado também o rendimento fotoquímico máximo do fotossistema II com o uso de um fluorômetro portátil modelo OS-30P (OPTI-Sciences) após manter o tecido foliar a ser medido no escuro por no mínimo 20 minutos com o auxílio de pinças cliques específicos. Determinou-se, ainda, o potencial hídrico foliar, no período ante-manhã, pelo método da bomba de pressão estabelecido por Scholander et al. (1965) em pequenos brotos que foram destacados da planta e colocados na câmara de pressão.

c) Avaliações bioquímicas

Foram feitas as quantificações dos teores de açúcares solúveis totais nas folhas (mg. g^{-1}), pelo método de Dubois et al. (1956) e de açúcares redutores (mg. g^{-1}), pelo método de Somogyi-Nelson, descrito por Nelson (1944). usando folhas totalmente expandidas de quatro repetições de cada tratamento coletadas final do experimento. As leituras foram feitas em espectrofotômetro.

A quantificação de carotenóides e clorofilas foram feitas, somente para os tratamentos de 60 e 20% da capacidade de campo, seguindo a metodologia descrita por Lichtenthaler (1987). Onde foram pesados pequenos círculos de limbo foliar com pesos de 0,025g a 0,030g de massa fresca e colocadas em Eppendorf com acetona e levados para geladeira por 48 horas, com posterior leitura em espectrofotômetro.

Os resultados das análises foram interpolados em uma curva padrão para determinar a quantidade desses compostos (mg g^{-1}) de massa fresca de folhas.

d) Avaliação da morfometria dos estômatos

Determinou-se a densidade estomática (número de estômatos mm^{-2}), o índice estomático (%) e a funcionalidade dos estômatos a partir da determinação do diâmetro polar e equatorial dos estômatos (μm), para os tratamentos extremos de umidade do solo (60% e 20%). Estas determinações foram realizadas usando folhas totalmente expandidas, coletadas de quatro repetições ao final do experimento. Foi feita a impressão da face abaxial e adaxial da epiderme das folhas em lâmina seguida da contagem das células epidérmicas e estomáticas. As contagens foram realizadas em 10 campos de $0,04 \text{ mm}^2$ por folha, obtidos com microscópio eletrônico (Coleman XSZ-N107), sob aumento de 10x. O cálculo do índice estomático foi feito de acordo com a expressão: Índice estomático (IE) = $[\text{NE}/(\text{CE} + \text{NE})] \times 100$, em que NE é o número de estômatos e CE o número de células epidérmicas propriamente ditas.

A funcionalidade dos estômatos (F), foi obtida segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), pela seguinte expressão: $(F) = (\text{DP}/\text{DE})$, onde F representa a funcionalidade dos estômatos, o DP diâmetro polar e DE diâmetro equatorial. Que foram analisados em um fotomicroscópio Bel Photonics®.

e) Análise de dados

Todos dados foram submetidos a análise de variância com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi feita uma representação gráfica, para o efeito dos regimes de irrigação, quando estes apresentaram diferenças significativas e o desdobramento quando houve interação dos fatores. Para o comportamento fisiológico das plantas ao longo do dia foi feita também uma representação gráfica das médias obtidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto em diferentes temperaturas

Os genótipos de eucalipto apresentaram comportamento diferenciado frente às temperaturas estudadas. Até 30 °C não houve diferença na germinação, diferindo em temperaturas mais elevadas de 35 e 40 °C (Tabela 3). Moura (1982) relatou que a faixa de temperatura ótima para *E. urophylla* está entre 26 e 32 °C e López et al. (2000) verificaram para *E. globulus* que a temperatura ideal para germinação era de 28 °C e que a capacidade de germinação diminuía a 33 °C.

A 35°C, o *E. camaldulensis* e o *E. grandis* apresentaram melhor desempenho germinativo que o *E. saligna*. Isso demonstra que a germinação das duas primeiras espécies não é prejudicada por temperaturas mais altas, enquanto o *E. saligna* se mostrou menos tolerante. Porém, o melhor desempenho do *E. grandis* observado nesse experimento, possivelmente foi devido ao lote de sementes, que continha alta quantidade de sementes em comparação aos outros materiais. Haja visto que quando se diminuiu a quantidade de sementes nos os outros experimentos, está espécie reduziu a germinação.

O fato de algumas espécies vegetais germinarem melhor em determinada temperatura, pode estar relacionado às temperaturas da região de origem da espécie, na época favorável à germinação de suas sementes (AZERÊDO; PAULA; VALERI, 2011). A 40°C o *E. camaldulensis* apresentou melhor desempenho germinativo, porém com valores moderados de germinação, não sendo tão afetado como os demais genótipos, que apresentaram redução significativa. Apesar do melhor desempenho do *E. camaldulensis* a 40 °C, observou-se apenas a protrusão da radícula, não havendo formação de plântulas normais. Segundo Medeiros et al. (2017), o fato de ocorrer germinação de sementes, mas não a formação de plântulas em temperaturas mais elevadas, limita a área onde essa espécie pode estabelecer-se e regenerar. A não germinação ou mesmo não formação de plântulas, está ligado aos danos ao metabolismo da germinação causado pelas altas temperaturas, podendo causar desnaturação de proteínas, redução da função enzimática, danos à

membrana, alteração do metabolismo energético, interferindo na síntese de DNA e promovendo vazamento de eletrólitos e potássio (RIX et al., 2015).

Tabela 3. Valores médios de porcentagem de germinação de sete genótipos de eucalipto em diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | <i>E. sal</i> | <i>E. cam</i> | <i>E.gran</i> | <i>E. uro</i> | <i>E. bras</i> | <i>E.gran x E.cam</i> | <i>E.uro x E. gran</i> |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| 20 | 83 Aa | 81 Aa | 65 Aa | 70 Aa | 79 Aa | 67 Aab | 71 Aa |
| 25 | 85 Aa | 87 Aa | 75 Aa | 77 Aa | 86 Aa | 85 Aa | 88 Aa |
| 30 | 86 Aa | 78 Aa | 84 Aa | 62 Aa | 61 Aa | 73 Aab | 76 Aa |
| 35 | 52 Bb | 82 Aa | 80 Aa | 57 ABa | 53 ABa | 52 Bb | 62 ABa |
| 40 | 8Bc | 64 Aa | 2 Bb | 9 Bb | 25 Bc | 9 Bc | 1 Bb |
| CV (%) | 17,5 | | | | | | |

E. sal – *Eucalyptus saligna*; *E. cam* – *E. camaldulensis*; *E. gran* – *E. grandis*; *E. uro* – *E. urophylla*; *E. bras* – *E. brassiana*; *E. gran x E. cam* – *E. grandis x E. camaldulensis*; *E. uro x E. gran* – *E. urophylla x E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Outra possível causa para a não germinação em temperaturas supra-ótimas, é resultante de respostas embrionários na presença de substâncias químicas, principalmente de natureza hormonal, que atuam e induzem a termoinibição (TAYLOR; HILLS; STADEN, 2007). As diferenças observadas, podem ser atribuídas, ainda, a fatores genéticos intrínsecos de cada espécie (STAGGEMEIER et al., 2015), além de fatores ambientais presentes no momento de formação da semente, tendo em vista que os limites de temperatura superior para germinação podem ser modificados manipulando a temperatura do ambiente materno durante a produção de sementes, sendo que sementes originadas nessas condições aumentam a tolerância ao estresse por altas temperaturas (SUNG et al., 1998; EL-KEBLAWY; GAIROLA; BHATT, 2016). Isto torna de grande importância a escolha da procedência da semente para plantios em ambientes específicos, fato este já comprovado em diferentes trabalhos no setor florestal.

Os resultados para o índice de velocidade de germinação (IVG) evidenciam que em baixas temperaturas a velocidade de germinação diminui. O IVG apresentou-se positivamente dependente da temperatura até 30 °C, para todos genótipos de

eucalipto, sendo prejudicado a partir desta temperatura (Tabela 4). A 20 °C, todos apresentaram comportamento semelhante, com baixo IVG. A 25 °C, *E. grandis* e *E. urograndis*, apresentaram maior IVG que os demais genótipos, com exceção do *E. brassiana*. A 30 °C, o *E. grandis* apresentou IVG maior, seguido do *E. urograndis*. Na temperatura de 35 °C, o IVG do *E. grandis* se manteve com o maior valor. Contudo volta – se a questão do lote de sementes, ser o motivo do melhor desempenho dessa espécie.

A maior velocidade de germinação, a partir da protrusão da raiz primária, nas temperaturas mais altas ocorreu em função da embebição mais rápida e, conseqüentemente, da aceleração das reações metabólicas que ocorreram durante o processo de germinação das sementes nessas temperaturas (ATAÍDE; LIMA; LEITE FILHO, 2016).

Nota-se que a temperatura ótima para a germinação é pouco menor do que a ótima para o IVG, fato que é explicado porque em temperaturas supra-ótimas, mesmo ocorrendo maior velocidade de germinação, somente as sementes mais vigorosas conseguem germinar, determinando assim, uma redução na porcentagem de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Tabela 4. Valores de índice de velocidade de germinação (IVG) de sete genótipos de eucalipto em diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | <i>E. sal</i> | <i>E. cam</i> | <i>E. gran</i> | <i>E. uro</i> | <i>E. bras</i> | <i>E. gran x E. cam</i> | <i>E. uro x E. gran</i> |
|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| 20 | 6,0 Aab | 7,7 Aab | 9,8 Ac | 5,1 Aa | 7,9 Ab | 4,9 Aa | 9,4 Ab |
| 25 | 7,2 Cab | 9,8 BCab | 17,8 Ab | 9,3 BCa | 14,3 ABa | 9,4 BCa | 16,0 Aa |
| 30 | 10,0 Ca | 12,1 Ca | 23,5 Aa | 8,9 Ca | 11,4 Cab | 9,1 Ca | 17,6 Ba |
| 35 | 4,6 Db | 12,4 Ba | 21,0 Aab | 8,3 BCda | 10,0 BCab | 6,3 CDa | 12,6 Bab |
| 40 | 0,5 Bc | 6,3 Ab | 0,2 B | 0,7 Bb | 3,6 ABc | 0,5 Bb | 0,1 Bc |
| CV (%) | 22,6 | | | | | | |

E. sal – *Eucalyptus saligna*; *E. cam* – *E. camaldulensis*; *E. gran* – *E. grandis*; *E. uro* – *E. urophylla*; *E. bras* – *E. brassiana*; *E. gran x E. cam* – *E. grandis x E. camaldulensis*; *E. uro x E. gran* – *E. urophylla x E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Como a temperatura ideal é obtida quando se tem o máximo de germinação em um curto período de tempo (RIBEIRO et al., 2016), esses resultados são

importantes e podem indicar quais espécies poderão compor os programas de seleção para características de adaptação às diversas condições ambientais, uma vez que características germinativas às vezes refletem o comportamento da planta adulta, sendo que sementes capazes de germinar em condições de estresse ambiental, como a seca, alta salinidade ou estresse por calor, também apresentam mudas mais tolerantes a essas condições (DONOHUE et al., 2010).

4.2 Experimento 2 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidos a déficit hídrico mediado por PEG 6000 em duas temperaturas

A interação entre temperaturas e potenciais hídricos sobre o processo germinativo de sementes das espécies e híbridos (genótipos) de eucalipto foi significativa. Os resultados são corroborados com os de Bell (1994), também trabalhando com eucalipto, obteve interação entre temperatura e potencial hídrico, e observou que o potencial hídrico tende a afetar mais a germinação em temperaturas supra ou subótimas.

Houve redução na porcentagem germinação e no índice de velocidade de germinação das sementes com o aumento do déficit hídrico e, em geral, com o aumento da temperatura (Tabela 5, 6; Figuras 4, 5 e 6). Todavia, na temperatura de 25 °C a maioria apresentou maior capacidade de germinar em menores potenciais, com média de -0,28 MPa para redução de 50% da germinação, e em 35 °C a média foi de -0,21 MPa para que ocorresse essa redução. De modo geral a temperatura afeta os processos iniciais de absorção de água ou os seguintes processos fisiológico-bioquímicos que induzem a divisão celular dentro da semente, tornando-os mais rápidos e eficazes ou causando danos ao sistema como um todo (LIN et al., 2016). Quando se aplica déficit hídrico sobre a germinação, temperaturas mais altas podem agravar os danos, tendo em vista que, com o aumento das reações ocorrendo na semente, a necessidade hídrica tende a aumentar, porém o déficit causado pela redução nos potenciais hídricos, dificulta a absorção de água, gerando um impedimento para que as reações metabólicas continuem, afim de que a germinação

ocorra (MACHADO et al., 2017). Além do mais, temperaturas acima de 30 °C também interferem na difusão de O₂ para dentro da semente (KERBAUY, 2012).

Tabela 5. Equações que estimam a germinação (G%) de sementes dos genótipos de eucalipto, nas temperaturas de 25 e 35° C, em função do déficit hídrico obtido com polietilenoglicol 6000 (PEG 6000).

| Equação | R ² |
|---|-----------------------|
| $G(E.b - 25\text{ °C}) = 74,00/(1 + e^{(-12,25(x-(-0,337))})}$ | R ² =0,95 |
| $G(E.b - 35\text{ °C}) = 68,123/(1 + e^{(-24,756(x-(-0,320))})}$ | R ² = 0,97 |
| $G(E.c - 25\text{ °C}) = 90,31/(1 + e^{(-10,780(x-(-0,264))})}$ | R ² = 0,98 |
| $G(E.c - 35\text{ °C}) = 100/(1 + e^{(-10,677(x-(-0,192))})}$ | R ² = 0,99 |
| $G(E.g - 25\text{ °C}) = 87.223/(1 + e^{(-17.629(x-(-0.290))})}$ | R ² = 0,97 |
| $G(E.g - 35\text{ °C}) = 77.041/(1 + e^{(-19.075(x-(-0.211))})}$ | R ² = 0,94 |
| $G(E.gc - 25\text{ °C}) = 73.557/(1 + e^{(-23.848(x-(-0.321))})}$ | R ² = 0,98 |
| $G(E.gc - 35\text{ °C}) = 81.961/(1 + e^{(-15.055(x-(-0.208))})}$ | R ² = 0,97 |
| $G(E.s - 25\text{ °C}) = 92.405/(1 + e^{(-15.659(x-(-0.216))})}$ | R ² = 0,98 |
| $G(E.s - 35\text{ °C}) = 48.546/(1 + e^{(-27.588(x-(-0.164))})}$ | R ² = 0,95 |
| $G(E.u - 25\text{ °C}) = 81.871/(1 + e^{(-20.660(x-(-0.305))})}$ | R ² =0,98 |
| $G(E.u - 35\text{ °C}) = 77.174/(1 + e^{(-17.931(x-(-0.204))})}$ | R ² =0,95 |
| $G(E.ug - 25\text{ °C}) = 78.049/(1 + e^{(-17.461(x-(-0.277))})}$ | R ² =0,96 |
| $G(E.ug - 35\text{ °C}) = 72.225/(1 + e^{(-15.962(x-(-0.205))})}$ | R ² =0,96 |

* *E. b* – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptus saligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

O limite para que ocorra germinação dos genótipos, está próximo a -0,4 MPa, e que em condições de déficit hídrico causados por potenciais hídricos menores que este, em geral, não há germinação (Figura 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Martins, Pereira e Lopes (2014), para *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. robusta* e *E. urophylla*, e por Prado et al. (2016) para *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. saligna*. Esses últimos autores observaram que a partir de -0,40 MPa não houve formação de plântulas. Silva, Bouillet e Paula (2016), avaliando

germinação do *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. urograndis* e conseguiu germinações até o potencial de -0,60 MPa, cessando em -0,80 MPa.

Dentre os genótipos avaliados neste experimento, o *E. brassiana* e *E. camaldulensis* apresentaram comportamento semelhante para a germinação nas duas temperaturas analisadas, porém, a 35 °C, em potenciais mais negativos o *E. brassiana* apresentou maior germinação. Para os outros genótipos, a diferença de germinação entre as temperaturas é mais nítida, visto que na temperatura de 25 °C os resultados da germinação em cada potencial hídrico são superiores aos observados a 35 °C. Em 35 °C o *E. saligna* mostrou-se a mais prejudicada.

Diferenças na fisiologia das sementes e, portanto, na capacidade de germinar sob estresse, foram relacionadas à distribuição geográfica das espécies, sendo que aquelas que germinam sob altas temperaturas estão associadas ao bom desenvolvimento em ambientes semiáridos, regiões em que maior umidade do solo ocorre por um curto período (BATTAGLIA, 1993).

O *E. brassiana* e o *E. camaldulensis* fazem parte da seção Exsertaria e são espécies indicadas para regiões semiáridas e o *E. saligna* da seção Latoangulata e indicado para regiões de clima subúmido e úmido-frio (SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016). Já seria possível então, argumentar que as diferenças observadas estão ligadas a genética de cada espécie. Porém importante também chamar a atenção para os locais de coleta das sementes, tendo em vista que segundo a classificação de Koppen, houve diferenças nas condições climáticas dos locais (tabela 1). Indicando que o clima também pode ter influenciado na resposta dos genótipos.

A 25 °C o melhor desempenho na germinação ocorreu para o *E. brassiana* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* (*E. grancam*), que mantiveram seu potencial germinativo, mesmo em menores potenciais, quando comparado às outras espécies, com queda de 50% da germinação em potenciais de -0,33 MPa e -0,32 MPa, respectivamente (Tabela 5; Figura 4). A 35 °C, o *E. brassiana* se manteve com o melhor desempenho. Os demais genótipos diminuíram sua capacidade de germinar em potenciais mais negativos, sendo o *E. saligna* o mais sensível ao estresse, com queda mais acentuada na germinação e redução de 50% no potencial de -0,16 MPa.

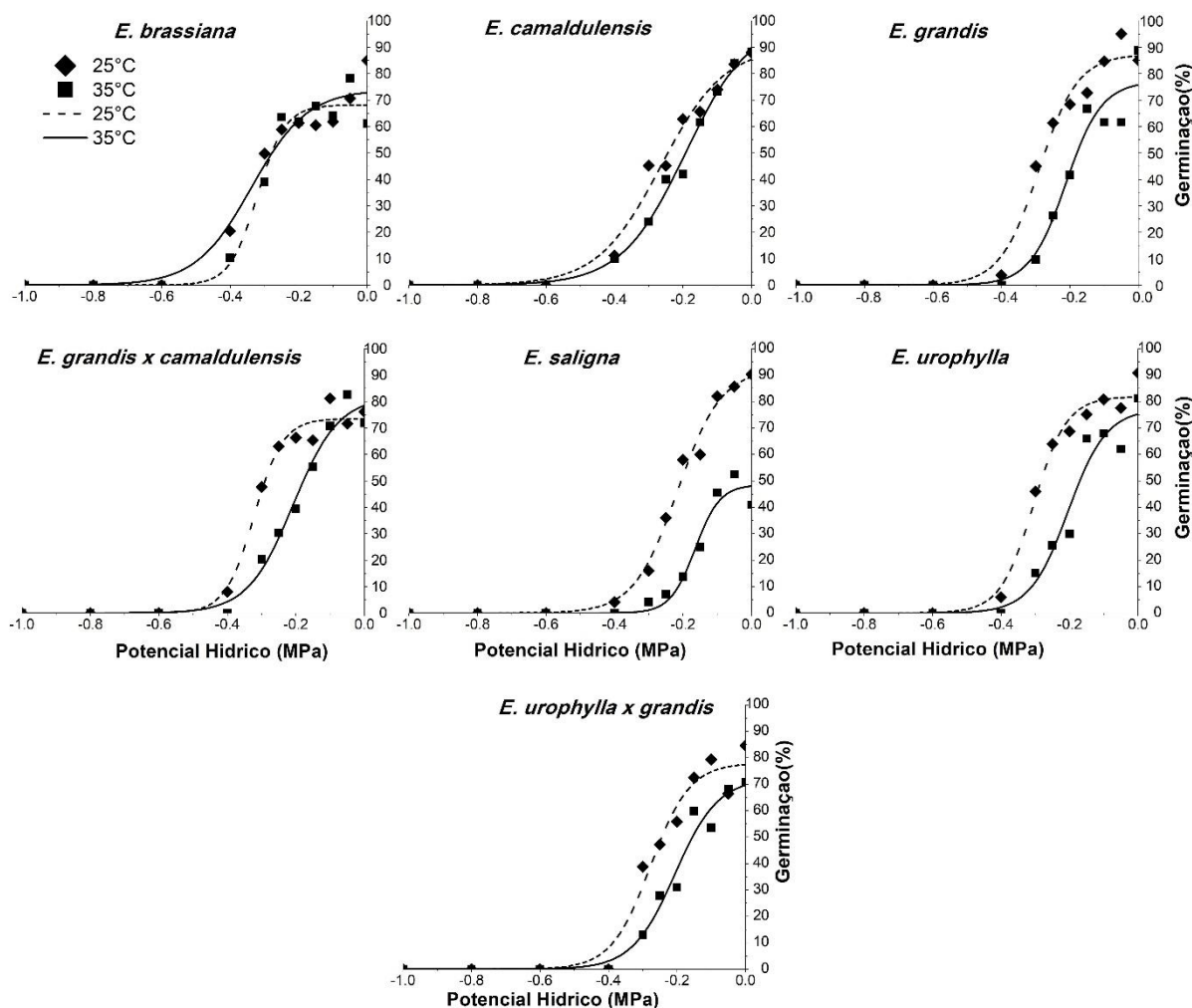


Figura 4. Germinação de sementes de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG 6000, a 25 e 35 °C.

Comparando a germinação entre os potenciais, todos os genótipos apresentaram bom comportamento germinativo até -0,05 MPa, o que segundo López et al. (2000), deve-se ao fato que esse intervalo não é suficiente para causar prejuízos na germinação, sendo esta afetada a partir do potencial de -0,10 MPa. Resultados semelhantes também foram encontrados por Battaglia (1993) trabalhando com potenciais maiores que de -0,10 MPa, a germinação de *E. delegantensis* não era afetada.

O *E. brassiana* e *E. camaldulensis* apresentaram maiores porcentagem de germinação a -0,40 MPa, nas duas temperaturas. Os demais genótipos apresentaram baixa germinação no potencial -0,40 MPa, a 25 °C, entretanto a 35 °C nesse mesmo

potencial hídrico não houve germinação. Para potenciais mais negativos -0,60; -0,80 e -1,00 MPa, não houve germinação para nenhum dos genótipos.

O potencial hídrico é um dos fatores que regula a absorção de água pela semente. A taxa de embebição das sementes diminui com a redução do potencial da água causando um déficit hídrico e, conseqüentemente, a diminuição, ou mesmo, a não ocorrência da germinação (PELEGRINI et al., 2013; REZVANI; ZAEFARIAN, 2017).

A capacidade de certas espécies germinarem em condições estressantes tem sido apresentada por diversos autores como função de efeitos genéticos e epigenéticos, além das condições ambientais em que a planta matriz se encontra, que podem afetar a resposta à dormência das sementes, a germinação, o tamanho, a dispersão, as propriedades do revestimento da semente, a longevidade e fecundidade (RIX et al., 2012, PELEGRINI et al., 2013, LONG et al., 2015; RIX et al., 2015)

Outros fatores, além dos que foram citados, a exemplo da composição química de sementes produzidas em ambientes sob estresse pode variar, uma vez que na sua formação, a translocação de compostos da planta para a semente se modifica (MARCOS FILHO, 2005). Assim, também pode ocorrer alterações na composição de fitohormônios, carboidratos, lipídios entre outros, que estão ligados à capacidade germinativa. Neste contexto o ácido abscísico (ABA) e as giberelinas, são os principais hormônios responsáveis em modular respostas fisiológicas da semente (KERBAUY, 2012). O ABA está intimamente ligado a condições de estresse ambiental (WILLIS et al., 2014), sendo responsável por impedir o processo germinativo das sementes ou mesmo torná-las mais tolerantes. Já as giberelinas têm papel importante na ativação do crescimento vegetativo do embrião, enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe seu crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Espécies que apresentem diferenças nas concentrações desses hormônios, devido às características genéticas ou mesmo por fatores ambientais no momento da formação da semente, influenciaram de formas distintas o processo germinativo sob diferentes estresses abióticos (MARCOS FILHO, 2005; RIBEIRO et al., 2016). A presença do ABA, além de atuar no controle estomático de plantas para diminuir a perda de água, atua aumentando o enchimento do grão que pode aumentar a viabilidade das sementes (SEILER et al., 2011). A quantidade de carboidratos pode

ser importante para um melhor desempenho germinativo sob déficit hídrico, pois esses atuam diminuindo o potencial hídrico no interior da semente, melhorando a capacidade de absorção de água, mesmo em condições de baixa disponibilidade, além de atuar como proteção (BUCKERIDGE et al., 2000).

Um estudo avaliando o comportamento de duas procedências de *E. globulus*, uma tolerante e outra sensível ao déficit hídrico, verificou que além das diferenças morfológicas entre as sementes havia, também, diferenças fisiológicas e moleculares, onde os conteúdos endógenos de ABA, bem como a acumulação de proteínas envolvidas nos processos de tolerância a estresses abióticos, foram maiores para as que eram tolerantes (VALDÉS et al., 2013).

Como observado para a germinação, o *E. brassiana* também apresentou maior IVG na temperatura de 35°C (Tabela 6; Figura 5). Os demais genótipos mantiveram suas posições quanto a temperatura, onde a temperatura que proporcionou maior germinação, também promoveu maior IVG. Na temperatura de 25° C o *E. brassiana* apresentou maior queda no IVG, com redução de 50% nesta característica a -0,18 MPa e o *E. grandis* manteve o IVG mais alto, com diminuição de 50% da velocidade no potencial de -0,24 MPa, demonstrando maior capacidade de absorção de água, ou mesmo ativação do seu metabolismo com baixa disponibilidade hídrica. Quando observa-se o IVG do *E. brassiana* tem-se semelhanças nas duas temperaturas, porem a 35°C houve melhor desempenho do metabolismo da semente, com redução de 50% de redução do IVG em -0,29 MPa. O maior IVG ocorreu na ausência de deficiência hídrica (0,0 MPa) e este reduziu à medida em que a disponibilidade hídrica tornou-se menor, apresentando valores próximo a zero no potencial de -0,40 MPa, ou seja, próximo ao potencial limite para a ocorrência de germinação.

Outras características como TMG, CVG e ISG, também foram avaliadas nesse experimento e estão apresentados no Apêndice. De uma forma geral, observou-se, conforme esperado, que o TMG apresentou comportamento oposto ao IVG, aumentando à medida que o potencial hídrico diminuiu, sendo que as maiores diferenças foram encontradas entre genótipos. O CVG seguiu a mesma tendência do IVG e, por fim, o ISG não foi afetado pelo potencial hídrico, ou seja, não causou alteração na sincronização do processo. Apresentando maiores diferenças somente entre os genótipos.

Tabela 6. Equações que estimam o índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de genótipos de eucalipto, nas temperaturas de 25 e 35° C, em função do déficit hídrico obtido com polietilenoglicol 6000 (PEG 6000).

| Equação | R ² |
|---|-----------------------|
| $IVG(E. b - 25^{\circ}C) = 11,562/(1 + e^{(-8,127(x-(-0,186))})}$ | R ² =0,95 |
| $IVG(E. b - 35^{\circ}C) = 9,652/(1 + e^{(-21,242(x-(-0,291))})}$ | R ² = 0,97 |
| $IVG(E. c - 25^{\circ}C) = 9,292/(1 + e^{(-12,376(x-(-0,244))})}$ | R ² = 0,98 |
| $IVG(E. c - 35^{\circ}C) = 15,090/(1 + e^{(-11,138(x-(-0,157))})}$ | R ² = 0,99 |
| $IVG(E. g - 25^{\circ}C) = 12,405/(1 + e^{(-13,150(x-(-0,247))})}$ | R ² = 0,97 |
| $IVG(E. g - 35^{\circ}C) = 9,793/(1 + e^{(-27,450(x-(-0,213))})}$ | R ² = 0,94 |
| $IVG(E. gc - 25^{\circ}C) = 12,483/(1 + e^{(-13,343(x-(-0,155))})}$ | R ² = 0,98 |
| $IVG(E. gc - 35^{\circ}C) = 10,628/(1 + e^{(-17,338(x-(-0,203))})}$ | R ² = 0,97 |
| $IVG(E. s - 25^{\circ}C) = 12,529/(1 + e^{(-10,720(x-(-0,194))})}$ | R ² = 0,98 |
| $IVG(E. s - 35^{\circ}C) = 5,413/(1 + e^{(-35,800(x-(-0,182))})}$ | R ² = 0,95 |
| $IVG(E. u - 25^{\circ}C) = 11,255/(1 + e^{(-14,494(x-(-0,226))})}$ | R ² =0,98 |
| $IVG(E. u - 35^{\circ}C) = 13,436/(1 + e^{(-12,631(x-(-0,134))})}$ | R ² =0,95 |
| $IVG(E.ug - 25^{\circ}C) = 13,801/(1 + e^{(-12,334(x-(-0,200))})}$ | R ² =0,96 |
| $IVG(E.ug - 35^{\circ}C) = 9,311/(1 + e^{(-18,965(x-(-0,212))})}$ | R ² =0,96 |

* *E. b* – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptus saligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Nessa característica avaliada, o *E. grandis* e *E. urophylla*, de uma forma geral, apresentam maior comprimento de raiz e *E. brassiana* e o *E. camaldulensis* os menores, nas duas temperaturas e nos diferentes potenciais hídricos, à exceção de *E. saligna* a -0,30 MPa na temperatura de 25 °C. A 25° C, *E. urophylla* e *E. urograndis* apresentaram maior comprimento no potencial de -0,15 MPa, porém o primeiro manteve comprimento estável ao longo dos outros potenciais, ao passo que *E. urograndis* diminuiu. Para *E. grandis*, *E. saligna* e *E. camaldulensis* o comprimento máximo de raízes ocorreu a -0,20 MPa, com posterior redução. *E. brassiana* manteve comprimento até -0,25 MPa, com aumento a -0,30 MPa.

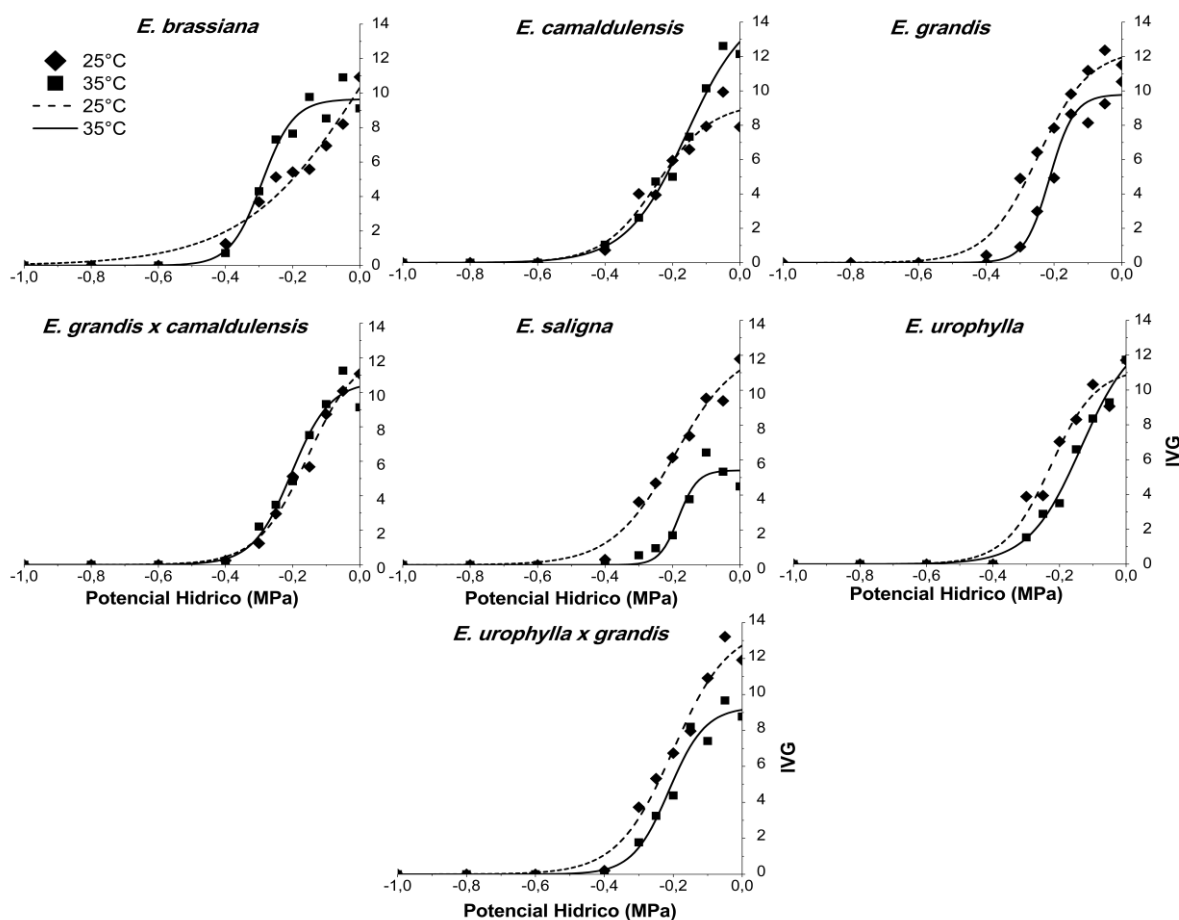


Figura 5. Índice de velocidade de germinação (IVG) sementes de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG 6000, a 25 e 35°C.

Na temperatura de 35°C, no geral, o *E. grandis* e *E. urophylla* continuaram apresentando os maiores comprimentos de raízes. O *E. urophylla* e *E. urograndis* apresentaram maior comprimento de raiz a -0,25 MPa. Tendo em vista que a temperatura que proporcionou melhor germinação para esses dois genótipos foi de 25 °C, o maior comprimento de raízes alcançado nesse potencial, pode ser devido a ao aumento na temperatura, levando a uma menor germinação e conseqüentemente menor competição entre as plântulas. Para o *E. grandis* o comprimento máximo foi atingindo a -0,15 MPa. *E. saligna* e *E. camaldulensis* apresentaram maior crescimento de raiz a -0,10 MPa, porém o *E. saligna* não formou plântulas normais a partir de -0,25 MPa e o *E. camaldulensis* manteve o desempenho mesmo com redução nos potenciais hídricos. Nessa temperatura o *E. brassiana* foi também a espécie que manteve o crescimento de raiz ao longo dos potenciais atingindo maior comprimento

no potencial de -0,30 MPa. Com exceção do *E. urophylla*, para os outros genótipos, nesse mesmo potencial não houve germinação.

A partir de -0,30 MPa não houve formação de plântulas normais, independentemente dos genótipos e da temperatura (Figura 6, 7 e 8). Tanto o déficit hídrico quanto a temperatura tiveram influência direta no crescimento das plântulas, seja para o desenvolvimento de raízes, da parte aérea ou a relação entre esses. À medida em que a disponibilidade hídrica diminuiu, houve aumento no comprimento das raízes em todos os genótipos, comparando as duas temperaturas. O crescimento radicular para algumas espécies sob déficit hídrico é explicado pelo acúmulo de ABA na raiz, produzindo um efeito antagônico sobre outros hormônios responsáveis pelo crescimento da parte aérea, fazendo com que a raiz tenha um leve crescimento em detrimento da parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2013).

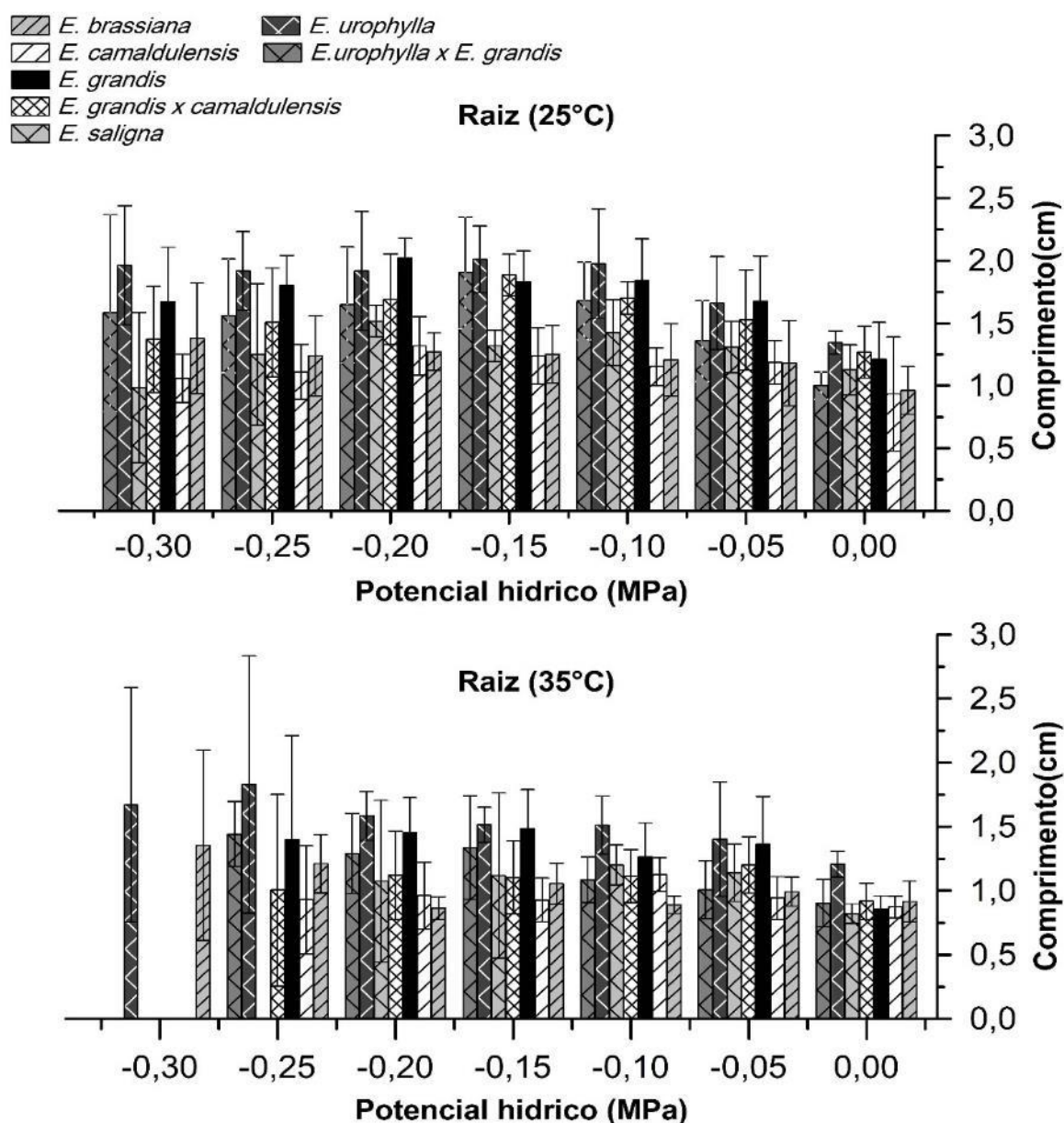


Figura 6. Comprimento de raízes, de plântulas de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG 6000, a 25 e 35°C.

Tanto na temperatura de 25 °C como na de 35 °C, o *E. brassiana*, *E. grandis* e *E. urophylla* apresentaram maiores comprimentos da parte aérea ao passo que *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. saligna* apresentaram os menores valores, independentemente da disponibilidade hídrica (Figura 7).

A 25 °C houve maior comprimento de raiz e menor da parte aérea, comparativamente à temperatura de 35 °C. Oliveira, Mota e Agnes (2014), avaliando

a germinação de *Miconia albicans*, verificaram que a 20 °C havia maior comprimento de raiz, em relação a 30 °C, fazendo com que a relação raiz/parte aérea diminuísse. Castro (1999) relata que a germinação de trigo, sob baixas temperaturas favoreceu o crescimento de raízes em detrimento da parte aérea, ocorrendo o contrário em temperaturas mais elevadas. Isto sugere que o ótimo de temperatura para o desenvolvimento da parte aérea é maior que o requerido para o crescimento radicular; contudo, esses resultados podem ser influenciados pela porcentagem de germinação, em que em temperaturas que favorecem a germinação, em função do maior número de plântulas, pode haver maior competição de fotoassimilados entre raiz e parte aérea.

Fisiologicamente, esse fato poderia estar relacionado ao aumento da produção de giberelinas em gemas caulinares, sob altas temperaturas, induzindo um maior crescimento da parte aérea por inibir o crescimento radicular, quando comparado a temperatura de 25 °C (KERBAUY, 2012).

Neste contexto, observou-se que na temperatura de 25 °C houve maior relação raiz/parte aérea (RPA) do que a 35 °C. O *E. grandis* apresentou maior RPA na temperatura de 25°C, com máximo obtido a -0,2 MPa. *E. urograndis*, *E. camaldulensis*, *E. saligna* e *E. grancom*, apresentaram comportamento similar nos diferentes potenciais hídricos, ao passo que *E. brassiana* apresentou a menor relação raiz/parte aérea. Na temperatura de 35 °C, os resultados foram semelhantes, com aumento na RPA com a redução dos potenciais hídricos (Figura 8). Esses resultados indicam que houve maior investimento na formação de raízes do que no desenvolvimento da parte aérea, o que confirma os resultados de literatura de que, sob estresse as plantas investem proporcionalmente mais no sistema radicular, buscando-se maior absorção de água (OLIVEIRA et al., 2017).

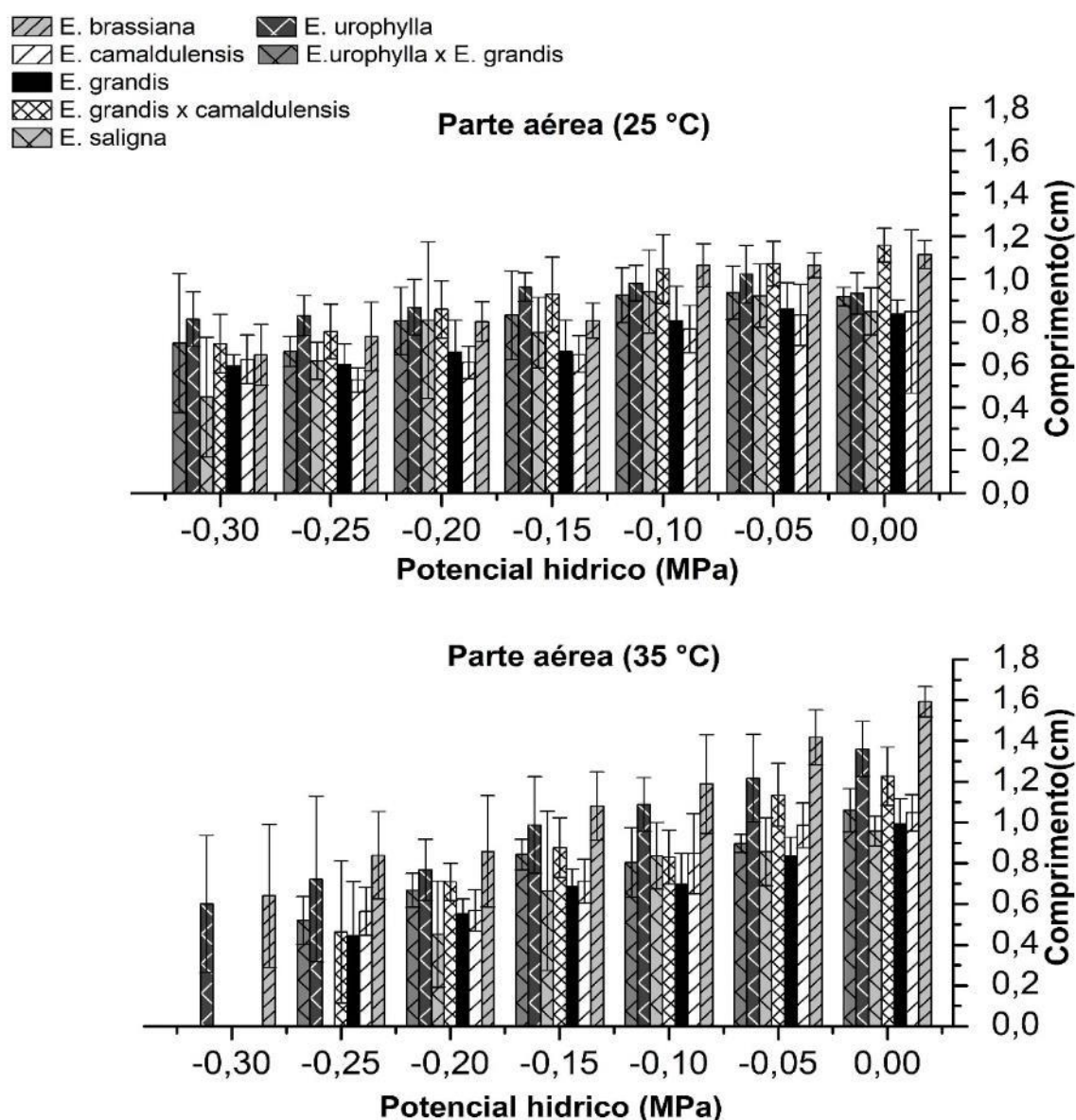


Figura 7. Comprimento de parte aérea de plântulas de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG 6000, a 25 e 35°C.

A análise separadamente do desenvolvimento de plântulas pode conduzir a conclusões equivocadas. Assim, apesar do *E. grandis* ter apresentado maior RPA nos potenciais hídricos mais negativos, o que indicaria que esta espécie aumentou suas raízes em busca de água, percebe-se que a mesma é mais sensível ao estresse hídrico, uma vez houve uma diminuição acentuada no desenvolvimento da parte aérea, além de ter apresentado menor porcentagem de germinação, o que favoreceu

o desenvolvimento das plântulas formadas nessa condição por haver menor competição no meio.

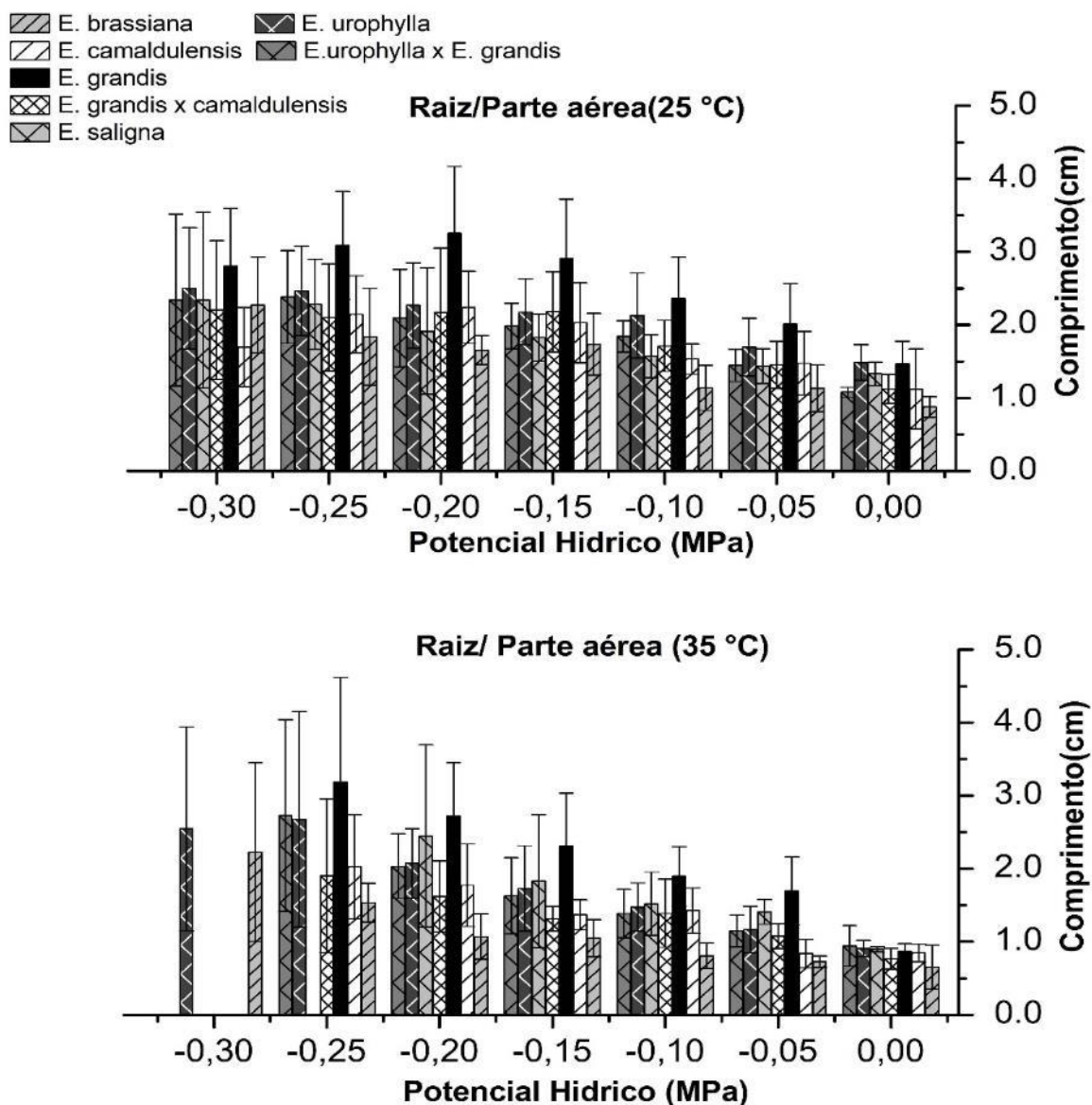


Figura 8. Comprimento da relação raiz/parte aérea de plântulas de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG 6000, a 25 e 35°C.

Considerando que, num primeiro momento o que interessa é a ocorrência ou não de germinação, destacam-se o *E. brassiana* e o *E. camaldulensis* como os mais tolerantes a altas temperaturas e ao déficit hídrico; por outro lado o *E. saligna* foi a espécie menos tolerante, principalmente a altas temperaturas. Não houve diferenças

marcantes entre as espécies puras e os respectivos híbridos, ou seja, entre *E. grandis* e *E. camaldulensis*, com o *E. grancam*, e entre *E. grandis* e *E. urophylla* e o híbrido entre essas duas espécies.

4.3 Experimento 3 – Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por NaCl em duas temperaturas

O aumento do potencial osmótico induzido pelo NaCl, assim como o PEG no experimento anterior, também reduziu a porcentagem de germinação dos genótipos. Os maiores valores de germinação foram obtidos no potencial 0,00 MPa, ou seja, com o substrato umedecido somente com água. Também, como ocorreu no experimento anterior a interação da temperatura com o estresse salino se mostrou altamente significativa, uma vez que na temperatura de 35 °C a queda na germinação foi maior e mais rápida (Tabela 7; Figura 9). O potencial responsável pela redução de 50% da germinação dos genótipos submetidas ao estresse salino, foi de -0,49 MPa na temperatura de 25 °C e de -0,39 MPa, na temperatura de 35 °C, indicando que em temperaturas elevadas reduzem a tolerância ao estresse salino.

As células expostas ao estresse salino enfrentam além disponibilidade de água reduzida, a toxicidade iônica e ainda uma redução na disponibilidade de nutrientes essenciais (FLOWERS; JONES; JONES, 1989; SOARES et al., 2015). Isso faz com que as plantas apresentem, diferentes respostas quando aplicado esse tipo de estresse.

Nesse estudo, em particular para a temperatura de 25 °C, os genótipos que apresentaram melhor desempenho foram o *E. brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e o *E. grancam*, alcançando maiores valores de germinação em -0,80 Mpa comparado aos demais. O *E. saligna* se mostrou a espécie mais sensível ao estresse salino, cessando a germinação a -0,40 MPa. A 35 °C somente o *E. brassiana* e *E. camaldulensis* mantiveram sua germinação até -0,80 MPa (Figura 9).

Tabela 7. Equações que estimam a germinação (G %) de sementes de sete genótipos de eucaliptos, nas temperaturas e 25 e 35° C, sob déficit hídrico induzido por NaCl.

| Equação | R ² |
|--|-----------------------|
| $G(E. b - 25^{\circ}C) = 75,395/(1 + e^{(-7,875(x-(-0,634)))})$ | R ² =0,95 |
| $G(E. b - 35^{\circ}C) = 71,793/(1 + e^{(-11,694(x-(-0,733)))})$ | R ² = 0,97 |
| $G(E. c - 25^{\circ}C) = 83,674/(1 + e^{(-6,055(x-(-0,546)))})$ | R ² = 0,98 |
| $G(E. c - 35^{\circ}C) = 88,684/(1 + e^{(-6,919(x-(-0,513)))})$ | R ² = 0,99 |
| $G(E. g - 25^{\circ}C) = 83,031/(1 + e^{(-13,302(x-(-0,494)))})$ | R ² = 0,97 |
| $G(E. g - 35^{\circ}C) = 86,633/(1 + e^{(-7,397(x-(-0,278)))})$ | R ² = 0,94 |
| $G(E. gc - 25^{\circ}C) = 80,353/(1 + e^{(-7,102(x-(-0,602)))})$ | R ² = 0,98 |
| $G(E. gc - 35^{\circ}C) = 70,298/(1 + e^{(-7,168(x-(-0,429)))})$ | R ² = 0,97 |
| $G(E. s - 25^{\circ}C) = 90,944/(1 + e^{(-9,288(x-(-0,264)))})$ | R ² = 0,98 |
| $G(E. s - 35^{\circ}C) = 69,854/(1 + e^{(-14,477(x-(-0,093)))})$ | R ² = 0,95 |
| $G(E. u - 25^{\circ}C) = 90,687/(1 + e^{(-5,44(x-(-0,477)))})$ | R ² =0,98 |
| $G(E. u - 35^{\circ}C) = 74,149/(1 + e^{(-8,775(x-(-0,590)))})$ | R ² =0,95 |
| $G(E. ug - 25^{\circ}C) = 86,606/(1 + e^{(-9,935(x-(-0,448)))})$ | R ² =0,96 |
| $G(E. ug - 35^{\circ}C) = 72,971/(1 + e^{(-7,719(x-(-0,398)))})$ | R ² =0,96 |

* *E. b* – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptus saligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

A redução na germinação está ligada ao aumento nas concentrações de sais, consequentemente dificultando a cinética de absorção de água, mas também facilitando a entrada de íons, que podem reduzir a germinação por causarem diminuição da intumescência protoplasmática (CRUZ et al., 2016). Martins, Pereira e Lopes (2014) avaliaram cinco espécies de eucaliptos, também sob estresse salino e verificaram que o *E. citriodora* apresentou maior capacidade germinativa no potencial de -0,40 MPa, sendo igual a *E. camaldulensis* e ao *E. robusta* e diferente do *E. urophylla* e do *E. grandis*, que apresentaram menor germinação acumulada.

Três espécies de eucalipto, o *E. microtheca*, *E. alba* e *E. camaldulensis*, de diferentes procedências foram avaliadas sob estresse salino nas concentrações de 50 e 200 mM de NaCl, e foram observadas respostas distintas. O *E. alba* foi a espécie mais sensível por ter menor capacidade germinativa do que as outras na concentração de 200 mM em solução. Já o *E. camaldulensis* conseguiu germinar, porém foi

considerada menos tolerante quanto a sobrevivência, (45 dias após a semeadura) e o *E. microtheca* foi a mais tolerante. Chegou-se a conclusão de que as espécies mais tolerantes, eram de origem de ambientes áridos (FATHI; PRATI, 1989). El-Keblawy, Gairola e Bhatt (2016), avaliando a germinação de *Anabasis setifera*, coletadas de um ambiente salino e um não salino, chegaram a conclusões diferentes dos autores anteriores, afirmando que a tolerância à salinidade das sementes de *A. setifera* durante a germinação não foi explicada por sua distribuição natural. As sementes dos habitats não salinos toleraram mais a salinidade do que as dos habitats salinos.

Esses resultados mostram as controvérsias existentes entre diferentes espécies e a necessidade de estudos adicionais sobre os níveis de ativação e inibição de diferentes hormônios, como ABA e giberelinas (SHU et al., 2017), bem como os mecanismos que algumas plantas apresentam, como o ajustamento osmótico, que está relacionado com a capacidade das plantas em acumular íons no vacúolo e, ou, solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, permitindo a manutenção da absorção de água e da turgescência celular, tornando-as mais tolerantes ao estresse salino (FARIAS et al., 2009).

Os resultados mostram que quando é aplicado estresse hídrico mediado por PEG os danos à germinação são mais severos do que os ocasionados por NaCl. Cavallaro et al. (2016) também descreveram em estudo feito com *Ceratonia siliqua*, que o limite para germinação usando NaCl era o dobro quando comparado com o estresse por PEG. Isso sugere que até certo potencial salino, o efeito dos íons não é prejudicial, e devida sua absorção pela semente eles podem acabar gerando um potencial no interior da semente mais negativo, favorecendo a absorção de água, e consequentemente ativando o processo germinativo.

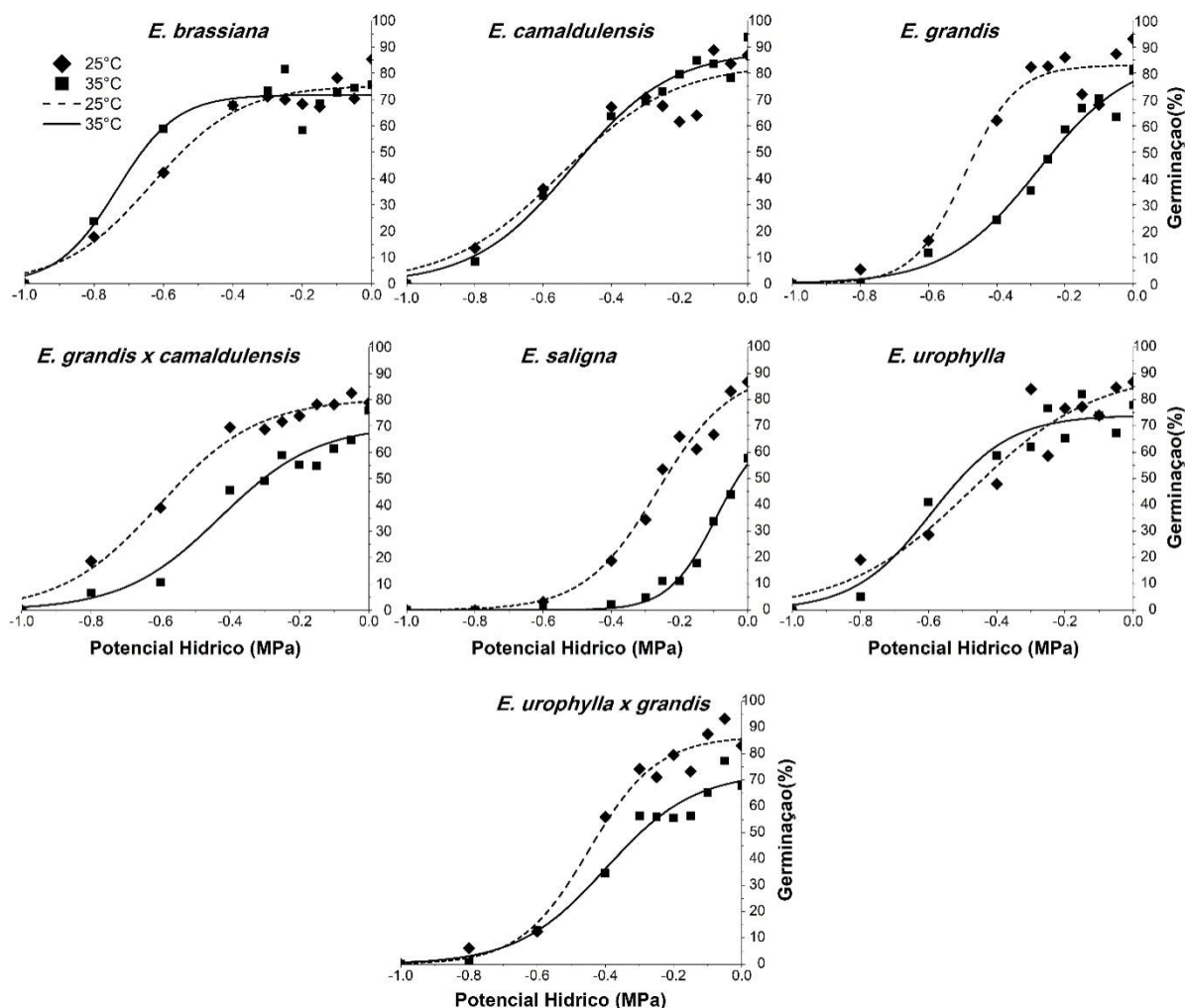


Figura 9. Germinação de sementes de sete genótipos de eucalipto submetidas ao déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 e 35°C.

Com relação ao potencial responsável pela redução de 50% da germinação a 25 °C os melhores resultados foram obtidos com o *E. brassiana*, *E. camaldulensis* e *E. grandis*, com redução em -0,63 MPa, -0,54 MPa e -0,60 MPa, respectivamente. A espécie menos tolerante foi *E. saligna* com diminuição no potencial de -0,26 MPa. Para a temperatura de 35 °C, *E. brassiana*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, foram as espécies mais tolerantes apresentando redução de 50% na germinação nos potenciais de -0,73 MPa, -0,51 MPa e -0,59 MPa, respectivamente.

Quando se observa o pior desempenho em 35 °C, o *E. grandis* e o *E. saligna*, se mostraram bem inferiores aos outros genótipos, com diminuição de 50% da germinação, nos potenciais de -0,27 MPa e -0,09 MPa. É interessante observar que enquanto os outros genótipos aumentaram a capacidade germinativa sob estresse

salino, estas apresentaram respostas contrárias, apontando que os efeitos dos íons sob altas temperaturas são mais prejudiciais.

O contrário se observa para o *E. urophylla*, em que sob alta temperatura em meio salino, houve melhor desempenho germinativo. Há indícios de que sob altas temperaturas, há um aumento da fluidez de líquidos sobre a membrana, facilitando a absorção de íons, determinando assim uma diminuição no potencial interno, que proporciona melhora na absorção de água (LIN et al., 2016). Além de mecanismos protetores que são ativados sob altas temperaturas, podem também ter ajudado a tolerar melhor os efeitos dos íons. Haja visto que no experimento com PEG o melhor desempenho germinativo para esta espécie foi na temperatura de 25 °C.

Semelhante ao resultado obtido para germinação, o índice de velocidade de germinação foi altamente afetado pela redução dos potenciais hídricos, evidenciando o efeito da salinidade no atraso da germinação, apresentando valores de R² altamente significativos (Tabela 8; Figura 10).

Os maiores valores de IVG foram obtidos no potencial 0,00 MPa, ou seja, quando o substrato foi umedecido apenas com água. Nesta condição as diferenças observadas, devem-se apenas à temperatura. As reações metabólicas das sementes são altamente prejudicadas quando há falta de água sob altas temperaturas, indicando que caso ocorra tal condição no ambiente natural, haverá consequências negativas para o desenvolvimento das plantas (Figura 10).

O *E. brassiana*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* tiveram maior IVG na temperatura de 35 °C, ao longo dos potenciais salinos, comparativamente aos outros genótipos, que foram melhores a 25 °C. O potencial hídrico que reduziu 50% no valor do IVG, para os genótipos nas duas temperaturas, está apresentado na Tabela 8. O *E. granacam*, foi o que permaneceu com maior IVG, apresentando redução de 50% neste a -0,40 MPa; por outro lado, *E. saligna* foi mais sensível com redução de 50% no valor máximo de IVG a -0,14 MPa. A 25 °C, os demais genótipos apresentaram comportamento semelhante.

Tabela 8. Equações que estimam o índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de sete genótipos de eucaliptos, nas temperaturas de 25 e 35 °C, sob déficit hídrico induzido por NaCl.

| Equação | R ² |
|--|-----------------------|
| IVG (<i>E. b</i> – 25°C) = 9,465/(1 + e ^{(-4,185(x-(-0,341)))}) | R ² =0,95 |
| IVG (<i>E. b</i> – 35°C) = 9,431/(1 + e ^{(-5,860(x-(-0,480)))}) | R ² = 0,97 |
| IVG (<i>E. c</i> – 25°C) = 10,741/(1 + e ^{(-4,514(x-(-0,346)))}) | R ² = 0,98 |
| IVG (<i>E. c</i> – 35°C) = 14,875/(1 + e ^{(-5,074(x-(-0,322)))}) | R ² = 0,99 |
| IVG (<i>E. g</i> – 25°C) = 12,085/(1 + e ^{(-6,515(x-(-0,342)))}) | R ² = 0,97 |
| IVG (<i>E. g</i> – 35°C) = 16,096/(1 + e ^{(-6,156(x-(-0,126)))}) | R ² = 0,94 |
| IVG (<i>E. gc</i> – 25°C) = 13,349/(1 + e ^{(-5,648(x-(-0,408)))}) | R ² = 0,98 |
| IVG (<i>E. gc</i> – 35°C) = 12,233/(1 + e ^{(-5,440(x-(-0,266)))}) | R ² = 0,97 |
| IVG (<i>E. s</i> – 25°C) = 9,810/(1 + e ^{(-6,847(x-(-0,148)))}) | R ² = 0,98 |
| IVG (<i>E. s</i> – 35°C) = 4,217/(1 + e ^{(-16,943(x-(-0,109)))}) | R ² = 0,95 |
| IVG (<i>E. u</i> – 25°C) = 8,559/(1 + e ^{(-4,917(x-(-0,311)))}) | R ² =0,98 |
| IVG (<i>E. u</i> – 35°C) = 6,560/(1 + e ^{(-7,018(x-(-0,542)))}) | R ² =0,95 |
| IVG (<i>E.ug</i> – 25°C) = 9,192/(1 + e ^{(-7,140(x-(-0,328)))}) | R ² =0,96 |
| IVG (<i>E.ug</i> – 35°C) = 10,029/(1 + e ^{(-6,014(x-(-0,223)))}) | R ² =0,96 |

* *E. b* – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptus saligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Na temperatura de 35 °C, o *E. urophylla* e *E. brassiana* foram as espécies mais tolerantes, com redução do IVG em 50% no potencial de -0,54 MPa e -0,48 MPa, respectivamente. Novamente o *E. saligna* foi o mais afetado com redução de 50% no IVG a -0,10 MPa.

A velocidade de germinação pode indicar um potencial de sobrevivência dessas espécies frente às alterações, uma vez que germinando mais rápido, poderá garantir a sobrevivência.

Outras características como TMG, CVG e ISG, também foram avaliadas nesse experimento, cujos resultados são apresentados no Apêndice. De uma forma geral, observou-se, conforme esperado, que o TMG apresentou comportamento oposto ao IVG, aumentado à medida que o potencial salino diminuiu, sendo que as maiores diferenças foram encontradas entre os genótipos. O CVG seguiu a mesma tendência

do IVG e, por fim, o ISG apresentou pouca diferença entre os tratamentos salinos, com maiores diferenças entre os genótipos.

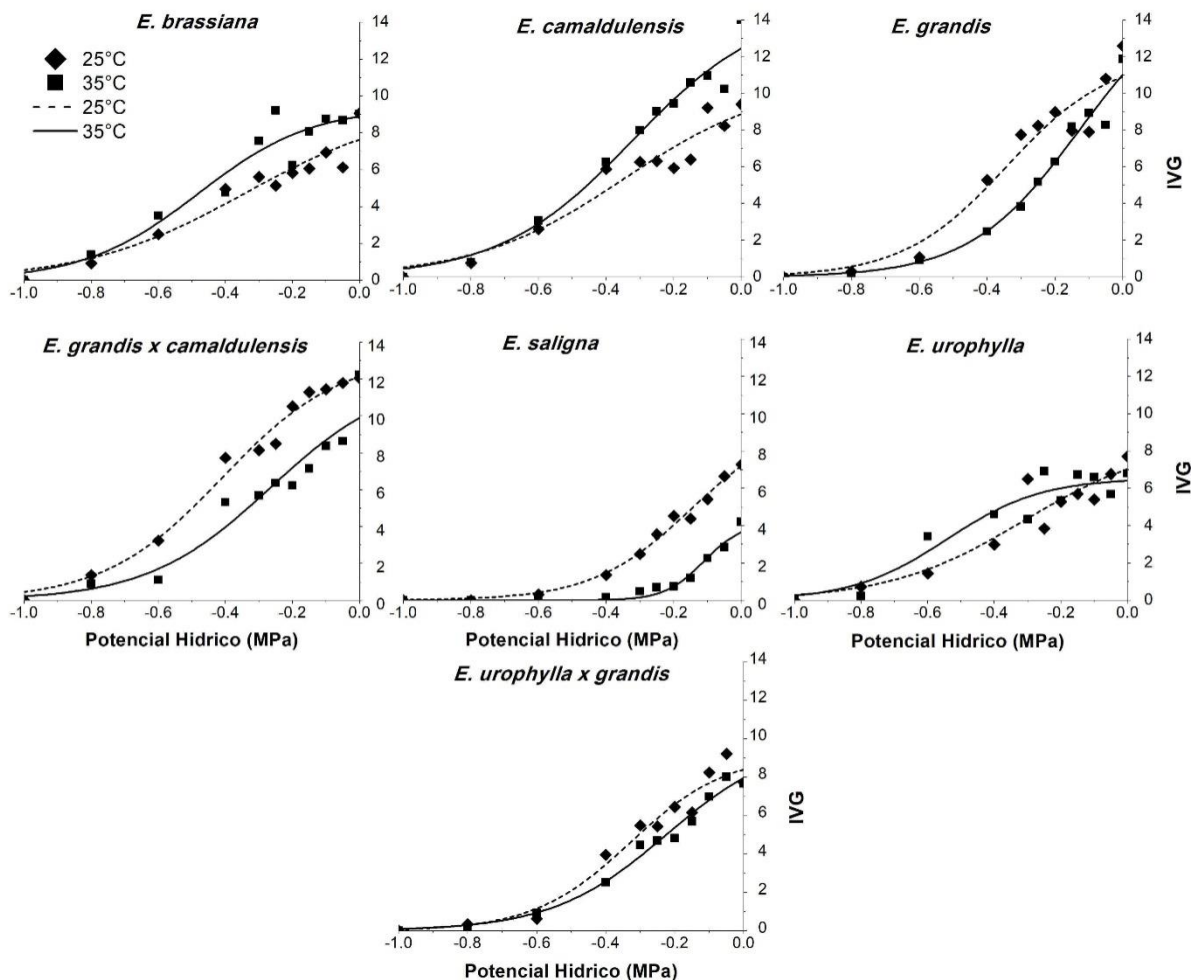


Figura 10. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 e 35°C

Quanto ao comprimento de plântulas em condições de estresse salino e temperatura, houve efeito significativo sobre os mesmos. Para o crescimento radicular foram observados ajustes quadráticos, em todos genótipos avaliados (Figura 11), demonstrando as diferenças intrínsecas de cada uma.

Na temperatura de 25 °C a curva de regressão estimou que o maior comprimento radicular (1,84 cm) para *E. urophylla*, sendo este obtido em -0,15 MPa, seguido de uma diminuição com o aumento da salinidade. Como observado para o

tratamento com PEG, esta espécie também foi uma das que apresentaram maior comprimento radicular.

Este resultado pode ter sido devido às características genéticas de maior comprimento de raiz da própria espécie, tendo em vista que no potencial de 0,00 MPa também apresentou maior comprimento. O *E. saligna* e o *E. grandis*, mesmo não apresentando maior tamanho de raiz, foram as que apresentaram melhor comportamento sob o estresse salino uma vez que mantiveram o crescimento radicular em menor disponibilidade hídrica, apresentando máximo de crescimento nos potenciais de -0,44, -0,37 MPa, respectivamente.

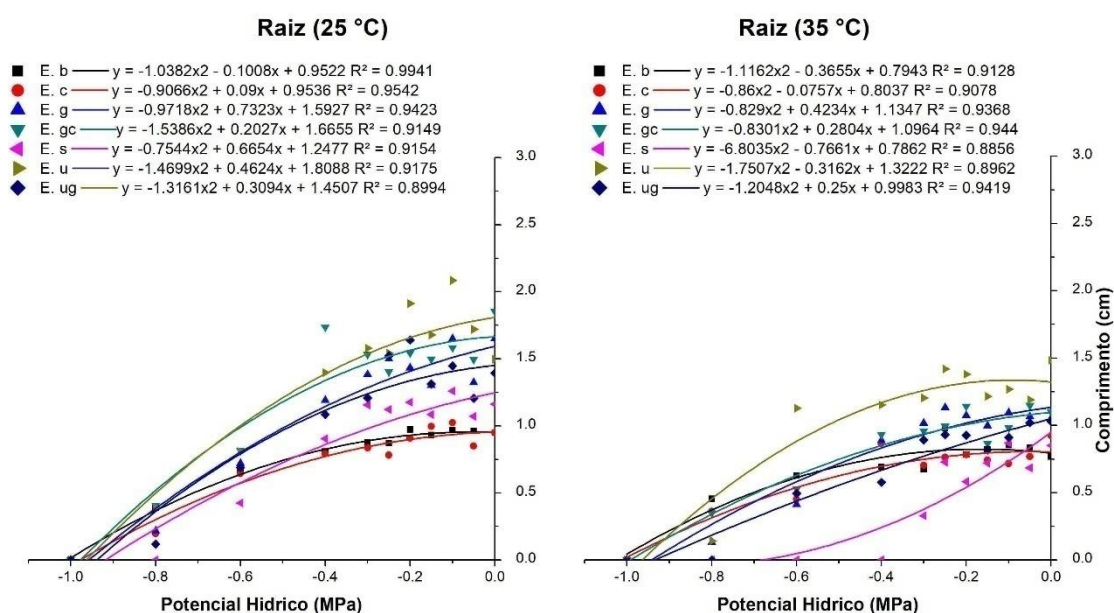


Figura 11. Comprimento de raízes, de plântulas de sete genótipos de eucalipto submetidas ao déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 e 35°C.

Como essas duas espécies apresentaram menor germinação sob estresse salino, volta-se à questão abordada no experimento anterior, que provavelmente o maior comprimento de raiz foi devido a menor competição no meio e pelo fato de que as sementes que germinaram eram as de maior vigor. O *E. brassiana* e o *E. camaldulensis* foram os genótipos que menos investiram em sistema radicular, sendo o maior comprimento atingido em -0,04 MPa. O menor crescimento das raízes, pode indicar um ajustamento osmótico desses materiais, que favoreceu a absorção de água, mesmo em menor disponibilidade hídrica.

Para a temperatura de 35 °C, assim como ocorreu com o déficit hídrico induzido por PEG, o crescimento radicular dos genótipos, também foram menores comparativamente à temperatura de 25 °C. O *E. urophylla* apresentou maior tamanho de raiz de acordo com a regressão com (1,27 cm), porém atingiu esse comprimento no potencial de -0,09 MPa. Em contrapartida, mesmo, não sendo o genótipo com maior comprimento radicular, o *E. grandis*, se mostrou com valores crescentes de raiz até -0,25 MPa, seguidos do *E. brassiana* e o *E. grancam*, com máximo comprimento atingido a -0,16 MPa. Os genótipos mais prejudicados pelo aumento na temperatura foram o *E. camaldulensis* e o *E. saligna* tendo em vista que atingiram comprimento máximo em -0,04 e -0,05 MPa, respectivamente.

Os diferentes comprimentos de raízes observados para os potenciais hídricos e temperatura, estão relacionados com o comprimento da parte aérea, onde uma vez que os genótipos que apresentaram maior comprimento de raiz, na maioria dos casos também foram os que apresentaram maior perda em parte aérea. Isto foi observado para o *E. grandis* e o *E. urophylla*, em que na temperatura de 35 °C, o decréscimo da parte aérea foi linear à medida que se reduziu os potenciais hídricos.

Como os resultados de parte aérea se ajustaram a equação quadrática observa-se um leve aumento no crescimento, indicando que baixas concentrações de sais, podem beneficiar o crescimento da parte aérea (Figura 12). Na temperatura de 25 °C os genótipos, que melhor mantiveram seu comprimento foram o *E. saligna* e o *E. urophylla* com redução nos potenciais de -0,24 e -0,22 MPa, respectivamente. A redução mais rápida em comprimento de parte aérea ficou para *E. brassiana* e *E. camaldulensis*, de acordo com a regressão, com máximo atingindo potenciais hídricos de -0,01 MPa.

A 35 °C, o *E. camaldulensis* alcançou o maior comprimento de parte aérea, no potencial hídrico de -0,30 MPa e o *E. brassiana* foi beneficiado pela alta temperatura, resultando em maior comprimento (1,60 cm), porém teve uma queda rápida (-0,04 MPa). O *E. urograndis* e o *E. grandis* foram mais prejudicados em perda de parte aérea, apresentando uma queda linear à medida que se reduziu o potencial hídrico. E o *E. saligna*, foi a espécie que a queda mais expressiva, atingindo seu maior comprimento em -0,06 MPa a 35 °C.

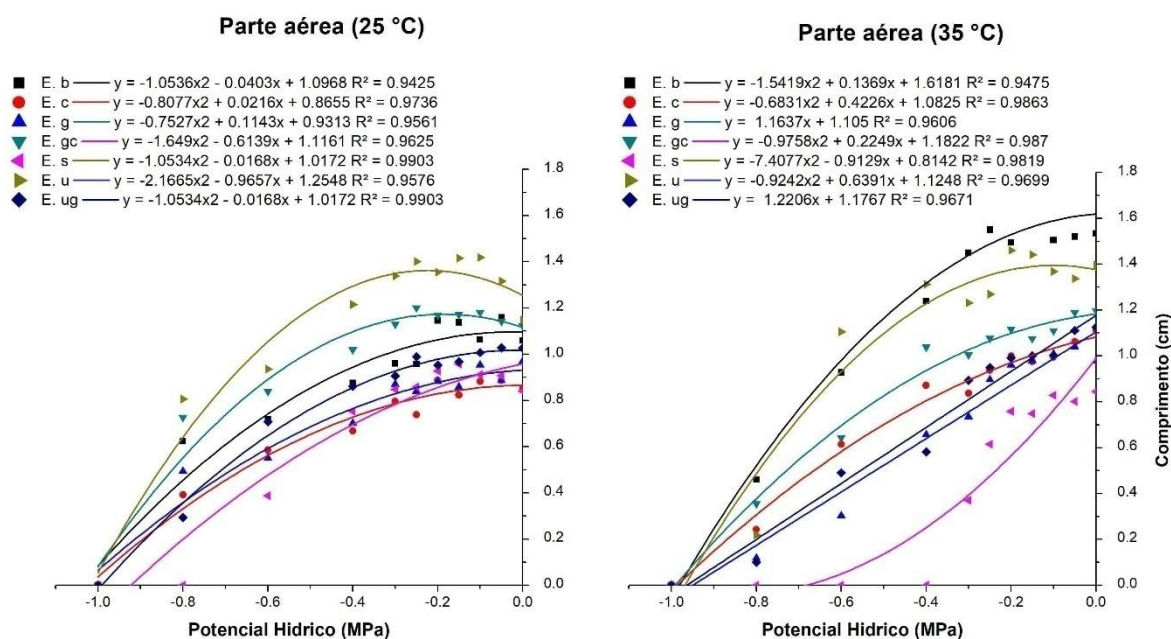


Figura 12. Comprimento da parte aérea de plântulas de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 e 35°C.

O desempenho da relação raiz/parte aérea, está relacionado ao maior comprimento de raiz em virtude da parte aérea. Observa-se diferenças entre os genótipos e diferenças quanto a capacidade de manter essa relação alta com a redução dos potenciais hídricos (Figura 13). É o caso observado, por exemplo, na temperatura de 25 °C, onde a maior relação raiz/parte aérea foi obtida com o *E. grandis* (1,66 cm), porém essa espécie manteve esse aumento somente até o potencial hídrico de -0,18 MPa, com posterior queda. Por outro lado, o *E. brassiana*, *E. saligna* e *E. camaldulensis* apresentaram valores de comprimento (0,98; 1,16 e 1,47 cm), em -0,32; -0,30 e -0,26 MPa, respectivamente. Indicando que estes genótipos apesar de terem um comprimento radicular menor do que o *E. grandis*, a capacidade de crescimento, se estende a potenciais mais negativos. Timm et al. (2015), avaliando o comprimento de plântulas de aveia branca (*Avena sativa*), também observaram reduções nos comprimentos de parte aérea e raiz, em maiores concentrações salinas, obtendo diferenças entre os genótipos estudados, indicando essa variável como promissora para seleção de materiais tolerantes.

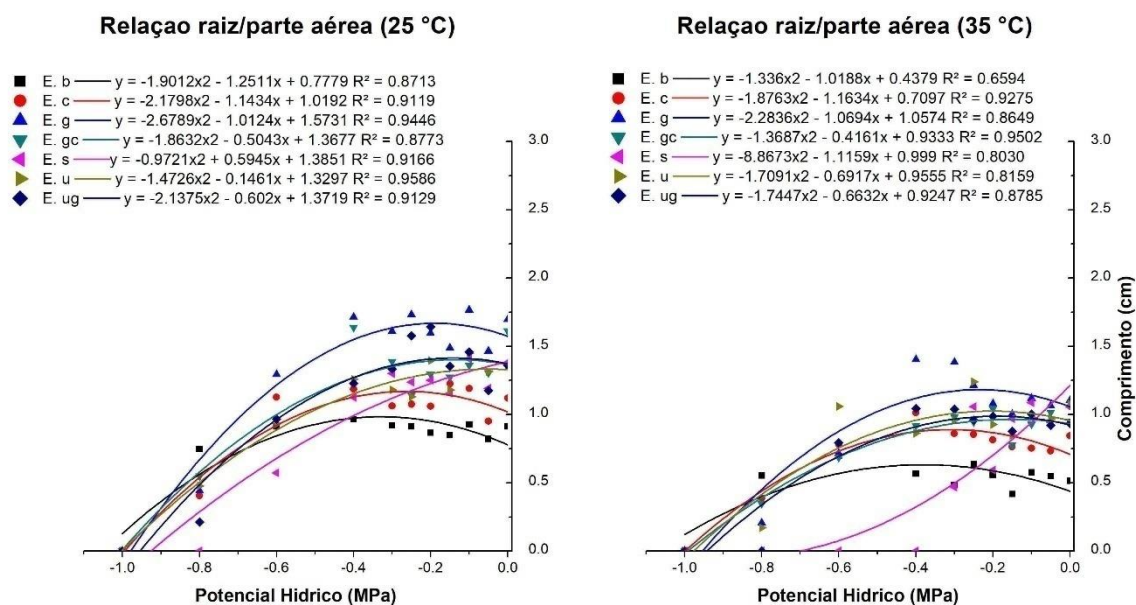


Figura 13. Relação raiz/parte aérea de plântulas de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 e 35°C.

Para temperatura de 35°C, houve uma diminuição no comprimento da relação raiz/parte aérea, de maneira geral, para todos genótipos. Esse resultado já era esperado uma vez que nessa temperatura, a média do comprimento de parte aérea foi maior e o de raiz menor, comparativamente à temperatura de 25 °C. Contudo, em 35 °C, alguns genótipos apresentaram uma pequena melhora na razão raiz/parte aérea, onde os valores máximos, para a variável, foram identificados em menor disponibilidade de hídrica, quando comparado a temperatura de 25 °C. Nesta ocasião se destacaram o *E. brassiana*, o *E. camaldulensis* e o *E. grandis*, que tenderam a crescer até os potenciais hídricos de -0,38; -0,31 e 0,23 MPa, respectivamente. O *E. saligna* apresentou o pior comportamento, com máximo (1,02 cm) atingido no potencial hídrico de -0,06 MPa.

Esses resultados indicam que algumas plantas conseguem se desenvolver melhor do que outras em ambientes salinos, e isso pode estar ligado a mecanismos de tolerância, que a espécie apresenta. Um desses é o ajustamento osmótico que consiste em acumular íons no vacúolo e, ou solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, permitindo manter a absorção de água e turgescência celular, além de

mecanismos ligados às diferenças na absorção, transferência e, ou acumulação de íons Na e Cl (CRUZ et al., 2006).

Observando as respostas dos genótipos, pode-se inferir que *E. brassiana* e *E. camaldulensis* apresentaram melhor comportamento sob estresse salino, por apresentarem maiores valores de germinação, com redução nos potenciais, além de apresentarem melhor desempenho da relação raiz parte aérea, indicando que estas espécies mantêm o comprimento radicular sob baixa disponibilidade hídrica.

4.4 Experimento 4 – Desempenho de mudas de espécies e híbridos de eucalipto sob três regimes hídricos em casa de vegetação

Todas as características de crescimento avaliadas foram afetadas negativamente com a redução da disponibilidade hídrica, exceto a razão entre raiz e parte aérea (R/PA), que não apresentou diferenças significativas em relação aos regimes de irrigação, havendo apenas diferenças entre genótipos. Para nenhuma das características observou-se interação entre os tratamentos, contudo para a ALT, DIAM, AF e NF, houve tanto diferenças entre os genótipos, como também entre regimes de irrigação (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de “F” da análise de variância, coeficientes de variação (CV, %) e média para: massa de matéria seca de folhas (MSF), massa de matéria seca de galhos (MSG), massa de matéria seca de raiz (MSR), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA) massa de matéria seca total (MST) e altura (ALT), diâmetro do coleto (DIAM), área foliar (AF) e número de folhas NF), avaliadas em sete genótipos de eucalipto (GEN) submetidos a três regimes de irrigação (RI).

| Fonte de variação | MSF | MSG | MSR | MSPA | R/PA | MST | ALT | DIAM | AF | NF |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| GEN | 1,27 ^{ns} | 1,11 ^{ns} | 2,13 ^{ns} | 1,09 ^{ns} | 3,25 ^{**} | 0,77 ^{ns} | 29,91 ^{**} | 5,73 ^{**} | 11,49 ^{**} | 41,64 ^{**} |
| RI | 53,33 ^{**} | 19,95 ^{**} | 71,73 ^{**} | 53,24 ^{**} | 2,16 ^{ns} | 77,81 ^{**} | 53,00 ^{**} | 63,32 ^{**} | 148,21 ^{**} | 65,31 ^{**} |
| GEN X RI | 0,78 ^{ns} | 1,43 ^{ns} | 0,99 ^{ns} | 1,19 ^{ns} | 1,67 ^{ns} | 1,01 ^{ns} | 1,13 ^{ns} | 1,20 ^{ns} | 1,06 ^{ns} | 0,61 ^{ns} |
| CV (%) | 29,82 | 17,75 | 21,90 | 25,76 | 27,00 | 20,37 | 13,66 | 10,28 | 2,76 | 11,57 |
| GEN | | | | | | | | | | |
| <i>E. brassiana</i> | 17.56 a | 14.69 a | 23.44 a | 33.9 a | 0.76 ab | 57.35 a | 80.17 a | 7.52 b | 1940.67 bc | 132.87 d |
| <i>E. camaldulensis</i> | 16.5 a | 16.31 a | 27.58 a | 32.81 a | 0.89 a | 60.78 a | 88.53 a | 8.88 a | 1798.89 c | 69.47 e |
| <i>E. grandis</i> | 19 a | 18.41 a | 24.75 a | 37.97 a | 0.67 b | 62.07 a | 64.67 b | 7.66 b | 2343.82 ab | 244.90 a |
| <i>E. grancom</i> | 17.72 a | 17.31 a | 22.15 a | 36.49 a | 0.65 b | 60.04 a | 60.20 b | 8.24 ab | 2385.18 ab | 197.65 bc |
| <i>Eucalyptus saligna</i> | 18.73 a | 16.87 a | 23.1 a | 35.6 a | 0.64 b | 58.7 a | 61.10 b | 8.36 ab | 2291.10 ab | 226.12 ab |
| <i>E. urophylla</i> | 21.55 a | 16.97 a | 22.5 a | 38.52 a | 0.65 b | 59.31 a | 56.57 b | 8.85 a | 2826.65 a | 159.20 cd |
| <i>E. urograndis</i> | 19.56 a | 20.2 a | 26.22 a | 39.76 a | 0.69 ab | 65.99 a | 65.23 b | 8.33 ab | 2763.01 a | 181.4 bc |
| Regime de irrigação | | | | | | | | | | |
| RI1 | 25,83 a | 22,19 a | 31,20 a | 48,86 a | 0,65 a | 79,57 a | 80,38 a | 9,45 a | 3499,10 a | 232,08 a |
| RI2 | 18,33 b | 16,42 b | 25,55 b | 34,91 b | 0,74 a | 60,53 b | 66,05 b | 8,15 b | 2090,40 b | 156,08 b |
| RI3 | 12,03 c | 13,24 c | 15,71 c | 25,87 c | 0,70 a | 41,81 c | 57,57 c | 7,18 c | 1469,60 c | 128,25 c |

RI1 – 60%, RI2 – 40% e RI3 – 20% da capacidade de campo. * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$ e ^{ns} – $p > 0,05$, respectivamente pelo teste F.

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada fator principal, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observando a biomassa de matéria seca separadamente dentro de cada regime de irrigação, é possível notar que o *E. brassiana* foi a espécie que se mostrou menos afetada pela disponibilidade hídrica, uma vez que apenas a MSF foi reduzida. O *E. grandis* e o *E. saligna* foram afetadas somente na MSR e MST, indicando que o possível efeito na raiz foi responsável pela redução da MST. Assim, também, o híbrido *E. grancam*, teve redução significativa para MSR e MSF. Por fim, os genótipos mais prejudicados foram, o *E. urophylla* com reduções significativas em quatro das características de massa seca, exceto R/PA e MSR e o *E. urograndis*, em cinco variáveis, exceto RPA (Figura 14). Maseda e Fernández (2016), estudando *E. camaldulensis* e *E. globulus* de diferentes procedências sob diferentes regimes hídricos, verificaram que a biomassa total, biomassa radicular e área foliar foram reduzidos para todas as procedências de eucaliptos, de acordo com a intensidade da seca.

Para a RPA, não houve diferença significativa entre os regimes hídricos, com diferenças somente entre genótipos, sendo o *E. camaldulensis* superior aos demais e igual ao *E. brassiana* e *E. urograndis* (Tabela 9; Figura 14). Brunner et al. (2015) relataram que em árvores, a RPA tende a ser influenciada, pelo déficit hídrico, uma vez que o fechamento estomático e acúmulo de determinados hormônios, como o ABA, podem atuar como um regulador negativo do crescimento dos brotos e como um regulador positivo do crescimento das folhas e raízes.

Semelhantemente, para todas as demais características (ALT, DAIM, AF e NF), os regimes de irrigação também promoveram efeito negativo. Apesar de não haver interação significativa entre os tratamentos, tanto os efeitos de genótipos quanto os regimes de irrigação foram significativos ($p \leq 0,01$) (Tabela 9). Para a ALT os genótipos que se destacaram foram o *E. brassiana* e o *E. camaldulensis*. Para diâmetro do coleto (DIAM), o *E. camaldulensis* e *E. urophylla* se mostraram melhores do que o *E. brassiana* e *E. grandis* e iguais entre os demais. Observando-se a área foliar, o *E. urophylla* e *E. urograndis*, apresentaram maiores valores, diferindo do *E. brassiana* e do *E. camaldulensis*, sendo iguais para os demais. Por fim o *E. grandis* e *E. saligna* foram os genótipos com maior número de folhas e o *E. brassiana* e *E. camaldulensis* com os menores (Tabela 9). A área foliar, é um dos parâmetros importantes na avaliação do crescimento vegetal, uma vez que sua expansão está

relacionada com a interceptação da radiação solar, fotossíntese e acúmulo de biomassa (STRECK, 2004).

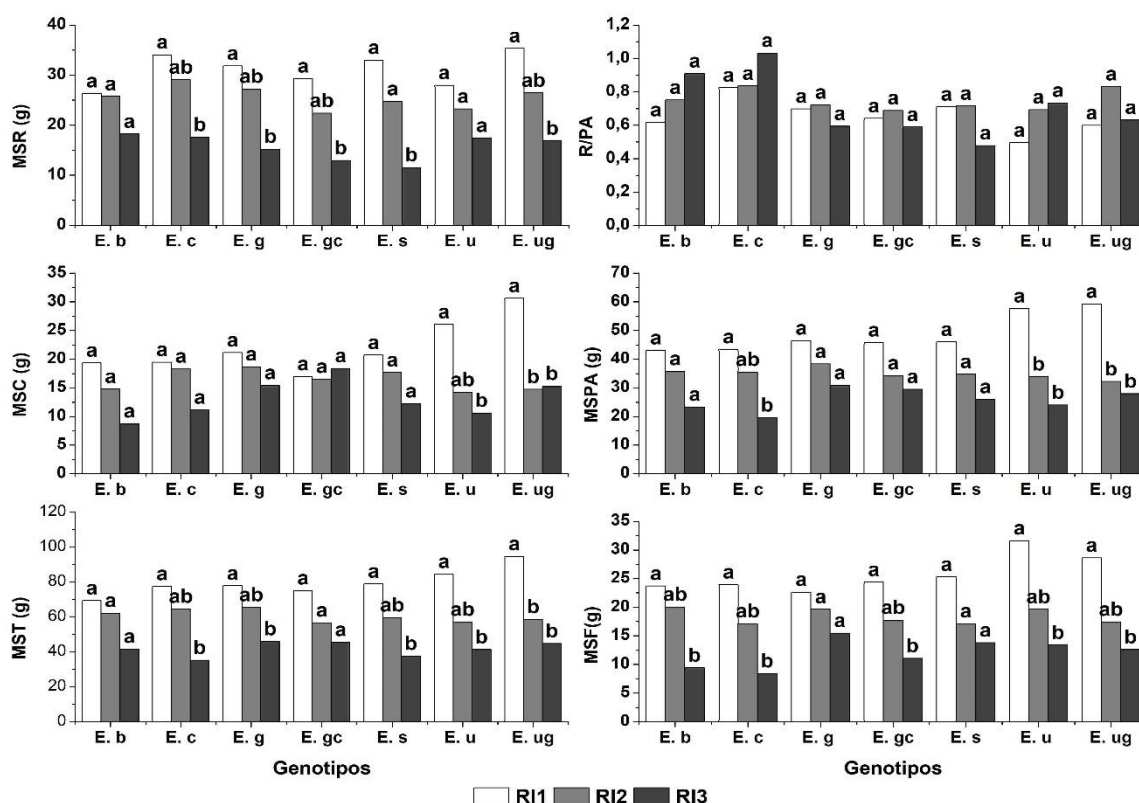


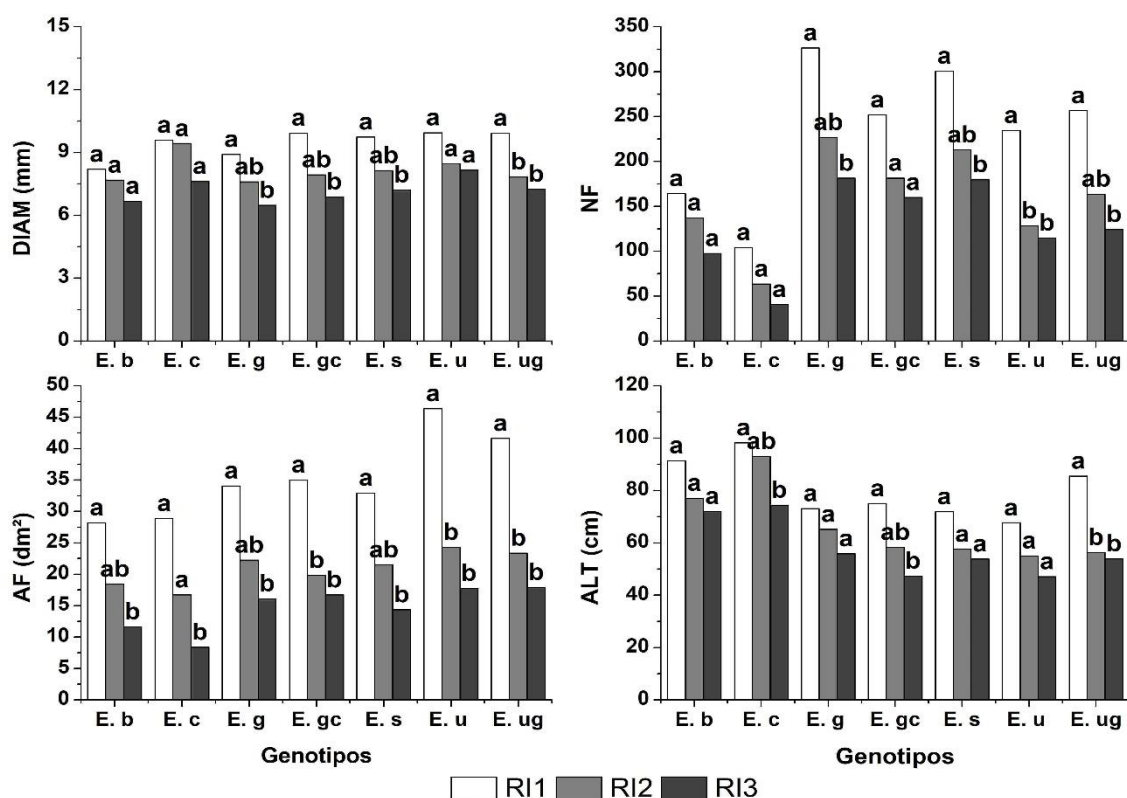
Figura 14. Massa de matéria seca de raiz (MSR), massa de matéria seca de caule+ramos (MSC), massa de matéria seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de folhas (MSF) avaliadas em sete genótipos de eucalipto submetidos a três regimes de irrigação (R1 – 60% da capacidade máxima de retenção de água; R2 – 40% da CMRA e R3 – 20% da CMRA) em casa de vegetação.

As diferenças observadas entre os genótipos, mostram que estas são devidas a características genéticas intrínsecas de cada um, e como não houve interação entre genótipos e regimes de irrigação, as diferenças genéticas, podem indicar quais destes tem uma melhor eficiência metabólica.

Neste sentido é importante salientar que mesmo os genótipos que tiveram menor área foliar, como o *E. brassiana* e *E. camaldulensis*, conseguiram um mesmo acúmulo de MSR, MSC, MSF e MST, comparado àquelas que apresentaram maior área foliar (Tabela 9). Isto, indica, possivelmente, o melhor desempenho fotossintético.

Os resultados observados para DIAM, ALT, AF e NF, em cada genótipo separadamente, mostram que o déficit hídrico, apresentou-se prejudicial, para algumas dessas características (Figura 15), porém de uma forma geral, mesmo sem diferenças estatísticas, houve tendência de redução nessas características com a diminuição da umidade do substrato.

E. brassiana, o *E. camaldulensis* e o *E. urophylla*, não apresentaram reduções significativas para o DIAM, como ocorreu com os demais genótipos. Para o NF essas mesmas espécies, juntamente com o *E. grandis*, mantiveram-se iguais nos três regimes hídricos. Para a ALT, os dois híbridos e o *E. camaldulensis* tiveram redução no comprimento. O maior efeito da restrição hídrica, ocorreu para AF, onde todos os genótipos apresentaram reduções significativas (Figura 15).



Figuras 15. Diâmetro do coleto (DIAM), área foliar (AF), número de folhas (NF) e altura (ALT), avaliadas sete genótipos de eucalipto submetidos a três regimes de irrigação (R1 – 60% da capacidade máxima de retenção de água; R2 – 40% da CMRA e R3 – 20% da CMRA) em casa de vegetação.

De certo modo todas as variáveis relacionadas ao crescimento, foram afetadas. Essas respostas são resultantes da atuação de mecanismos de adaptação ao déficit

hídrico, que geralmente proporcionam menor taxa de crescimento o que, é resultante do custo metabólico associado às respostas das plantas ao estresse (PITA et al., 2005). Neste sentido, o fechamento estomático, conseqüentemente, reduz a assimilação de carbono; o aumento do crescimento de raízes ocorre em detrimento da parte aérea; o custo de produção de novas folhas compensa a queda ocorrida, e o acúmulo de solutos na célula altera o metabolismo de enzimas e proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Há também a realocação do carbono assimilado para outras vias metabólicas, com o intuito de produzir metabolitos que irão atuar como proteção, para que a planta não morra, conseqüentemente, isto prejudicará a produtividade (NIINEMETS, 2015).

Nas avaliações fisiológicas foram encontrados efeitos significativos dos regimes de irrigação sobre todas as características avaliadas. O efeito dos genótipos foi significativo apenas para taxa líquida de fotossíntese (A), potencial hídrico foliar (Ψ_f), e para eficiência fotoquímica (F_v/F_m), e houve interação entre genótipos e regimes de irrigação somente para A e para Ψ_f (Tabela 10).

Observando o resultado da eficiência fotoquímica (F_v/F_m), os valores obtidos, não foram tão danosos ao sistema fotossintético, porém houve reduções significativas. Em média a eficiência fotoquímica, apresentou diferença de 8,9%, entre o genótipo mais eficiente e o menos eficiente, em que o *E. camaldulensis* apresentou maior eficiência fotoquímica que os demais, sendo, porém, igual ao *E. brassiana* (Tabela 10).

Segundo Bolhàr-Nordenkamp et al. (1989), a relação ideal de F_v/F_m , deve estar entre 0,75 e 0,85, e valores abaixo desses refletem danos fotoinibitórios nos centros de reação do fotossistema II nas plantas. As respostas de F_v/F_m podem ser correlacionadas com a fotossíntese tendo em vista que os melhores genótipos para F_v/F_m , também apresentaram a maior capacidade fotossintética. Os regimes de irrigação, proporcionaram diferença significativa, com redução de 5,1%, na relação F_v/F_m entre os regimes hídricos 1 e 3 (RI1 e RI3) (Tabela 10).

Quando se observa separadamente cada genótipo (Figura 16), não houve diferenças de F_v/F_m entre os regimes de irrigação. Correia et al. (2014), trabalhando com o *E. globulus*, submetidos a três regimes de irrigação (80, 25 e 18% da capacidade de campo), obtiveram valores acima de 0,8 para fluorescência, e observou

maior eficiência para as plantas mais estressadas do que para o tratamento controle. Esse fato foi relacionado ao aumento no teor de clorofilas, no regime de 18%. Há também hipóteses que relatam que plantas sob estresse, aumentam a produção de metabólitos secundários e se tornam menos propensas a efeitos fotoinibitórios (NIINEMETS, 2015).

Tabela 10. Valores de “F” da análise de variância, coeficientes de variação (CV, %) para transpiração (E , em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , em $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), taxa de assimilação líquida (A , em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), CO_2 intracelular ($\mu\text{mol mol}^{-2}$), potencial hídrico foliar (Ψ_f , em MPa), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), eficiência intrínseca do uso da água (EUA, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e eficiência instantânea de uso da água (EIT, $\mu\text{mol mmol}^{-1}$), avaliadas sete genótipos de eucalipto (GEN) submetidos a três regimes de irrigação (RI - RI1 – 60% da capacidade máxima de retenção de água; RI2 – 40% da CMRA e RI3 – 20% da CMRA), em casa de vegetação.

| Fonte de variação | E | g_s | A | C_i | Ψ_f | F_v/F_m | EUA | EIT |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| GEN | 1,71 ^{ns} | 1,64 ^{ns} | 6,42 ^{**} | 01,20 ^{ns} | 8,33 ^{**} | 5,99 ^{**} | 0,65 ^{ns} | 2,68 ^{ns} |
| RI | 46,45 ^{**} | 85,14 ^{**} | 41,64 ^{**} | 35,30 ^{**} | 159,92 ^{**} | 7,51 ^{**} | 44,74 ^{**} | 5,76 ^{**} |
| GEN X RI | 1,18 ^{ns} | 0,68 ^{ns} | 1,84 [*] | 0,82 ^{ns} | 2,52 ^{**} | 1,47 ^{ns} | 0,32 ^{ns} | 0,93 ^{ns} |
| CV (%) | 17,51 | 24,34 | 14,94 | 5,59 | 21,16 | 5,21 | 21,28 | 15,06 |
| GEN | | | | | | | | |
| <i>E. b</i> | 4,36 a | 0,29 a | 12,75 ab | 285,70 a | -0,65 c | 0,78 ab | 48,97 a | 2,98 a |
| <i>E. c</i> | 5,21 a | 0,34 a | 14,74 a | 288,60 a | -0,75 c | 0,79 a | 46,95 a | 2,91 a |
| <i>E. g</i> | 4,65 a | 0,32 a | 11,88 ab | 296,40 a | -0,48 ab | 0,72 c | 42,32 a | 2,55 a |
| <i>E. gc</i> | 4,81 a | 0,30 a | 12,62 ab | 292,63 a | -0,46 a | 0,73 c | 48,66 a | 2,76 a |
| <i>E. s</i> | 4,35 a | 0,26 a | 10,76 b | 299,73 a | -0,63 bc | 0,74 bc | 45,10 a | 2,59 a |
| <i>E. u</i> | 4,71 a | 0,31 a | 12,72 ab | 293,13 a | -0,71 c | 0,74 bc | 45,74 a | 2,83 a |
| <i>E. ug</i> | 4,75 a | 0,31 a | 11,9 ab | 293,23 a | -0,62 bc | 0,74 bc | 46,41 a | 2,55 a |
| Regime de Irrigação | | | | | | | | |
| RI1 | 5,72 a | 0,43 a | 14,81 a | 304,32 a | -0,36 a | 0,77 a | 36,23 c | 2,73 ab |
| RI2 | 4,52 b | 0,26 b | 11,35 b | 300,07 a | -0,51 b | 0,74 b | 44,71 b | 2,56 b |
| RI3 | 3,86 c | 0,21 c | 11,25 b | 273,92 b | -0,96 c | 0,73 b | 58,12 a | 2,93 a |

* *E. b* – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptus saligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

RI1 – 60%, RI2 – 40% e RI3 – 20% da capacidade de campo. * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$ e ^{ns} – $p > 0,05$, respectivamente pelo teste F.

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada fator principal, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quanto ao desdobramento da interação para a taxa de assimilação líquida (A) (Tabela 11), observa-se que todos os genótipos se comportaram de maneira semelhante no regime de irrigação 1 (RI1), ou seja, quando o solo estava sob 60% da capacidade máxima de retenção de água. Para o tratamento onde os vasos foram mantidos em 40% da capacidade de campo (RI2), as plantas começaram a apresentar diferenças, sendo que o *E. camaldulensis* apresentou maior A em comparação com o *E. grandis*. Esse menor valor de A para o *E. grandis* pode estar relacionado com maiores necessidades hídricas da planta devido ao seu crescimento, uma vez que quando ela foi submetida ao tratamento RI3, com 20% de umidade do solo, a taxa fotossintética aumentou, ou seja, devido ao menor porte da planta as condições de umidade presente no momento da avaliação proporcionaram melhor desempenho. Com relação ao RI3, o *E. camaldulensis* se mostrou o mais eficiente, comparativamente ao *E. grancam* e ao *E. saligna*, mas igual aos demais genótipos.

Tabela 11. Taxa de assimilação líquida (A , em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de sete genótipos de eucalipto submetidos a três regimes de irrigação (RI1 – 60% da capacidade máxima de retenção de água; RI2 – 40% da CMRA e RI3 – 20% da CMRA), em casa de vegetação.

| Genótipos | Taxa líquida de assimilação (A) | | |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|
| | RI1 | RI2 | RI3 |
| <i>E. brassiana</i> | 14,94 Aa | 11,82 Aab | 11,48 Aabc |
| <i>E. camaldulensis</i> | 15,62 Aa | 14,46 Aa | 14,12 Aa |
| <i>E. grandis</i> | 14,88 Aa | 9,42 Bb | 11,08 ABabc |
| <i>E. grancam</i> | 15,68 Aa | 12,07 ABab | 10,10 Bbc |
| <i>E. saligna</i> | 13,61 Aa | 10,77 ABab | 7,87 Bc |
| <i>E. urophylla</i> | 14,31 Aa | 11,34 Aab | 12,50 Aab |
| <i>E. urograndis</i> | 14,66 Aa | 9,87 Bab | 11,15 ABabc |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

O fechamento estomático, de fato, representou a causa primária da redução na A e na taxa de transpiração sob condições de deficiência hídrica, e essa redução deveu-se à diminuição do fluxo normal de CO_2 em direção ao sítio de carboxilação sendo a água um dos fatores fundamentais responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos (SILVA et al., 2015).

Com o desdobramento da interação para o potencial hídrico foliar, verificou-se que a redução da disponibilidade hídrica afetou a condição das plantas no RI3. Não houve diferenças entre os genótipos em RI1 e RI2. Contudo em RI3, o *E. camaldulensis*, o *E. urophylla* e o *E. urograndis* foram as que mais reduziram seu potencial hídrico em função do déficit hídrico, comparado ao *E. grandis* e o *E. grancam* (Tabela 12).

O ajustamento osmótico tem sido utilizado como critério de seleção de plantas para tolerância à seca. Por meio das avaliações de potencial hídrico foliar e principalmente das concentrações de açúcares nas folhas, é possível a resposta ao melhor ajustamento osmótico. Um trabalho avaliando o ajuste osmótico de mudas de quatro espécies de eucaliptos, verificou, que o maior ajuste osmótico foi observado em *Eucalyptus viminalis* e *E. tereticornis* apresentando valores de 32,3% e 41,9% respectivamente. Ao contrário do que foi observado nesse trabalho, o *E. camaldulensis* obteve uma porcentagem de ajustamento menor do que o *E. grandis*, 14,1% e 15,2%, respectivamente (LEMCOFF et al., 1994).

Outras espécies, de diferentes procedências avaliadas sob déficit hídrico, *E. obliqua*, *E. rubida*, *E. camaldulensis*, *E. polyanthemos*, *E. tricarpa* e *E. cladocalyx*, também mostraram-se capazes de apresentar ajustamento osmótico, e os resultados tiveram estreitas relações com a distribuição das espécies em ambientes onde a água é escassa (MERCHANT et al., 2010).

O potencial hídrico é um dos principais indicadores do estado da planta sob estresse, uma vez que quando as plantas são submetidas a um déficit hídrico, elas desenvolvem mecanismos para tentar sobreviver nesta condição. Primeiramente a planta percebe a falta de água no solo, devido a alteração da condutividade hidráulica no seu interior. A restrição hídrica causará então, a perda de turgor celular, que influenciará no fechamento estomático (NOLAN et al., 2017).

Caso as condições hídricas não retornem, ocorrerá um aumento no acúmulo de solutos intracelular para que o gradiente de potencial de água diminua em seu interior, de forma a manter a célula hidratada, garantindo, assim, o bom funcionamento metabólico e crescimento (FLOWERS; JONES; JONES, 1989).

O melhor desempenho do *E. camaldulensis* sobre o *E. grandis* e *E. grancam*, indica que esse genótipo, se ajusta melhor ao déficit do que as outros, e embora o

ajustamento osmótico não impeça que a taxa fotossintética seja reduzida, a manutenção da turgescência permite que a fotossíntese e outras importantes atividades fisiológicas sejam mantidas, mesmo que baixas, possibilitando a redistribuição de carbono e nitrogênio (CHAVES FILHO; STACCIARINI-SERAPHIN, 2001)

Os resultados aqui obtidos demonstram que os genótipos diferem significativamente em sua extensão do ajuste osmótico sob o estresse por seca e que é possível usar esse recurso de indução da planta como um dos critérios para selecionar, nos estádios de desenvolvimento precoce, genótipos de eucalipto adaptados a ambientes propensos à seca (SILVA et al., 2016).

Para as características C_i , E , g_s , EUA, EIT e F_v/F_m , com efeitos significativos dos regimes de irrigação e, ou de genótipos, os resultados foram apresentados graficamente por genótipos nos três regimes de irrigação (Figura 16). Apesar da análise de variância apontar diferenças entre os regimes de irrigação para EIT e para F_v/F_m , quando se observou separadamente cada genótipo, os regimes hídricos não proporcionaram diferenças significativas (Tabela 10; Figura 16).

Tabela 12. Potencial hídrico foliar (Ψ_f , em MPa) em sete genótipos de eucalipto submetidos a três regimes de irrigação (RI1 – 60% da capacidade máxima de retenção de água; RI2 – 40% da CMRA e RI3 – 20% da CMRA), em casa de vegetação.

| Genótipos | Potencial hídrico (ψ) | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------|-----------|
| | RI1 | RI2 | RI3 |
| <i>E. brassiana</i> | -0,46 Aa | -0,52 Aa | -0,96 Bab |
| <i>E. camaldulensis</i> | -0,45 Aa | -0,50 Aa | -1,30 Ba |
| <i>E. grandis</i> | -0,28 Aa | -0,46 ABa | -0,70 Bb |
| <i>E. grancam</i> | -0,25 Aa | -0,42 ABa | -0,70 Bb |
| <i>E. saligna</i> | -0,40 Aa | -0,51 Aa | -0,98 Bab |
| <i>E. urophylla</i> | -0,43 Aa | -0,65 Aa | -1,06 Ba |
| <i>E. urograndis</i> | -0,30 Aa | -0,52 Aa | -1,05 Ba |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Para C_i somente o *E. grandis* e o *E. urograndis*, se mostraram afetados pela redução na disponibilidade hídrica. Essa redução na concentração interna de CO_2 (C_i) está ligada à condutância estomática (g_s), pois devido ao fechamento estomático, há uma diminuição na taxa de assimilação de dióxido de carbono (FERRAZ et al., 2012).

E como se observa, os genótipos, tenderam a fechar seus estômatos sob menor disponibilidade hídrica, exceto o *E. camaldulensis*, em que a redução não foi suficiente para causar diferença (Figura 16).

A resposta do *E. camaldulensis* nos três regimes de irrigação, possivelmente é devida à sua maior capacidade de ajustamento osmótico, que melhorou a absorção de água sob déficit hídrico. Nesse sentido as taxas de entrada e saída de água eram mantidas regulares.

Como houve uma tendência de fechamento estomático, a EUA foi também afetada, tornando as plantas mais eficientes, haja visto que essa variável é dependente da razão entre A/g_s , sendo que maiores valores de A e menores de g_s , resultaram em maior EUA. Três dos sete genótipos de eucalipto, não apresentaram diferenças na EUA, entre os níveis de umidade do solo, sendo estes o *E. camaldulensis*, o *E. grancam* e o *E. saligna*. É importante destacar que apesar desse resultado, o *E. camaldulensis*, se apresentou melhor, tendo em vista que quando se observa a condutância estomática (g_s), esta também se mantém igual nos diferentes tratamentos hídricos, enquanto o *E. grancam* e o *E. saligna* reduzem. Isso indica que apesar da melhor EUA, a assimilação de carbono nesses genótipos mostrou -se mais prejudicada.

Para a transpiração (E), apesar de não ter apresentado diferenças entre os genótipos, é possível notar que o *E. brassiana*, o *E. camaldulensis* e o *E. urophylla*, não reduziram significativamente sua transpiração sob déficit hídrico (Figura 16). Segundo alguns autores a capacidade da planta em manter alta transpiração em condições de déficit, pode ser benéfica, tendo em vista que, proporciona maior resfriamento da parte aérea, maior crescimento de raízes e melhor extração de água do solo. Porém, há também outra vertente, quando se pensa em selecionar plantas que transpirem menos sob condições de déficit hídrico, uma vez que, pode ser vantajoso em condições onde a água deve ser preservada para mais tarde e/ou para estágios de desenvolvimento mais sensíveis (FLOWERS; JONES; JONES, 1989).

A eficiência instantânea de uso da água (EIT), é uma variável também dependente da A , juntamente com a E . Isto implica que maiores valores de E diminuirão a EIT. Houve diferenças significativas entre os regimes de irrigação (Tabela 10), onde a EIT foi maior no RI3 do que RI2 e igual a RI1. Contudo,

observando separadamente o comportamento de cada genótipo, frente aos regimes de irrigação, percebe-se que estes não causaram limitação para eficiência deste processo fisiológico (Figura 16).

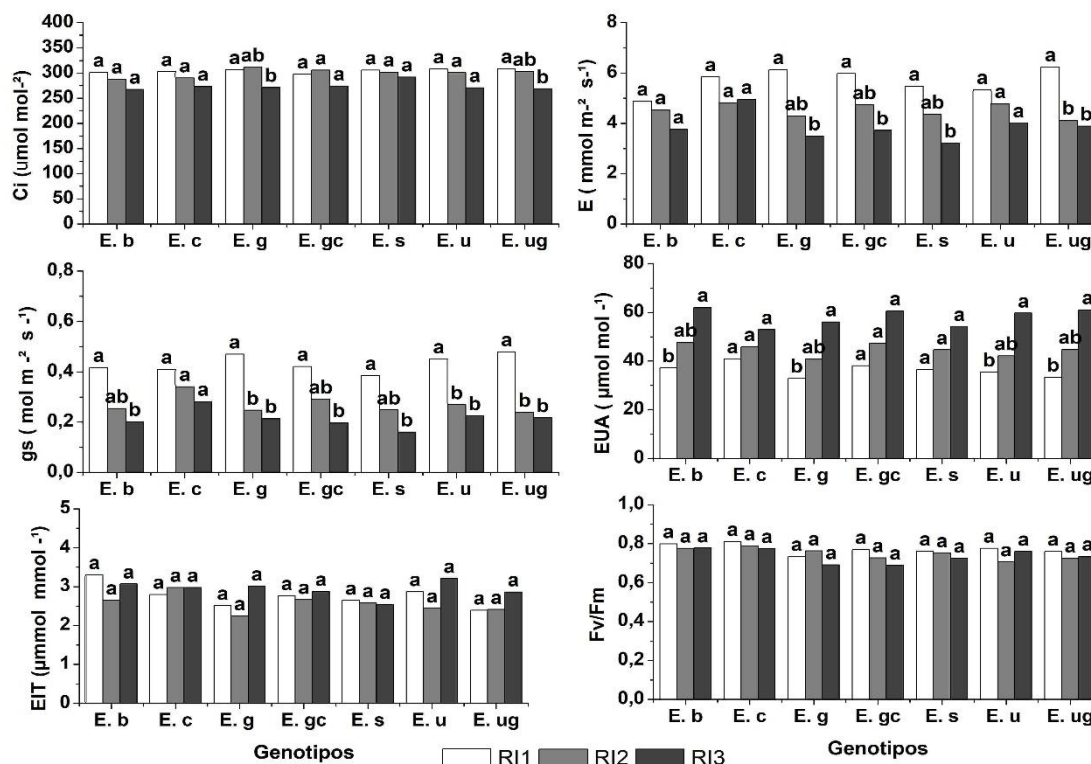


Figura 16. Concentração de CO_2 intracelular (C_i), condutância estomática (g_s), eficiência instantânea de uso da água (EIT), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (EUA), e rendimento fotoquímico máximo do Fotossistema II (Fv/Fm) avaliados em sete genótipos de eucalipto submetidos a três regimes de irrigação (RI1 – 60% da capacidade máxima de retenção de água; RI2 – 40% da CMRA e RI3 – 20% da CMRA)), em casa de vegetação.

Em dois dos três regimes de irrigação (RI1 e RI3), foi feita uma análise em diferentes horários do dia, para algumas das características fisiológicas já descritas como o A , g_s , E e C_i , além das razões EUA e EIT (Figura 17; Figura 18).

Independentemente do genótipo e do regime de irrigação, a A foi maior na parte da manhã, atingindo um máximo às 9 h, declinando de forma constante posteriormente. *E. brassiana* e *E. camaldulensis*, foram os que mais se destacaram ao longo do dia, tanto em RI1 e RI3, quando comparado aos outros materiais. Houve, uma estreita relação entre a A e g_s . Em geral essas duas características foram

maiores sob condições de maior disponibilidade hídrica (RI1), e sob menor disponibilidade hídrica (RI3) os estômatos tendem a permanecer menos tempo aberto resultando em uma A diária total menor. Observa-se que o *E. brassiana* e *E. camaldulensis*, apresentaram uma g_s superior aos demais genótipos, principalmente nas primeiras horas de avaliação, mantendo-se superior ao longo do dia (Figura 17).

Com as avaliações ao longo do dia, é possível inferir porque, provavelmente os regimes de irrigação não tenham causados maiores danos ao fotossistema II, haja visto que entre 9 e 11 horas, a capacidade fotossintética foi praticamente a mesma, nos dois regimes de irrigação, sendo este, justamente o período em que também foi feito a avaliação da fluorescência. Percebe-se, ainda, que na avaliação de 9 h no RI3 alguns genótipos se saíram melhor do que o RI1. Isto pode ter sido influenciado pelo acúmulo de nitrogênio na planta, haja visto que plantas sob déficit hídrico, tendem a aumentar a concentração de nitrogênio, favorecendo então um melhor desempenho da rubisco (BRUNNER et al., 2015).

Houve um aumento crescente na E ao longo do dia, com maiores valores, nas horas mais quentes e diminuindo à medida que a temperatura ia baixando. Comparando os dois regimes de irrigação o RI3, apresentou valores menores do que o RI1. Esse resultado está fortemente ligado, ao fechamento estomático, que ocorreu nas plantas, provocando uma redução na E (SILVA et al., 2015). Destaca-se, contudo, o *E. camaldulensis* e o *E. brassiana*, que apresentaram valores altos de E , mesmo em RI3.

Independentemente dos tratamentos, o C_i apresentou as maiores concentrações nas primeiras horas da manhã, com uma leve queda ao longo do dia. As maiores concentrações no início do dia são devidas a maior g_s que também favoreceu a entrada de CO_2 na célula. E, como ao longo das horas ocorreu o fechamento estomático, houve também uma redução do CO_2 intracelular.

Além da redução da g_s , o fator temperatura também pode atuar desfavorecendo a fixação CO_2 , haja visto que o eucalipto é uma planta C_3 , a atividade da enzima Rubisco pode atuar como oxigenase ou carboxilase. Assim, sob altas temperaturas, a Rubisco preferencialmente irá atuar como oxigenase, fazendo com que a taxa fotossintética e a produção de biomassa, sejam diminuídas (MARENCO et al., 2014).

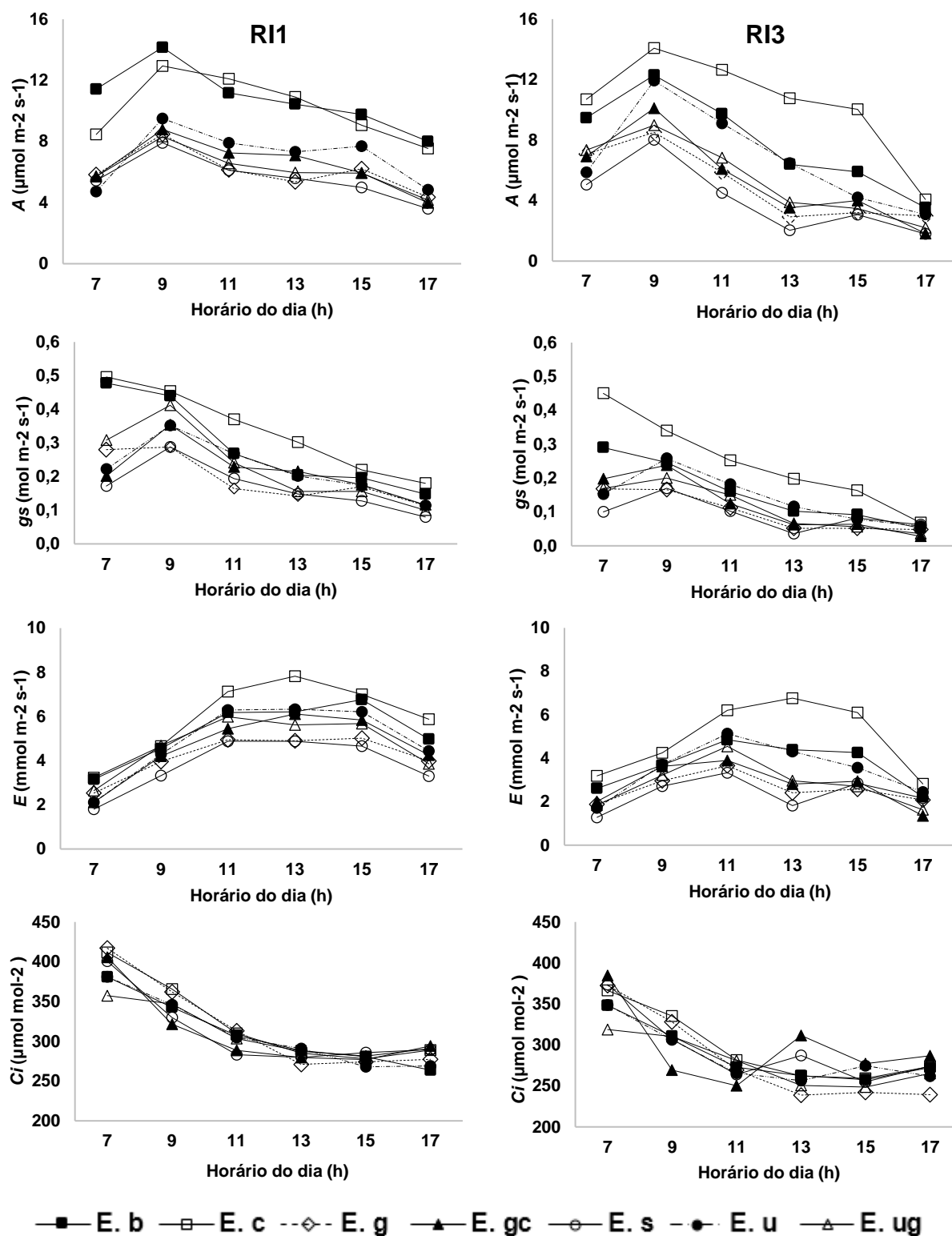


Figura 17. Taxa de assimilação líquida (A), condutância estomática (g_s) transpiração (E) e CO_2 intracelular (C_i) ao longo do dia em sete genótipos de eucalipto submetidos aos regimes de irrigação R11 (60% da capacidade máxima de retenção de água pelo substrato - CMRA), à esquerda, e ao R13 (20% da CMRA), à direita.

Os genótipos de eucalipto aumentaram a EUA, ao longo do dia. Esta resposta é resultante da menor g_s que, conseqüentemente, aumenta, a razão A/g_s . Pela menor g_s , em RI3, os materiais de eucalipto também foram mais eficientes nesta condição (Figura 18).

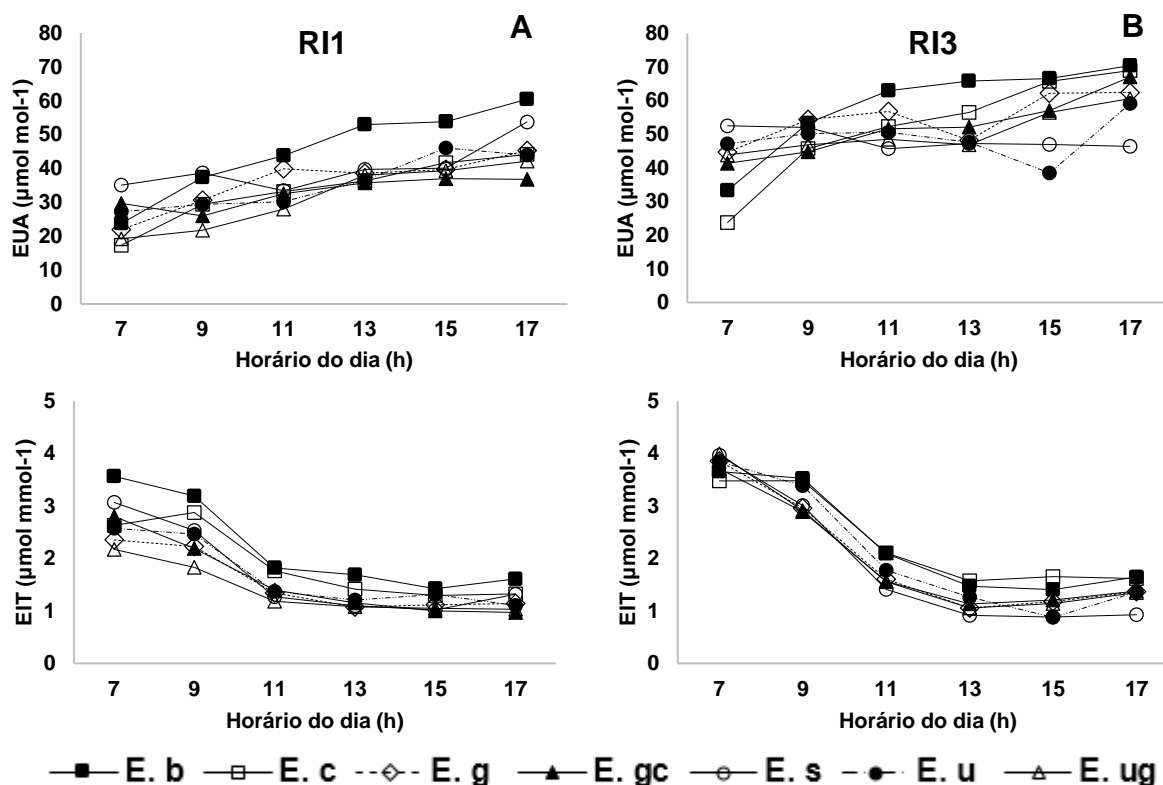


Figura 18. Eficiência intrínseca do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de uso da água (EIT), ao longo do dia em sete genótipos de eucalipto submetidos aos regimes de irrigação RI1 (60% da capacidade máxima de retenção de água pelo substrato - CMRA), à esquerda, e ao RI3 (20% da CMRA), à direita.

Analisando o comportamento dos materiais frente aos diferentes horários de avaliação, o *E. brassiana* mostrou-se o mais eficiente ao longo do dia, independentemente do tratamento hídrico, com exceção para a avaliação das setes horas, ficando entre as quatro menos eficientes. Os demais genótipos, de certa forma, apresentaram comportamento semelhante com um crescente aumento na EUA ao longo do dia. Contudo, é interessante observar, que nas primeiras horas do dia (7 e 9 horas) o *E. saligna* ficou entre as mais eficientes, porém em avaliações posteriores o rendimento caiu. No RI1 onde havia maior disponibilidade hídrica, esta espécie

apresentou-se, inicialmente, como a mais eficiente e com o passar das horas sofreu uma leve queda em comparação às demais. E em RI3, onde a maioria dos genótipos tiveram valores crescentes ao longo das horas, o *E. saligna* apresentou valores decrescentes.

Esses resultados indicam que as respostas dessas duas espécies foram devidas às mudanças de temperatura, visto que a menor eficiência do *E. brassiana*, ocorreu nas primeiras horas do dia, em temperaturas mais baixas, aumentando a EUA, nas outras avaliações mais tarde onde a temperatura aumentou. Para o *E. saligna* ocorreu o inverso, onde nas primeiras horas do dia o mesmo se mostrou mais eficiente.

Esse resultado indica que as temperaturas ótimas para o desenvolvimento de cada genótipo são diferentes. Voltamos ao que já foi relacionado nos testes de germinação, que esses resultados advêm das características genéticas de cada espécie, mas também ligadas às condições ambientais do local de origem e ou produção de sementes das mesmas. Tendo em vista que a região de coleta do *E. brassiana* apresenta temperaturas mais altas em comparação ao local de coleta do *E. saligna*, é possível, mais uma vez indicar que esses efeitos, podem estar relacionados com a adaptação de cada uma, ao respectivo ambiente.

O contrário ocorreu para EIT, tendo em vista que condições onde há menor transpiração, e maior fotossíntese resultam em maior eficiência, no sistema, uma vez que se considera menor perda de água por carbono assimilado. Nas primeiras horas de avaliação, os genótipos se mostraram mais eficientes, nos dois tratamentos hídricos. A partir das 11 h a eficiência cai, mantendo-se praticamente sem alteração até o final do dia. O *E. brassiana* e o *E. camaldulensis* foram, novamente, os genótipos com melhor desempenho, independentemente do regime hídrico.

As respostas obtidas concordam com os resultados de Gonçalves et al. (2017), que trabalhando com seis dos sete materiais de eucalipto apresentados, indicaram que o *E. brassiana* e *E. camaldulensis* são tolerantes ao déficit hídrico. Os híbridos *E. urograndis*, *E. granacam* e a espécie pura *E. urophylla*, foram classificadas como moderadamente tolerantes e o *E. grandis* como uma espécie com baixa tolerância ao déficit hídrico.

Analisando as características bioquímicas, diferenças significativas ocorreram apenas para o teor de açúcares solúveis totais (AST) e para o teor de açúcares redutores (ART) em relação aos genótipos, não havendo diferença significativa para os regimes de irrigação, nem para as interações (Tabela 13).

Tabela 13. Valores de “F” da análise de variância, coeficientes de variação (CV, %) e médias para teores de açúcares solúveis totais (AST, mg g⁻¹), açúcares redutores totais (ART, mg g⁻¹), avaliados em sete os genótipos de eucalipto (GEN) em três regimes de irrigação e conteúdo de clorofila a (Chl-a), clorofila b (Chl-b), clorofilas a+b (Chl a+b) e carotenoides (Cx+c), em (mg g⁻¹), avaliadas em sete genótipos (GEN) de eucalipto nos regimes de irrigação RI1 e RI1.

| Fontes de Variação | AST | ART | Chl-a | Chl-b | Chl a+b | Cx+c |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| GEN | 3,34** | 2,80* | 0,77 ^{ns} | 2,34* | 1,05 ^{ns} | 1,49 ^{ns} |
| RI | 3,11 ^{ns} | 2,97 ^{ns} | 0,87 ^{ns} | 3,13 ^{ns} | 0,80 ^{ns} | 0,38 ^{ns} |
| GEN x RI | 0,33 ^{ns} | 0,62 ^{ns} | 1,60 ^{ns} | 1,30 ^{ns} | 1,92 ^{ns} | 1,36 ^{ns} |
| CV (%) | 13,50 | 20,29 | 15,51 | 14,49 | 15,92 | 14,01 |
| GEN | | | | | | |
| <i>E. b</i> | 48,27 a | 58,87 a | 0,23 a | 0,07 ab | 0,30 a | 0,16 a |
| <i>E. c</i> | 50,39 a | 51,50 ab | 0,20 a | 0,06 ab | 0,26 a | 0,15 a |
| <i>E. g</i> | 43,85 ab | 47,05 ab | 0,26 a | 0,08 a | 0,34 a | 0,21 a |
| <i>E. gc</i> | 39,63 b | 43,81 b | 0,20 a | 0,05 b | 0,25 a | 0,15 a |
| <i>E. s</i> | 43,24 ab | 46,84 ab | 0,22 a | 0,07 ab | 0,29 a | 0,18 a |
| <i>E. u</i> | 45,86 ab | 55,71 ab | 0,24 a | 0,06 ab | 0,32 a | 0,18 a |
| <i>E. ug</i> | 43,78 ab | 51,20 ab | 0,21 a | 0,06 ab | 0,28 a | 0,17 a |
| Regimes de Irrigação | | | | | | |
| RI1 | 43,91 a | 46,32 b | 0,21 a | 0,06 a | 0,27 a | 0,16 a |
| RI2 | 43,74 a | 51,73 ab | - | - | - | - |
| RI3 | 47,18 a | 53,77 a | 0,23 a | 0,07 a | 0,30 a | 0,17 a |

* *E. b* – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptus saligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

RI1 – 60%, RI2 – 40% e RI3 – 20% da capacidade de campo. * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$ e ^{ns} – $p > 0,05$, respectivamente pelo teste F.

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada fator principal, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de AST, foram encontrados para o *E. brassiana* e *E. camaldulensis*, diferindo do *E. grandis* e igual entre os demais. Para o ART, foram encontradas maiores quantidades desse açúcar no *E. brassiana* comparativamente ao *E. grandis*. Esses resultados confirmam o melhor ajustamento osmóticos de

alguns genótipos frente ao déficit hídrico (Tabelas 12 e 13), uma vez que maior a quantidade de solutos presentes na planta, reduz o potencial hídrico, ajudando na osmorregulação para que a planta continue absorvendo água (CHAVES FILHO; STACCIARINI-SERAPHIN, 2001).

Os resultados da avaliação dos teores de clorofilas a, clorofilas b e carotenoides, são apresentados na Tabela 13. Não houve efeito dos genótipos, dos regimes de irrigação ou da interação entre ambos para esses caracteres, com exceção da Ch-b ($p \leq 0,05$) entre genótipos.

A quantidade de pigmentos dos genótipos submetidos em RI3, mantiveram-se iguais ao RI1. Os pigmentos fazem parte do processo fotossintético da planta e são eles os responsáveis pela absorção de luz, além de dissipar a energia excedente (STREIT et al., 2005). Como não houve alteração da quantidade de pigmentos, é possível, que este resultado, seja o motivo das plantas estressadas, apresentarem pouca redução no índice Fv/Fm e conseguirem desempenho fotossintético nas primeiras horas do dia, similar às plantas com mais água disponível. Isto indica que o estresse hídrico não foi suficiente para causar danos ao sistema fotoquímico da planta.

O efeito dos tratamentos hídricos e dos genótipos de eucalipto, bem como sua interação não foram suficientes para causar alterações nas características relacionadas a morfometria dos estômatos, como densidade estomática abaxial da folha (DE-AB), densidade estomática adaxial da folha (DE-AD), funcionalidade dos estômatos (F) e índice estomático abaxial (ID-AB), com exceção do DE-AD, que apresentou diferenças significativas, entre os genótipos (Tabela 14, Figura 19). Nessa característica o *E. brassiana* e o *E. camaldulensis* apresentaram maior densidade estomática. É importante salientar, também, que os estômatos presentes na parte adaxial da folha, nos outros genótipos, são encontrados, somente próximos à nervura principal, enquanto que em *E. brassiana* e *E. camaldulensis*, estão distribuídos por toda área foliar, podendo então serem caracterizadas como plantas anfistomáticas, haja visto o número de estômatos presentes na epiderme das duas faces da folha serem proporcionalmente semelhantes (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Essa variação na quantidade de estômatos pode explicar porque estes dois genótipos (*E. camaldulensis* e *E. brassiana*) apresentaram maior capacidade

fotossintética do que os outros, uma vez que a maior quantidade de estômatos melhora a eficiência das trocas gasosas entre a planta e a atmosfera.

Como a funcionalidade de estômatos (F), não foi significativa, é possível que os tratamentos hídricos não foram suficientes para causar danos a essa característica.

Tabela 14. Valores de “F” da análise de variância, coeficientes de variação (CV, %): densidade estomática abaxial da folha (DE-AB), densidade estomática adaxial da folha (DE-AD), funcionalidade dos estômatos (F) e índice estomático abaxial (ID-AB), dos sete genótipos de eucalipto (GEN), em dois regimes de irrigação (RI).

| Fontes de variação | DE-AB | DE-AD | F | ID- AB |
|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| GEN | 0,701 ^{ns} | 79,33 ^{**} | 1,84 ^{ns} | 1,34 ^{ns} |
| RI | 1,81 ^{ns} | 2,58 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | 0,06 ^{ns} |
| GEN X RI | 1,82 ^{ns} | 1,09 ^{ns} | 0,67 ^{ns} | 1,44 ^{ns} |
| CV (%) | 20,74 | 14,51 | 11,04 | 15,15 |
| Genótipos | | | | |
| <i>E. brassiana</i> | 742.50 a | 411.88 a | 1.38 a | 21.19 a |
| <i>E. camaldulensis</i> | 673.13 a | 472.14 a | 1.34 a | 18.98 a |
| <i>E. grandis</i> | 801.56 a | 89.11 b | 1.36 a | 21.47 a |
| <i>E. grancam</i> | 690.94 a | 77.81 b | 1.56 a | 21.97 a |
| <i>E. saligna</i> | 694.06 a | 61.19 b | 1.48 a | 21.04 a |
| <i>E. urophylla</i> | 720.52 a | 80.83 b | 1.42 a | 22.06 a |
| <i>E. urograndis</i> | 755.31 a | 100.89 b | 1.43 a | 23.36 a |
| Regimes de Irrigação | | | | |
| R11 | 698,39 a | 191,79 a | 1,43 a | 21,54 a |
| R13 | 752,47 a | 145,96 b | 1,41 a | 21,32 a |

R11 – 60%, e R13 – 20% da capacidade de campo. * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$ e ^{ns} – $p > 0,05$, respectivamente pelo teste F.

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada fator principal, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

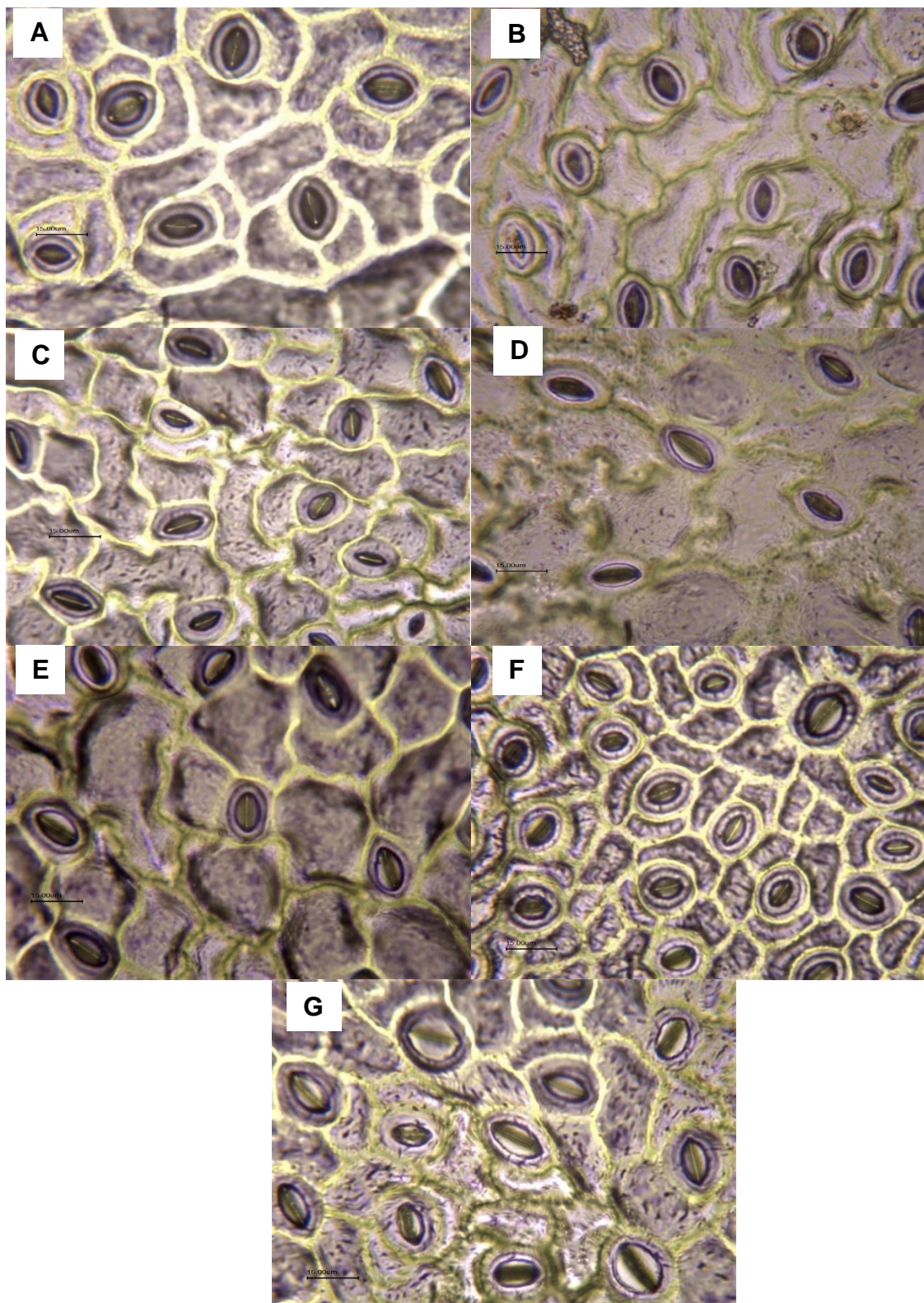


Figura 19. Representação esquemática dos estômatos de sete genótipos de eucalipto *Eucalyptus brassiana* (A), *E. camaldulensis* (B), *E. grandis* (C), *E. grandis* x *E. camaldulensis* (D), *E. saligna* (E), *E. urophylla* (F) e *E. urophylla* x *E. grandis* (G) em aumento de 10x. Barra= 15 μ m.

5 CONCLUSÕES

Há diferenças no comportamento das espécies e híbridos de eucalipto frente aos estresses abióticos aplicados, tanto na fase de germinação quanto na fase de mudas em casa de vegetação.

Sob altas temperaturas e sob déficit hídrico mediado por PEG ou por NaCl, o *E. brassiana* e *E. camaldulensis* apresentaram o melhor desempenho germinativo ao passo que o *E. saligna* foi o mais afetado por essas condições.

Em casa de vegetação o déficit hídrico afetou negativamente o desenvolvimento das mudas, porém o *E. camaldulensis* e *E. brassiana* apresentaram melhor desempenho. Por outro lado, o *E. saligna* apresentou-se com desempenho inferior, principalmente quanto às características fisiológicas, quando comparado aos demais genótipos.

É possível inferir que, de certa forma, houve boa associação entre as fases de germinação de sementes, em laboratório, e de desenvolvimento de mudas em vasos, em casa de vegetação, uma vez que os genótipos que se apresentaram superiores nos testes de germinação, também foram superiores quando expostos ao déficit hídrico na fase de mudas.

Os resultados obtidos que sugerem o *E. camaldulensis* e o *E. brassiana* como os mais tolerantes aos estresses hídrico e, ou térmico podem estar mais ou menos relacionados com as áreas de ocorrência natural dessas espécies, como também ao local de produção das sementes usadas nos diferentes experimentos. Isto, a médio e longo prazo, induzem alterações como parte de mecanismos evolutivos das espécies, para se adaptarem às condições a que são expostas transmitindo essas informações para as gerações posteriores, visando a garantia da sobrevivência.

A seleção de genótipos tolerantes aos estresses abióticos na germinação ainda é precipitada, porém, através deste, viu-se que é possível indicar o local onde as plantas apresentarão melhor desempenho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEGBUYI, E.; COOPER, S.R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethylene glycol (PEG). **Seed Science and Technology**, Tsukuba city-Ibaraki, 9: 867-878, 1981.

ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Brasil de Rothschild, 1961. 660 p.

ATAÍDE, G. da M.; BORGES, E. de L.; FILHO, A. L. Alterações fisiológicas e biométricas em sementes de *Melanoxylon brauna* schott durante a germinação em diferentes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 40, n. 1, p. 61–70, 2016.

AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C. de; VALERI, S. V. Temperatura e substrato para a germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Temperature. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 479–488, 2011.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. S.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, 2014.

BATTAGLIA, M. Seed germination physiology of *Eucalyptus delegatensis* RT Baker in Tasmania. **Australian Journal of Botany**, Clayton South - Melbourne, v. 41, n. 1, p. 119-136, 1993.

BELL, D. T. Interaction of fire, temperature and light in the germination response of 16 species from the *Eucalyptus marginata* Forest of South-Western Australia. **Australian Journal of Botany**, Clayton South - Melbourne, v. 42, n. 5, p. 501-509, 1994.

BELLO, E. P. D. B. C. E. S.; ALBUQUERQUE, M. C. D. F. E.; GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. F. DE. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (ducke) a. C. Sm. Submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina v. 30, n. 3, p. 16–24, 2008.

BLACKMAN, C. J.; ASPINWALL, M. J.; TISSUE, D. T.; RYMER, P. D. Genetic adaptation and phenotypic plasticity contribute to greater leaf hydraulic tolerance in response to drought in warmer climates. **Tree Physiology**, Oxford, v. 37, n. 5, p. 583–592, 2017.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Austrália**. 5 ed. Colingwood: Csiro, 2006. 768p.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U. L. E. G.; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, Lexington-Kentucky, v. 3, n. 1, p. 497-514, 1989.

BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia agricola**, Piracicaba v. 58, n. 1, p. 43–49, 2001.

BRUNNER, I.; HERZOG, C.; DAWES, M. A.; AREND, M.; SPERISEN, C. How tree roots respond to drought. **Frontiers in Plant Science**, Parkville-Victoria, v. 6, n. July, p. 1–16, 2015.

BUCKERIDGE, M. S.; TINÉ, M. A.; SANTOS, H. P. D.; LIMA, D. U. D. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, n. esp, p. 137, 2000.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAUJO, E. DE L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. cap. 2, p. 95-104.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora UFLA, 2009. 234 p.

CASTRO, P. R.C. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho soja, arroz e mandioca**. A Klunge. – São Paulo: Nobel, 1999. 126p.

CAVALLARO, V.; BARBERA, A. C.; MAUCIERI, C.; GIMMA, G.; SCALISI, C.; PATANÉ, C. Evaluation of variability to drought and saline stress through the germination of different ecotypes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) using a hydrotime model. **Ecological Engineering**, Prague -Czech Republic, v. 95, p. 557–566, 2016.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico, **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 199–204, 2001.

CORREIA, B.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; NEVES, L.; BROSSA, R.; DIAS, M. C.; COSTA, A.; CASTRO, B. B.; ARAÚJO, C.; SANTOS, C.; CHAVES, M. M.; PINTO, G. Water stress and recovery in the performance of two *Eucalyptus globulus* clones: Physiological and biochemical profiles. **Physiologia Plantarum**, Lund - Escânia, v. 150, n. 4, p. 580–592, 2014.

CRUZ, F. R. D. S.; DE ANDRADE, L. A.; ALVES, E. U.; CRUZ, F. R. da S.; ANDRADE, L. A. de; ALVES, E. U. Estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1189, 2016.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; DE ALMEIDA, A. Q.; DE QUEIROZ, J. R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 275–284, 2006.

DONOHUE, K.; RUBIO DE CASAS, R.; BURGHARDT, L.; KOVACH, K.; WILLIS, C. G. Germination, Postgermination Adaptation, and Species Ecological Ranges. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, n. 1, p. 293–319, 2010.

DUBOIS, M.; GILLSE, K.A.; HAMILTON, J.K; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related compounds. **Analytical Chemistry**, Xarja - Emirados Árabes Unidos, v.28, n.3, p. 350-356, 1956.

EL-KEBLAWY, A.; GAIROLA, S.; BHATT, A. Maternal salinity environment affects salt tolerance during germination in *Anabasis setifera*: A facultative desert halophyte. **Journal of Arid Land**, Xinjiang v. 8, n. 2, p. 254–263, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412p.

FARIAS G, S. G.; SANTOS R, D.; FREIRE O, A. L. D.; SILVA, B, R. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p.1499 - 1505, 2009.

FATHI, R. A.; PRAT, D. Effects of saline stress on Eucalyptus seedlings. In: **Annales des Sciences Forestières**. EDP Sciences, 1989. p. 376s-378s.

FERREIRA, M. A aventura dos eucaliptos. In: Schumacher, M. V.; Vieira, M. **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2016. p. 306.

FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B. de; FERNANDES, P. D.; JÚNIOR, E. da S. N. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181–188, 2012.

FLOWERS, T. J.; JONES, H. G.; JONES, M. B. **Plants under stress : biochemistry, physiology and ecology and their application to plant improvement**. (Society for Experimental Biology seminar series: 39), 1989. p. 257.

FONSECA, E. da S.; PEIXOTO, R. S.; ROSADO, A. S.; BALIEIRO, F. de C.; TIEDJE, J. M.; RACHID, C. T. C. da C. The microbiome of Eucalyptus Roots under different management conditions and its potential for biological nitrogen fixation. **Microbial Ecology**, Atlanta, GA, p. 183–191, 2017.

FONSECA, S.M. DA; RESENDE, M.D.V. DE; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M. DA S.; ASSIS, T.F. DE; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV. 2010, 200 p.

GIROTTI, L.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; ALBUQUERQUE, A. C. S.; TOMAZONI, A. P. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 59, n. 2, p. 192–199, 2012.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; ROCHA, J. H. T.; BRANDANI, C. B.; HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. **Southern Forests**, Randburg, v. 79, n. 3, p. 169–183, 2017.

GONÇALVES, J. L. M.; van RAIJ, B.; GONÇALVES, J. Q. Florestas. In: van RAIJ, B, *et al.* (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 247-259. (Boletim Técnico, 100).

HARFOUCHE, A.; MEILAN, R.; ALTMAN, A. Molecular and physiological responses to abiotic stress in forest trees and their relevance to tree improvement. **Tree Physiology**, Oxford, v. 34, n. 11, p. 1181–1198, 2014.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório Ibá 2017**. Disponível em <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf> Acesso em: 22 de junho de 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 996 p.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2012. 452p.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LEMCOFF, J. H., GUARNASCHELLI, A. B., GARAU, A. M., BASCIALI, M. E., GHERSA, C. M. Osmotic adjustment and its use as a selection criterion in *Eucalyptus* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v. 24, n. 12, p. 2404-2408, 1994.

LERAYER, A. **Guia Oportunidades para um Desenvolvimento Sustentável**. 2008. Disponível em <http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf> Acesso em: Junho de 2017.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIN, J.; SHAO, S.; WANG, Y.; QI, M.; LIN, L.; WANG, Y.; YAN, X. Germination responses of the halophyte *Chloris virgata* to temperature and reduced water potential caused by salinity, alkalinity and drought stress. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 3, p. 507–514, 2016.

LÓPEZ, M.; HUMARA, J. M.; CASARES, A.; MAJADA, J. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. seeds of different sizes. **Annals of Forest Science**, Alenya, v. 57, n. 3, p. 245-250, 2000.

LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 429–438, 2013.

LONG, R. L.; GORECKI, M. J.; RENTON, M.; SCOTT, J. K.; COLVILLE, L.; GOGGIN, D. E.; FINCH-SAVAGE, W. E. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 90, n. 1, p. 31-59, 2015.

MACHADO, F. H.; DAVID, A.; CANGUSSÚ, L. V.; FIGUEIREDO, J. C.; AMARO, H. T. Physiological quality of seed and seedling performance of crambe genotypes under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 175-179, 2017.

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

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; DOS SANTOS GOUVÊA, P. R.; CAMARGO, M. A. B.; DE OLIVEIRA, M. F.; DA SILVA SANTOS, J. K. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: Fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 61, p. 786–799, 2014.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3 SUPPL. 1, p. 318–329, 2014.

MASEDA, P. H.; FERNÁNDEZ, R. J. Growth potential limits drought morphological plasticity in seedlings from six *Eucalyptus* provenances. **Tree Physiology**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 243–251, 2016.

MEDEIROS, R. L. S.; SOUZA, V. C.; AZERÊDO, G. A.; NETO, M. A. B.; SILVA BARBOSA, A.; OLIVEIRA, I. S. S. Seed vigor and germination of facheiro plants (*Pilosocereus cattingicola* (Gurke) Byles & Rowley Subsp. *Salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) at different temperatures. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 5, p. 2873-2886, 2017.

MERCHANT, A.; ARNDT, S. K.; ROWELL, D. M.; POSCH, S.; CALLISTER, A.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. A. Seasonal changes in carbohydrates, cyclitols, and water relations of 3 field grown *Eucalyptus* species from contrasting taxonomy on a common site. **Annals of Forest Science**, Alenya, v. 67, n. April, p. 104–104, 2010.

NELSON, N.A. Photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Rockville, v. 153, p.375-380, 1944.

NIINEMETS, Ü. Uncovering the hidden facets of drought stress: Secondary metabolites make the difference. **Tree Physiology**, Oxford v. 36, n. 2, p. 129–132, 2015.

NOLAN, R. H.; TARIN, T.; SANTINI, N. S.; MCADAM, S. A. M.; RUMAN, R.; EAMUS, D. Differences in osmotic adjustment, foliar abscisic acid dynamics, and stomatal regulation between an isohydric and anisohydric woody angiosperm during drought. **Plant Cell and Environment**, v. 40, n. 12, p. 3122–3134, 2017.

OLIVEIRA, A. K. M.; MOTA, C. M. G.; AGNES, D. C. Efeito de diferentes temperaturas na germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de *Miconia albicans* (Melastomataceae). **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v. 16, n. 3, supl. 1, p. 755-759, 2014.

OLIVEIRA, F. N. D.; OLIVEIRA, J. R. D.; TORRES, S. B.; DE FREITAS, R. M., NOGUEIRA, N. W. Germination and initial development of *Simira gardneriana* seedling under water stress and at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 5, p. 333-338, 2017.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, 2013.

PEREIRA, F. E. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; TORRES, S. B.; MARTINS, C. C.; BRITO, S. F. de. Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. Seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 7, p. 649–653, 2016.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; SILVA, R. J. N. da. Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 687–696, 2014.

PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. **Investigación Agraria**, Madri, v. 14, p. 383-393, 2005.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da Sementes**. 2. ed. Brasilia. 1985. 289p.

PRADO, A. D. L.; ROCHA, G. T.; MELO, B. S.; RODRIGUES, F. Germinação de Sementes de Diferentes Espécies de Eucalipto sob Estresse Hídrico Simulado por Manitol. In: **Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG**, 2016.

RAWAL, D. S.; KASEL, S.; KEATLEY, M. R.; NITSCHKE, C. R. Environmental effects on germination phenology of co-occurring eucalypts: implications for regeneration under climate change. **International journal of biometeorology**, v. 59, n. 9, p. 1237-1252, 2015.

REZVANI, M.; ZAEFARIAN, F. Effect of some environmental factors on seed germination of *Eryngium caeruleum* M. Bieb. populations. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 31, n. 2, p. 220–228, 2017.

RIBEIRO, D. E.; ALVARENGA, A. A.; MARTINS, J. R.; RODRIGUES, A. C.; MAIA, V.O. Germinação e reindução da tolerância à dessecação em sementes de *Senna multijuga* (RICH.) IRWIN ET BARN. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, 2016.

RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, B.M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.281-284, 2001.

RIX, K. D.; GRACIE, A. J.; POTTS, B. M.; BROWN, P. H.; GORE, P. L. Genetic control of *Eucalyptus globulus* seed germination. **Annals of Forest Science**, Alenya, v. 72, n. 4, p. 457–467, 2015.

RIX, K. D.; GRACIE, A. J.; POTTS, B. M.; BROWN, P. H.; SPURR, C. J.; GORE, P. L.. Paternal and maternal effects on the response of seed germination to high temperatures in *Eucalyptus globulus*. **Annals of Forest Science**, Alenya, v. 69, n. 6, p. 673-679, 2012.

RIX, K. D.; GRACIE, A. J.; POTTS, B. M.; BROWN, P. H.; SPURR, C. J.; GORE, P. L. Germination response of *Eucalyptus globulus* seeds exposed to low and high temperature stress. **Seed Science & Tecnology**, v. 39, p. 686–691, 2011.

SANTANA, D. G., RANAL, M. A. Análise estatística na germinação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12 (Edição Especial), p. 205 - 237, 2000.

SANTOS, P. E. T. DOS; GERALDI, I. O.; GARCIA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos de propriedades físicas e mecânicas da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 63, p. 54–64, 2003.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia e Ambiental Agrícola**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287–294, 1998.

SCHOLANDER, P. F., BRADSTREET, E. D., HEMMINGSEN, E. A., & HAMMEL, H. T. Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science**, New York, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.

SEILER, C.; HARSHAVARDHAN, V. T.; RAJESH, K.; REDDY, P. S.; STRICKERT, M.; ROLLETSCHEK, H.; SCHOLZ, U.; WOBUS, U.; SREENIVASULU, N. ABA biosynthesis and degradation contributing to ABA homeostasis during barley seed development under control and terminal drought-stress conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford v. 62, n. 8, p. 2615–2632, 2011.

SHINOZAKI, K; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.

SHU, K.; QI, Y.; CHEN, F.; MENG, Y.; LUO, X.; SHUAI, H.; ZHOU, W.; DING, J.; DU, J.; LIU, J.; YANG, F.; WANG, Q.; LIU, W.; YONG, T.; WANG, X.; FENG, Y.; YANG, W. Salt Stress Represses Soybean Seed Germination by Negatively Regulating GA Biosynthesis While Positively Mediating ABA Biosynthesis. **Frontiers in Plant Science**, Parkville-Victoria v. 8, n. August, p. 1–12, 2017.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; DE OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; DE MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946–952, 2015.

SILVA, M. L. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. de L. A.; MOURA, SUELI DA SILVA SANTOS NETO, A. P. dos S. GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Chorisia glaziovii* O. Kuntze SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES TEMPERATURAS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 999–1007, 2016.

SILVA, P. H. M.; BOUILLET, J.P; PAULA, R.C. Assessing the invasive potential of commercial Eucalyptus species in Brazil: Germination and early establishment. **Forest Ecology and Management**, Amesterdan, v. 374, p. 129-135, 2016.

SOARES, M. M.; DOS SANTOS, H. C.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; DA SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370–378, 2015.

STRECK, N. A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.2, p.581-584, 2004.

STAGGEMEIER, V. G.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; FOREST, F.; LUCAS, E. Phylogenetic analysis in *Myrcia section Aulomyrcia* and inferences on plant diversity in the Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, v. 115, n. 5, p. 747-761, 2015.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748–755, 2005.

SUNG, Y.; CANTLIFFE D.J.; NAGATA R.T. Seed developmental temperature regulation of thermotolerance in lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 123: 700 – 705, 1998.

TAYLOR, N. J.; HILLS, P. N.; STADEN, J. V. Cell division versus cell elongation: the control of radicle elongation during thermoinhibition of *Tagetes minuta* achenes. **Journal of plant physiology**, v. 164, n. 12, p. 1612-1625, 2007.

TIMM, F. C.; BANDEIRA, J. M.; BICCA, M. L.; DE SOUZA DODE, J.; DE MORAES, D. M. Germinação e crescimento de plântulas de genótipos de aveia branca submetidas ao estresse salino. **Semina:Ciencias Agrarias**, Londrina v. 36, n. 5, p. 2987–3000, 2015.

VALDÉS, A. E.; IRAR, S.; MAJADA, J. P.; RODRÍGUEZ, A.; FERNÁNDEZ, B.; PAGÈS, M. Drought tolerance acquisition in *Eucalyptus globulus* (Labill.): A research on plant morphology, physiology and proteomics. **Journal of Proteomics**, v. 79, p. 263–276, 2013.

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

WILLIS, C. G.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; AULD, J. R.; VENABLE, D. L., CAVENDER-BARES, J.; RUBIO DE CASAS, R. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. **New Phytologist**, Bailrigg, v. 203, n. 1, p. 300-309, 2014.

APÊNDICE

Experimento 1 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto em diferentes temperaturas

Tabela 1. Valores de tempo médio de germinação (TMG) de sete genótipos de eucalipto em diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E. g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E. u</i> | <i>E. ug</i> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 20 | 6,5Aa | 7,2Aa | 8,6Aa | 6,6Aa | 7,7Aa | 7,9Aa | 8,3Aab |
| 25 | 3,9Ab | 5,9Aa | 5,7Ab | 4,2Ab | 5,8Aa | 5,3Aab | 6Ab |
| 30 | 3,3Ab | 5Aa | 5Ab | 3,9Ab | 5,1Aa | 4,3Ab | 4,7Ab |
| 35 | 3,2Bb | 4,7Ab | 5,2ABb | 4,1Bb | 6,9Aa | 4,7Ab | 5,7Ab |
| 40 | 4,2Cab | 6,6BCa | 9,5Aa | 7,3ABa | 7,2ABa | 7,2ABa | 8,8Aa |
| CV (%) | 10,8 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 2. Valores de coeficiente de velocidade de germinação (CVG) de sete genótipos de eucalipto em diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E. g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E. u</i> | <i>E. ug</i> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 20 | 15,4Ad | 13,8Ac | 11,6Ac | 15Ab | 12,9Ab | 12,8Ab | 12Ac |
| 25 | 25,3Abc | 16,9Babc | 17,5Bb | 23,6ABa | 17,4Bab | 18,9Ba | 16,5Bab |
| 30 | 30Aab | 19,9Cab | 20,4Ca | 25,5ABa | 19,6Ca | 23,4BCa | 21,2BCa |
| 35 | 30,4Aa | 20,8BCa | 19,2Cab | 24,6Ba | 15,3Db | 21,1Ba | 17,9CDa |
| 40 | 23,7 Ac | 15,1Bbc | 11,1Bc | 13,5Bb | 13,9Bb | 13,9Bb | 12,9bc |
| CV (%) | 10,8 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 3. Valores de índice de sincronização de germinação (ISG) de sete genótipos de eucalipto em diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E. g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E. u</i> | <i>E. ug</i> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 20 | 2,48Aa | 2,73Aa | 2,59Aa | 2,48Aa | 2,50Aa | 1,98Ba | 2,71Aa |
| 25 | 2,32Aa | 2,73Aa | 2,51Aa | 2,36Aa | 1,81Bb | 1,80Ba | 2,82Aa |
| 30 | 2,43Aa | 2,50Aa | 2,07Bb | 1,77Bb | 0,78Cc | 1,53Bab | 2,18ABa |
| 35 | 2,70Aa | 2,16Bb | 2,41Aa | 2,28Aa | 0,79Cc | 1,53Bab | 2,48Aa |
| 40 | 1,24Bb | 2,28Aa | 0,16Cc | 1,62Bb | 1,61Bb | 1,07Bb | 0Cb |
| CV (%) | 13,2 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Experimento 2 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por PEG 6000 em duas temperaturas

Tabela 4. Valores de tempo médio de germinação (TMG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG, a 25 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 3,79 B | 5,56 A | 4,81 AB | 3,72 B | 5,84 A | 4,58 AB | 4,79 AB |
| -0,05 | 4,53 AB | 5,58 AB | 4,97 AB | 4,08 B | 6,16 A | 4,79 AB | 4,74 AB |
| -0,1 | 4,42 B | 5,64 AB | 5,47 AB | 4,40 B | 7,20 A | 5,22 AB | 5,14 AB |
| -0,15 | 5,62 BC | 5,84 BC | 6,40 AB | 4,55 C | 8,34 A | 6,01 ABC | 6,24 AB |
| -0,2 | 5,99 AB | 6,31 AB | 7,03 AB | 5,07 B | 8,17 A | 7,55 A | 7,00 AB |
| -0,25 | 6,78 AB | 6,87 AB | 7,79 AB | 6,02 B | 8,73 A | 7,69 AB | 7,91 AB |
| -0,3 | 7,33 AB | 6,54 AB | 7,97 AB | 5,77 B | 8,70 A | 7,70 AB | 8,00 AB |
| -0,4 | 8,12 A | 8,14 A | 11,42 A | 10,79 A | 10,69 A | 9,97 A | 0,00 B |
| CV (%) | 7,0 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 5. Valores de coeficiente de germinação (CVG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG, a 25 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 23,3 AB | 18,2 C | 20,8 BC | 27,0 A | 17,2 C | 22,0 B | 21,2 BC |
| -0,05 | 22,2 AB | 18,1 BC | 20,2 ABC | 24,9 A | 16,5 C | 21,5 AB | 21,3 ABC |
| -0,1 | 22,0 A | 17,9 AB | 18,3 A | 22,8 A | 14,3 B | 19,4 A | 19,6 A |
| -0,15 | 17,9 AB | 17,5 B | 16,0 BC | 22,1 A | 12,4 C | 16,7 BC | 16,3 BC |
| -0,2 | 16,7 AB | 15,8 AB | 14,3 B | 19,9 A | 12,6 B | 13,4 B | 14,4 B |
| -0,25 | 14,7 AB | 14,6 AB | 13,0 AB | 16,6 A | 11,4 B | 13,1 AB | 12,8 AB |
| -0,3 | 14,3 AB | 15,4 AB | 12,7 AB | 17,4 A | 11,7 B | 13,4 AB | 12,6 AB |
| -0,4 | 12,3 A | 12,7 A | 8,2 A | 9,0 A | 9,5 A | 10,1 A | 0,0 B |
| CV | 11,6 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 6. Valores de tempo médio de germinação (TMG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG, a 35 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E. g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E. u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 0 | 3,24 C | 4,56 ABC | 4,97 AB | 4,04 BC | 6,65 A | 3,80 BC | 4,38 AB |
| -0,05 | 3,40 B | 4,64 AB | 4,88 AB | 4,42 AB | 6,59 A | 4,24 B | 4,68 AB |
| -0,1 | 3,59 B | 5,25 A | 5,52 A | 4,61 AB | 6,22 A | 4,84 AB | 4,76 AB |
| -0,15 | 3,63 B | 5,83 A | 4,94 AB | 4,41 AB | 5,32 AB | 5,00 AB | 5,06 AB |
| -0,2 | 3,96 B | 6,27 A | 6,16 A | 5,37 AB | 6,28 A | 5,04 AB | 5,19 AB |
| -0,25 | 4,38 A | 5,64 AB | 6,20 A | 5,34 AB | 5,61 AB | 4,94 AB | 5,66 AB |
| -0,3 | 4,52 B | 6,37 AB | 6,83 A | 5,85 AB | 4,39 B | 5,30 AB | 5,97 AB |
| -0,4 | 7,24 A | 6,42 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A |
| CV | 9,6 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 7. Valores de coeficiente de germinação (CVG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG, a 35 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E. g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E. u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 0 | 30,90 A | 22,19 ABC | 20,37 BC | 25,13 AB | 15,45 C | 26,58 AB | 18,42 BC |
| -0,05 | 29,64 A | 21,56 AB | 20,75 B | 22,73 AB | 15,68 B | 23,61 AB | 21,69 AB |
| -0,1 | 27,89 A | 19,35 B | 18,80 B | 22,16 AB | 17,00 B | 21,36 AB | 21,25 AB |
| -0,15 | 27,75 A | 17,31 B | 20,93 A | 23,35 AB | 19,90 AB | 20,30 AB | 20,04 AB |
| -0,2 | 25,37 A | 16,07 A | 16,54 A | 18,70 A | 16,75 A | 20,18 A | 19,39 A |
| -0,25 | 23,16 A | 18,03 A | 16,78 A | 18,93 A | 18,19 A | 20,73 A | 17,97 A |
| -0,3 | 22,57 A | 15,87 A | 15,03 A | 17,37 A | 21,14 A | 21,09 A | 16,94 A |
| -0,4 | 14,40 A | 16,15 A | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B |
| CV | 17,5 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 8. Valores de índice de sincronização da germinação (ISG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG, a 25 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 1,90 B | 2,46 AB | 2,39 AB | 1,47 B | 2,80 A | 2,24 AB | 2,32 AB |
| -0,05 | 2,10 AB | 2,72 A | 2,39 AB | 1,75 B | 2,79 A | 2,06 AB | 2,28 AB |
| -0,1 | 2,01 A | 2,63 A | 2,68 A | 2,00 A | 2,75 A | 2,41 A | 2,50 A |
| -0,15 | 2,47 A | 2,67 A | 2,71 A | 2,15 A | 2,91 A | 2,54 A | 2,73 A |
| -0,2 | 2,75 A | 2,74 A | 2,80 A | 2,41 A | 2,80 A | 2,97 A | 2,90 A |
| -0,25 | 2,83 A | 2,92 A | 2,83 A | 2,78 A | 2,33 A | 2,88 A | 2,93 A |
| -0,3 | 2,62 A | 2,45 A | 2,67 A | 2,49 A | 2,30 A | 2,74 A | 2,82 A |
| -0,4 | 2,33 A | 2,11 A | 0,94 B | 1,38 AB | 1,41 AB | 0,86 BC | 0,00 C |
| CV | 13,2 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 9. Valores de índice de sincronização da germinação (ISG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por PEG, a 35 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 0,69 B | 1,77 AB | 2,09 A | 1,35 AB | 2,37 A | 1,39 AB | 1,69 AB |
| -0,05 | 0,88 B | 2,06 A | 1,92 AB | 1,67 AB | 2,32 A | 1,55 AB | 1,89 AB |
| -0,1 | 1,25 A | 2,03 A | 2,31 A | 1,52 A | 1,96 A | 1,86 A | 1,86 A |
| -0,15 | 1,04 A | 2,43 A | 1,98 A | 1,71 A | 1,43 A | 1,93 A | 1,95 A |
| -0,2 | 1,56 A | 2,21 A | 2,27 A | 1,98 A | 1,59 A | 1,77 A | 2,05 A |
| -0,25 | 1,72 A | 1,99 A | 1,60 A | 1,99 A | 1,69 A | 1,61 A | 2,08 A |
| -0,3 | 1,26 A | 1,77 A | 1,57 A | 1,53 A | 0,54 A | 1,39 A | 1,62 A |
| -0,4 | 1,21 A | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B | 0,00 B |
| CV | 27,3 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Experimento 3 - Germinação de sementes de espécies e híbridos de eucalipto submetidas a déficit hídrico mediado por NaCl em duas temperaturas

Tabela 10. Valores de tempo médio de germinação (TMG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 4,96 B | 5,24 A | 5,38 AB | 3,97 B | 6,81 A | 4,80 B | 5,69 AB |
| -0,05 | 5,74 AB | 5,77 AB | 5,58 AB | 4,34 B | 7,12 A | 4,39 B | 5,50 AB |
| -0,1 | 5,67 AB | 5,37 A | 5,86 AB | 4,23 B | 6,93 A | 4,61 B | 5,48 AB |
| -0,15 | 5,32 B | 5,56 B | 5,97 B | 4,49 B | 8,22 A | 4,97 B | 6,06 B |
| -0,2 | 5,92 B | 5,83 B | 6,30 AB | 4,63 B | 8,06 A | 5,19 B | 6,31 AB |
| -0,25 | 6,69 AB | 5,83 B | 6,57 B | 5,28 B | 8,40 A | 5,23 B | 6,88 AB |
| -0,3 | 6,09 BC | 6,25 AB | 6,98 AB | 5,18 C | 7,94 A | 6,03 BC | 6,84 AB |
| -0,4 | 6,73 ABC | 6,46 ABC | 7,57 A | 5,53 C | 7,82 A | 5,61 BC | 7,34 AB |
| -0,6 | 8,30 BC | 7,51 BC | 9,36 A | 7,33C | 9,00 A | 7,06 C | 9,26 Ab |
| -0,8 | 8,96 AB | 8,90 A | 10,64 A | 7,98 B | 0,00 C | 8,60 AB | 9,42 A |
| -1 | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A |
| CV (%) | 10,4 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 11. Valores de tempo médio de germinação (TMG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 35 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 4,17 B | 4,63 B | 4,83 B | 4,15 B | 7,56 A | 3,87 B | 4,88 B |
| -0,05 | 4,31 B | 4,75 B | 5,38 B | 4,90 B | 7,63 A | 4,24 B | 5,01 B |
| -0,1 | 4,25 B | 4,83 B | 5,39 B | 4,53 B | 7,81 A | 3,57 B | 4,74 B |
| -0,15 | 4,19 B | 4,97 B | 5,77 AB | 4,82 B | 6,87 A | 4,14 B | 5,26 AB |
| -0,2 | 4,65 B | 5,18 B | 6,34 AB | 5,61 AB | 7,32 A | 4,36 B | 5,98 A |
| -0,25 | 4,33 B | 5,03 B | 6,76 A | 4,91 B | 8,44 A | 5,07 B | 6,51 AB |
| -0,3 | 4,69 A | 5,36 A | 6,14 A | 5,41 A | 6,56 A | 4,94 A | 6,57 A |
| -0,4 | 5,68 BC | 6,45 ABC | 6,58 A | 5,48 BC | 8,33 A | 4,27 C | 7,10 AB |
| -0,6 | 6,93 AB | 7,00 AB | 8,10 A | 5,53 B | 0,00 C | 5,32 B | 7,25 AB |
| -0,8 | 8,07 A | 7,42 A | 0,00 C | 6,06 A | 0,00 C | 4,88 B | 0,00 C |
| -1 | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A |
| CV (%) | 15,8 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 12. Valores de coeficiente de germinação (CVG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|
| 0 | 20,5 B | 19,2 B | 18,6 BC | 25,4 A | 14,0 C | 20,8 B | 17,7BC |
| -0,05 | 17,4 B | 17,3 B | 18,3 B | 23,1 A | 14,4 B | 23,1 A | 18,2 B |
| -0,1 | 17,6 BC | 18,6BC | 17,2 C | 23,7 A | 14,6 C | 21,7 ^a | 18,3 BC |
| -0,15 | 18,9 BC | 18,0BC | 16,8 C | 22,3 A | 12,6 D | 20,5 A | 16,5C |
| -0,2 | 17,1 B | 17,2 B | 15,9 BC | 21,7 A | 12,1 C | 19,4 A | 16,0 B |
| -0,25 | 15,0 BC | 17,2 A | 15,3 BC | 19,0 A | 12,1 C | 19,3 A | 14,8BC |
| -0,3 | 16,7 ABC | 16,0BC | 14,4 BC | 19,5 A | 12,7 C | 18,1AB | 14,7BC |
| -0,4 | 14,9 AB | 15,6AB | 13,2 B | 18,2 A | 12,8 B | 18,1 A | 13,8B |
| -0,6 | 12,0 A | 13,4 A | 10,7 A | 13,7 A | 11,5 A | 14,4 A | 10,9 A |
| -0,8 | 11,2 A | 11,3 A | 9,5 A | 12,5 A | 0,0 B | 11,3 A | 10,8 A |
| -1 | 0,0 A | 0,0 A | 0,0A | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A |
| CV(%) | 10,0 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 13. Valores de coeficiente de germinação de germinação (CVG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 35 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 24,5 A | 21,7 A | 20,7 AB | 24,4 A | 13,4 B | 26,3 A | 20,7 AB |
| -0,05 | 23,6 A | 21,1 A | 18,7 A | 21,0 A | 13,2 B | 24,1 A | 20,2 A |
| -0,1 | 23,5 AB | 21,2 B | 18,8 BC | 22,6 A | 13,1 C | 28,2 A | 21,1 B |
| -0,15 | 23,9 A | 20,1 AB | 17,6 AB | 20,9 AB | 15,9 B | 24,3 A | 19,1 AB |
| -0,2 | 21,8 AB | 19,3 ABC | 16,0 BC | 18,1 ABC | 14,1 C | 23,4 A | 16,9 ABC |
| -0,25 | 23,2 A | 20,0 ABC | 15,1 BC | 18,9 ABC | 11,6 C | 20,8 AB | 15,5 BC |
| -0,3 | 21,3 A | 18,8 A | 16,4 A | 16,3 A | 13,0 A | 17,9 A | 15,3 A |
| -0,4 | 17,6 AB | 15,5 B | 14,6 B | 18,4 AB | 14,5 B | 23,5 A | 14,2 B |
| -0,6 | 14,7 A | 14,6 A | 11,9 A | 17,1 A | 0,0 B | 18,8 A | 14,0 A |
| -0,8 | 12,5 A | 13,5 A | 0,0 B | 16,5 A | 0,0 B | 10,8 A | 0,0 B |
| -1 | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A | 0,0 A |
| CV (%) | 14,7 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 14. Valores de índice de sincronização da germinação (ISG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 25 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 2,11 AB | 2,44 AB | 2,48 AB | 1,87 B | 2.88 A | 2,21 A | 2,62 AB |
| -0,05 | 2,65 A | 2,48 A | 2,52 A | 2,07 A | 2.81 A | 1,96 A | 2,52 A |
| -0,1 | 2,41 A | 2,25 A | 2,66 A | 2,02 A | 2.73 A | 2,03 A | 2,59 A |
| -0,15 | 2,25 AB | 2,34 AB | 2,44 AB | 2,03 B | 2.98 A | 2,23 AB | 2,66 AB |
| -0,2 | 2,42 A | 2,34 A | 2,56 A | 2,20 A | 2.71 A | 2,40 A | 2,72 A |
| -0,25 | 2,70 A | 2,19 A | 2,52 A | 2,43 A | 2.85 A | 2,41 A | 2,83 A |
| -0,3 | 2,62 A | 2,51 A | 2,56 A | 2,25 A | 2.51 A | 2,31 A | 2,81 A |
| -0,4 | 2,80 A | 2,46 A | 2,64 A | 2,38 A | 2.36 A | 2,20 A | 2,65 A |
| -0,6 | 2,55 A | 2,31 A | 1,62 A | 2,41 A | 1.17 A | 2,15 A | 1,73 A |
| -0,8 | 2,23 A | 2,30 A | 1,94 A | 2,48 A | 0.00 A | 2,11 A | 1,71 A |
| -1 | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0.00 A | 0,00 A | 0,00 A |
| CV (%) | 14,2 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Tabela 15. Valores de índice de sincronização da germinação (ISG) de sete genótipos de eucalipto submetidas a déficit hídrico induzido por NaCl, a 35 °C.

| Potencial hídrico (MPa) | <i>E. b</i> | <i>E. c</i> | <i>E.g</i> | <i>E. gc</i> | <i>E. s</i> | <i>E.u</i> | <i>E. ug</i> |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| 0 | 1,73 B | 2,21 AB | 2,33 AB | 1,77 B | 3.00 A | 1,42 B | 2,26 AB |
| -0,05 | 1,89 AB | 2,24 AB | 2,49 AB | 2,11 AB | 2.75 A | 1,59 B | 2,36 AB |
| -0,1 | 1,91 A | 2,25 AB | 2,39 A | 2,13 AB | 2.50 A | 1,25 B | 2,24 AB |
| -0,15 | 2,00 A | 2,37 A | 2,65 A | 2,31 A | 2.30 A | 1,75 A | 2,47 A |
| -0,2 | 2,18 AB | 2,47 AB | 2,63 AB | 2,44 AB | 1.72 B | 1,95 AB | 2,77 A |
| -0,25 | 2,12 AB | 2,27 AB | 2,75 A | 2,47 AB | 1.66 B | 2,21 AB | 2,77 A |
| -0,3 | 2,33 A | 2,37 A | 2,20 A | 2,54 A | 0.86 B | 2,10 A | 2,80 A |
| -0,4 | 2,56 A | 2,63 A | 2,37 A | 2,14 AB | 1.00 B | 1,60 B | 2,63 A |
| -0,6 | 2,75 A | 2,62 A | 2,11 A | 1,80 A | 0.00 B | 2,05 A | 1,86 A |
| -0,8 | 0,00 B | 1,65 A | 0,00 B | 1,80 A | 0.00 Bf | 0,00 B | 0,00 B |
| -1 | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0.00 A | 0,00 A | 0,00 A |
| CV (%) | 16,7 | | | | | | |

E. b – *E. brassiana*; *E. c* – *E. camaldulensis*; *E. g* – *E. grandis*; *E. gc* – *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. s* – *Eucalyptussaligna*; *E. u* – *E. urophylla*; *E. ug* – *E. urophylla* x *E. grandis*.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.