



USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR EM MUDAS DE EUCALIPTO EM CONDIÇÃO DE DEFICIT HÍDRICO

Talita Miranda Teixeira Xavier¹, José Eduardo Macedo Pezzopane², Ricardo Miguel Penchel³, José Ricardo Macedo Pezzopane⁴

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o uso de um fotoprotetor foliar sob o crescimento inicial de clone comercial de eucalipto em diferentes demandas hídricas atmosféricas, associadas a estresse hídrico. A pesquisa foi desenvolvida em casas de vegetação climatizadas na Universidade Federal do Espírito Santo. Mudanças de híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foram transplantadas para vasos plásticos e após aclimação foram induzidas a ciclos de estresse hídrico pela suspensão da reposição de água até que o solo atingisse 30% da água disponível, com posterior reposição de água para o nível da capacidade de campo. No final do experimento, foram avaliadas as variáveis de crescimento: altura, diâmetro, área foliar, massa seca da parte aérea, raízes e total. O experimento foi implantado em quatro diferentes condições de demanda atmosférica (Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo) e dois níveis de fotoprotetor foliar (com e sem), com cinco repetições. Para o material genético avaliado, a alta demanda atmosférica atuou como um fator estressante para as mudas em crescimento inicial, sendo que a aplicação de fotoprotetor foliar favoreceu o crescimento das plantas sob estresse hídrico, nessas condições. Portanto, a aplicação de fotoprotetor foliar pode ser vista como uma alternativa para atenuar os efeitos de condições de estresse abiótico em mudas de eucalipto.

Palavras-chave - carbonato de cálcio, estresse hídrico, estresse térmico, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

USE OF FOLIAR PHOTOPROTECTOR IN EUCALYPTUS SEEDLINGS IN CONDITION OF WATER DEFICIT ABSTRACT

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, 29550-000, Brasil. talitamtx@yahoo.com.br.

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, 29550-000, Brasil. pezzopane2007@yahoo.com.br.

³ Fibria Celulose S.A, Rodovia General Euryale Jesus Zerbini, s/n - São Silvestre, Jacareí, SP, 12340-010, Brasil. rp@fibria.com.br.

⁴ Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234 s/n^o, Fazenda Canchim, 13560-970 - São Carlos - SP, Brasil. ricardo.pezzopane@gmail.com

The objective of this study was to evaluate the use of a foliar photoprotector under the initial growth of commercial eucalypt clones in different atmospheric demands associated to water stress. The research was developed in greenhouse climatized at the Federal University of Espírito Santo. *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* hybrid seedlings were transplanted to plastic vessels and after acclimatization were induced to water stress cycles by suspending the water replenishment until the soil reached 30% of the available water, with subsequent water replenishment to the capacity level of field. At the end of the experiment, growth variables were evaluated: height, diameter, leaf area, shoot dry mass, roots and total. The experiment was implemented in four different conditions of atmospheric demand (lower temperature, intermediate temperature, higher temperature with high DPV and higher temperature with low DPV) and two levels of leaf photoprotector (with and without), with five replicates. For the evaluated genetic material, the high atmospheric demand acted as a stressing factor for the seedlings in initial growth, and the application of the leaf photoprotector favored the growth of the plants under water stress, under these conditions. Therefore, the application of foliar photoprotector can be seen as an alternative to attenuate the effects of abiotic stress conditions on eucalyptus seedlings.

Keywords - calcium carbonate, water stress, thermal stress, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um expressivo aumento nas plantações de *Eucalyptus spp.* no país, fazendo com que este se ascendessem no mercado internacional como um dos principais produtores de celulose.

O setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país, sendo que esse sucesso é resultado da alta produtividade. Com isso, o Produto Interno Bruto (PIB) do setor brasileiro de árvores plantadas cresceu 1,7% em 2014, a expansão do volume de exportações de celulose (12,6%) exerceu importante papel nesse desempenho, e o crescimento vem aumentando a cada ano (IBÁ, 2015).

No entanto, alterações nos regimes hídricos e térmicos ocasionam modificações na fisiologia das plantas, e isto interfere no padrão de crescimento e desenvolvimento. Sendo assim, para que ocorra o crescimento das plantas uma série de eventos complexos está relacionada, como trocas gasosas, consumo e translocação de fotoassimilados e eficiência na utilização dos recursos.

Quando uma planta é submetida a um estresse abiótico, como por redução da disponibilidade hídrica e elevada temperatura,

ocorrem reações que culminam na produção de uma gama de espécies reativas de oxigênio (EROs), causando danos às células. Esses compostos são tóxicos para as células vegetais e podem ser combinadas com moléculas vitais, como gorduras, proteínas, ácidos nucleicos, causando peroxidação lipídica, desnaturação proteica e mutação do DNA (QUILES; LOPEZ, 2004). Outro efeito negativo ocorre sobre as membranas celulares e organelas, como mitocôndrias e cloroplastos (CANDAN; TARHAN, 2003), causando extravazamento de conteúdo celular para fora da célula (KARABAL; YUCEL; OKTEM, 2003), bem como a redução do padrão de trocas gasosas. Assim, em conjunto, tais efeitos ocasionam uma redução no crescimento da planta, sendo que tal consequência dependerá, dentre outros fatores, da magnitude e duração do evento estressante.

Sabe-se então que o crescimento das plantas é influenciado por fatores ambientais, sendo que estes governam os processos morfofisiológicos e bioquímicos do vegetal fazendo com que alterações nos padrões climáticos modifiquem a fisiologia da planta podendo gerar ganhos ou perdas. Nesse contextocompreender os mecanismos de tolerância e as respostas fisiológicas das plantas diante dos estresses ambientais é

USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR EM MUDAS DE EUCALIPTO EM CONDIÇÃO DE DEFICIT HÍDRICO

importante, visando à seleção de materiais genéticos que alcancem altas produtividades em situações consideradas limitantes, uma vez que constantemente as plantas são impostas a condições estressantes.

Com isso, faz-se necessário buscar alternativas para redução dos danos causados pelo estresse ambiental, principalmente quando mais de um fator está atuando sobre as plantas. Uma das alternativas é a aplicação de fotoprotetor foliar, por meio da pulverização de compostos à base de minerais que formam uma película protetora na face adaxial da folha, reduzindo os efeitos nocivos da radiação solar, calor e estresse hídrico (AHMED; SHAABAN; AHMED, 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito do uso de um fotoprotetor foliar sob o crescimento de clone comercial do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em ambientes com diferentes demandas hídricas atmosféricas associadas ao déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, ES (latitude 20°47'21" S, longitude 41°23'42" W e altitude 120 m).

Casas de vegetação climatizadas, com controle de temperatura do ar e umidade relativa, caracterizavam quatro ambientes com diferentes condições microclimáticas, assim denominadas: Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo. Essa denominação é comparativa dentre os quatro microclimas estabelecidos.

Foram avaliadas mudas sadias de um genótipo comercial do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. As mudas foram obtidas aos 50 dias de idade e

transplantadas para vasos plásticos de aproximadamente 12 litros de substrato composto por 68% de solo Latossolo vermelho-amarelo, 16% de esterco bovino curtido e 16% de palha de café. O período de aclimação das mudas foi de 15 dias, e após esse período iniciaram-se os tratamentos totalizando 60 dias de experimentação.

Semanalmente, era pulverizada, na superfície adaxial das folhas, uma solução do fotoprotetor foliar composto por 62,5% de carbonato de cálcio, 5% de propileno glicol, 1,5% de sílica cristalina e 30,1% de água. A aplicação foi realizada na concentração de 5%, diluído em solução aquosa, sendo na mesma, adicionado 0,05% de espalhante.

Os vasos foram saturados com água e permaneceram sem aplicação de tratamento até a drenagem total da água gravitacional, quando então foram pesados para estabelecer o peso dos vasos próximo a capacidade máxima retenção de água. Foram retiradas amostras de solo para determinação da umidade pelo método gravimétrico com o intuito de certificar que o solo nos vasos encontrava-se com umidade na capacidade de campo para então dar início a aplicação dos tratamentos.

Para determinação da lâmina de água, foram utilizados pontos da curva de retenção de água no solo, determinada conforme Embrapa (1997), com umidade gravimétrica (U) correspondente às tensões de 0,010 MPa para a capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente, com três repetições. Os valores da capacidade de campo (CC) e do ponto de murcha permanente (PMP) foram 28,8% e 17,72 %, respectivamente. A densidade do substrato foi obtida pelo método da proveta, seguindo o roteiro da Embrapa (1997), apresentando valor de 0,92 g cm³.

A indução da deficiência hídrica consistiu em suspender a reposição de água até que o solo atingisse 30% da água disponível, condição onde as plantas apresentavam sinais de reduzida turgescência das folhas sob condições de alta demanda atmosférica. Quando esse nível era atingido, realizava-se a reposição da fração perdida por evapotranspiração para que o mesmo retorna-

se à capacidade de campo, sendo o controle baseado no monitoramento da quantidade de água contida no solo através da pesagem diária dos vasos.

Para a aquisição de dados microclimáticos foram instaladas estações meteorológicas automáticas com sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Vaisala, modelo cs500), sendo os dados coletados a cada 10 segundos e armazenados em *datalogger* (modelo CR-10X, *Campbell Scientific*) a cada 5 minutos. O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado seguindo metodologia proposta por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) conforme equações a seguir:

$$DPV = es - ea(1)$$

$$es = 0,6108 \times 10^{\frac{7,5 \times Tar}{237,3 + Tar}}(2)$$

$$ea = \frac{UR \times es}{100}(3)$$

em que: DPV é o déficit de pressão de vapor do ar; es é pressão de saturação de vapor d'água; ea é a pressão parcial de vapor d'água; UR é a umidade relativa e Tar é a Temperatura média do ar.

No final do experimento, aos 60 dias de indução dos tratamentos, foram avaliados: altura da planta, diâmetro do coleto, área foliar total, massa seca da parte aérea, raízes e total. A altura total das plantas foi medida com uma régua milimetrada, o diâmetro do coleto com auxílio de um paquímetro digital a 5 cm do substrato e a área foliar foi determinada com medidor de área foliar, modelo LI -3100 da LICOR. As plantas foram particionadas em parte aérea e raiz para determinação da biomassa em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70 °C, por no mínimo 72 horas.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2. Os tratamentos consistiram da interação de quatro ambientes (Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura

superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo) e dois níveis de fotoprotetor foliar (com e sem), com cinco repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR 5.1 de Furtado (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cíclica redução da disponibilidade hídrica do substrato para o nível de 30% da capacidade de campo, com posterior retomada da umidade do solo, afetou diferentemente o crescimento das plantas, bem como houve expressiva diferença nas respostas de crescimento influenciadas pela demanda atmosférica.

Os ambientes do presente estudo apontaram diferenças acentuadas de temperatura e déficit de pressão de vapor (Tabela 1). Verifica-se no detalhamento dos parâmetros microclimáticos, a diferença entre os quatro ambientes, sendo a diferença do poder evaporante do ar retratada na avaliação do déficit de pressão de vapor, o que condicionou quatro ambientes com condições de demandas hídricas atmosféricas diferentes.

As temperaturas máximas foram de 23,6; 28,6; 32,4 e 33,3 °C, as mínimas de 18,3; 18,5; 19,2 e 19,2 °C e o déficit de pressão de vapor do ar máximo foi de 0,4; 1,5; 2,8 e 2,2 kPa para os ambientes de temperatura inferior, intermediária, superior com DPV alto e superior com DPV baixo, respectivamente.

O detalhamento por período do dia dos valores médios dos parâmetros microclimáticos avaliados está representado na Tabela 1. Nos horários mais quentes (11:00 às 14:59 h), em média, a diferença de temperatura entre o ambiente de demanda atmosférica mais alta (Temperatura superior e DPV alto) e o ambiente de menor demanda (Temperatura inferior) foi de 8,8 °C, e de 1,93 kPa para o déficit de pressão de vapor do ar.

USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR EM MUDAS DE EUCALIPTO EM CONDIÇÃO DE DEFICIT HÍDRICO

Tabela 1- Temperatura média e déficit de pressão de vapor em frações horárias do período diurno e média noturna, de quatro ambientes em casa de vegetação climatizada no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Horário	Temperatura média do ar (°C)			
	Temp.Inferior	Temp. Intermediária	Temp.Superior e DPV alto	Temp.Superior e DPV baixo
07:00 - 10:59	20,6	24,1	27,2	26,8
11:00 - 14:59	22,8	27,2	31,6	31,8
15:00 - 18:59	21,5	25,0	28,1	28,2
19:00 - 06:59	20,1	20,4	21,3	21,3
Horário	Déficit de pressão de vapor do ar (Kpa)			
	Temp.Inferior	Temp. Intermediária	Temp.Superior e DPV alto	Temp.Superior e DPV baixo
07:00 - 10:59	0,11	0,69	1,46	1,10
11:00 - 14:59	0,31	1,14	2,24	1,59
15:00 - 18:59	0,14	0,71	1,41	1,18
19:00 - 06:59	0,02	0,24	0,49	0,55

Análise de crescimento

Para o material genético de *E. urophylla* x *E. grandis* estudado, os ambientes com alta demanda atmosférica atuaram como um fator estressante para as plantas, uma vez que a massa seca total, da parte aérea e das raízes foram significativamente reduzidas quando estavam sob temperatura elevada e alto déficit de pressão de vapor do ar. O mesmo pode ser observado para a área foliar, altura e diâmetro.

A massa seca total e massa da parte aérea das plantas apresentaram influência estatística significativa na interação ambiente x fotoprotetor foliar. Avaliando a massa seca total (Figura 1), verifica-se

na análise do desdobramento do fator ambiente, nas plantas sem fotoprotetor foliar que, para esse material genético, as condições mais favoráveis ao incremento em massa seca foram os ambientes com temperaturas menores, uma vez que as plantas desse clone foram afetadas negativamente pela alta demanda atmosférica. No entanto, quando aplicado o fotoprotetor foliar nas plantas, o ambiente com temperatura intermediária passou a ser a condição mais favorável, além de beneficiar o crescimento das plantas no ambiente de demanda atmosférica mais alta, igualando estatisticamente com o ambiente de temperatura inferior.

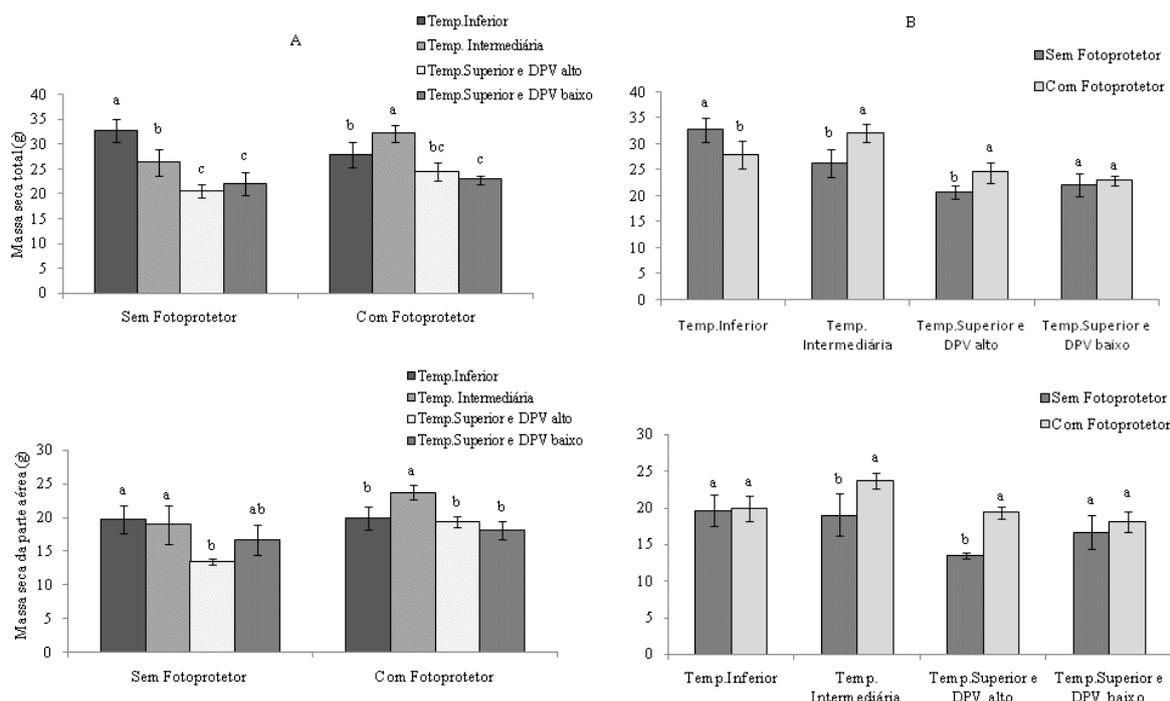


Figura 1. Massa seca total e massa seca da parte aérea das plantas de clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes com Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 kPa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 kPa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 kPa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 kPa), em Jerônimo Monteiro- ES. (A) efeito dos ambientes e (B) efeito do fotoprotetor.

No desdobramento do fator fotoprotetor foliar dentro de cada ambiente, verifica-se que em ambientes de temperatura inferior, a aplicação do produto não beneficiou o crescimento das plantas, contudo, no ambiente de temperatura intermediária e no local com a demanda atmosférica mais alta, o fotoprotetor favoreceu o incremento em massa seca total.

Nesse contexto, a resposta das plantas de eucalipto às condições de deficiência hídrica é estudada por vários pesquisadores, como Gindaba, Rozanov e Negash (2005); Li (1998); Gonçalves e Passos (2000); Li *et al.* (2000); e Ngugi *et al.* (2003). E sendo o potencial hídrico um dos fatores mais importantes que governam a condutância estomática, a disponibilidade hídrica, portanto, afeta diretamente as trocas gasosas (TONELLO; TEIXEIRA FILHO, 2012), uma vez que a regulação da abertura estomática, para evitar a queda dos potenciais hídricos em níveis críticos, afeta o fluxo de gases pelos estômatos (O'GRADY, WORLEDGEB, BATTAGLIAB, 2008).

Estudos com eucalipto realizados por Tatagiba *et al.* (2007), Tatagiba, Pezzopane e Reis (2008), Gindaba, Rozanov e Negash (2005) e Vellini *et al.* (2008) observaram redução das trocas gasosas sob condições de deficiências hídrica. Com isso a produção de fotoassimilados é influenciada e, conseqüentemente, a produtividade potencial da espécie será afetada. Isso provavelmente ocorreu com as plantas desse estudo, uma vez que houve redução da massa seca das plantas. Isso acontece porque o reduzido teor de água nos tecidos foliares, ocasionado pela alta demanda evaporativa do ambiente ou devido à limitada disponibilidade hídrica do substrato, afeta os processos fisiológicos das plantas e, conseqüentemente, o crescimento (KRIEG, 1993). Há então uma tendência de aumento da taxa transpiratória quando o gradiente de potencial hídrico entre a folha e o ar atmosférico aumenta. Sendo que esse gradiente, além de ser alterado com as flutuações da temperatura também pode aumentar quando houver deficiência hídrica no solo (HOPKINS, 1995).

USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR EM MUDAS DE EUCALIPTO EM CONDIÇÃO DE DEFICIT HÍDRICO

O aumento do déficit de pressão de vapor, que condiciona o aumento do poder evaporante do ar, quando a planta está sob deficiência hídrica, restringe o fluxo de vapor d'água do interior da câmara subestomática para a atmosfera, causando redução na transpiração (GUCCI *et al.*, 1996; THOMAS; EAMUS; SHANAHAN, 2000). O mesmo foi observado por Tatagiba *et al.* (2007), corroborando os dados obtidos na presente pesquisa para o clone estudado, que apresentaram taxas inferiores de crescimento, nos locais de alta demanda atmosférica associada com a redução da disponibilidade hídrica no substrato.

A massa seca da parte aérea (Figura 1) de plantas sem aplicação do fotoprotetor teve seu crescimento afetado no ambiente de temperatura superior e DPV alto, contudo, os demais ambientes foram estatisticamente iguais entre si. Quando foi aplicado o fotoprotetor foliar, as plantas desse clone apresentaram maior incremento em massa seca da parte aérea no ambiente de temperatura intermediária, sendo superior aos demais ambientes avaliados.

Ao analisar o efeito da aplicação do fotoprotetor dentro de cada ambiente, a utilização favoreceu o incremento nos ambientes de temperatura intermediária e no ambiente de alta demanda atmosférica, com temperatura superior e DPV alto.

As plantas sob deficiência hídrica tendem a diminuir a condutância estomática fazendo com que muitas vezes maximize a eficiência do uso de água (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 1998), contudo, ao mesmo tempo em que a redução da abertura estomática diminui a perda de vapor d'água pela transpiração, este mecanismo também reduz a entrada de CO₂, ocasionando um decréscimo na taxa fotossintética e, como consequência, um retardo no crescimento (NAUTIYAL *et*

al., 1994; TAIZ; ZEIGER, 2013). Essas informações corroboram os resultados do presente estudo que apontam para uma redução de crescimento ocasionada pela baixa disponibilidade hídrica, quando associada com a alta demanda evapotranspirométrica, dos ambientes de temperatura superior.

A energia que é captada pelas plantas pode ser utilizada para aquecer o ar, aquecer o solo, na evapotranspiração e nos processos biológicos (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Contudo, em situações de deficiência hídrica a evapotranspiração é restringida, uma vez que o estresse ocasiona o fechamento dos estômatos, reduzindo a perda de água via transpiração (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 1998; MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013), e com isso a maior parte da energia do sistema é utilizada para aquecimento. Esse fato é ocasionado uma vez que altas temperaturas aumentam a demanda evaporativa do ar, o que tende a intensificar a transpiração que, de acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), ocorre com o aumento do DPV e da temperatura do ar, visto que a taxa transpiratória das plantas se eleva quando o gradiente de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera aumenta, como observado por Tonello e Teixeira Filho (2007). Nesse caso, se houver deficiência hídrica no solo, a planta não consegue absorver água com a mesma intensidade em que está perdendo via transpiração, ocasionando o fechamento dos estômatos.

Não houve interação significativa entre os fatores demanda atmosférica e aplicação de fotoprotetor para a massa seca das raízes, no entanto o fator ambiente apresentou influência significativa no crescimento dessa variável, sendo que nos ambientes com temperatura superior o crescimento radicular foi inferior aos demais ambientes (Figura 2).

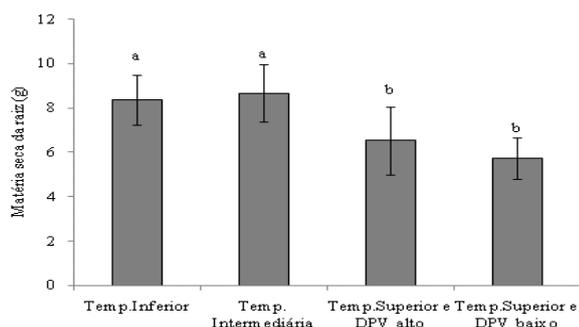


Figura 2. Massa seca da raiz das plantas de clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes com Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 kPa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69

kPa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 kPa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 kPa), em Jerônimo Monteiro- ES.

A área foliar das plantas (Figura 3) apresentou valores estatisticamente superiores nos ambientes de temperatura inferior e intermediária, sendo que no local de temperatura alta e DPV alto as plantas apresentaram menor incremento foliar. Nesse contexto, a aplicação do fotoprotetor favoreceu a área foliar, sendo uma estratégia benéfica para o aumento da superfície fotossintetizante.

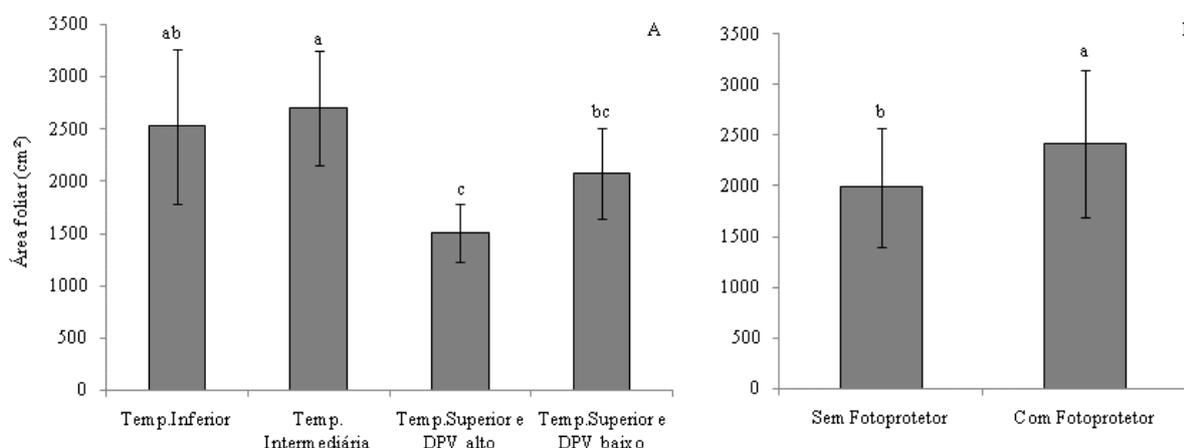


Figura 3. Área foliar das plantas de clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes com Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 kPa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 kPa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 kPa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 kPa), em Jerônimo Monteiro- ES. (A) efeito dos ambientes e (B) efeito do fotoprotetor.

Sem interação entre os fatores, o efeito do ambiente e do fotoprotetor foliar no incremento em altura e diâmetro das plantas foi avaliado isoladamente. A altura das plantas (Figura 4) foi menor no ambiente de temperatura inferior e favorecida com a aplicação do fotoprotetor foliar. O diâmetro do coleto (Figura 4) foi superior nos ambientes de temperatura inferior e

intermediária, sendo que os menores valores foram retratados no ambiente de temperatura superior e DPV alto. Para esta variável, a aplicação do fotoprotetor também foi significativa, favorecendo o incremento e podendo ser uma estratégia adotada para favorecer o crescimento das plantas desse clone.

USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR EM MUDAS DE EUCALIPTO EM CONDIÇÃO DE DEFICIT HÍDRICO

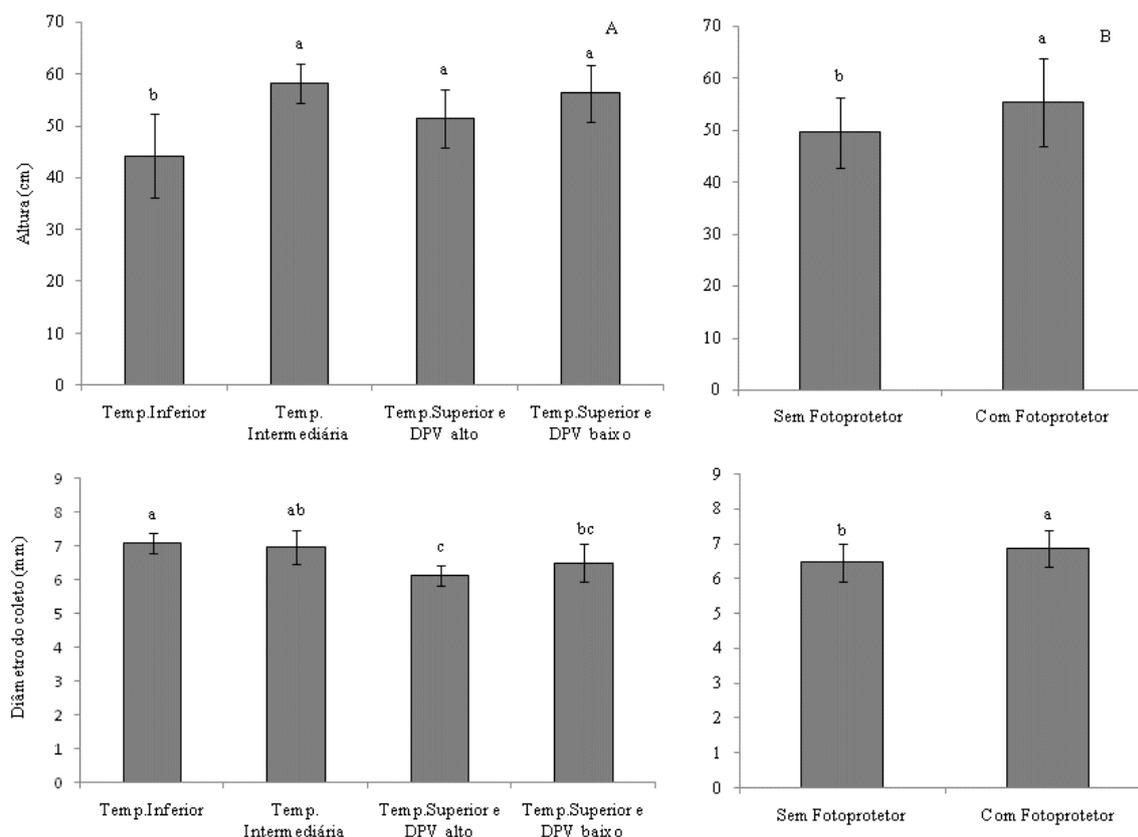


Figura 4. Altura e diâmetro das plantas de clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes com Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 kPa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 kPa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 kPa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 kPa), em Jerônimo Monteiro- ES. (A) Efeito dos ambientes e (B) efeito da aplicação do fotoprotetor.

O estresse hídrico pode predispor o aparato fotossintético à fotoinibição (LUDLOW; BJORKMAN, 1984), uma vez que a atividade fotoquímica é um importante mecanismo de dissipação de energia (MARENCO; LOPES, 2007), o que pode ser potencializado por temperaturas extremas. Nesse caso, altas temperaturas podem reduzir a taxa de fotossíntese líquida; aumentar a taxa respiratória (NORBY; LUO, 2004); promover a desnaturação de proteínas (AGRIOS, 2005); aumentar a fotorrespiração (MARENCO; LOPES, 2007); causar danos à proteína D1 do Fotossistema 2 (ARMOND, SCHREIBER; BJÖRKMAN, 1978); e aumentar os danos e as taxas de fotoinibição. Todos esses efeitos consequentemente atuam reduzindo o crescimento das plantas e provavelmente foram os agentes causadores da diminuição de

crescimento nas plantas sob déficit hídrico nesse estudo.

Os fotoprotetores foliares surgem então como alternativa para algumas culturas, com o intuito de evitar o aquecimento excessivo ocasionado pela reduzida utilização pelas plantas da energia incidente, evitando consequentemente o aumento da temperatura foliar e reduzindo a fotoinibição. Esses produtos atuam reduzindo os efeitos nocivos da radiação solar, calor e estresse hídrico, uma vez que refletem a radiação na faixa do infravermelho (AHMED; SHAABAN; AHMED, 2011). Para o material genético estudado, a aplicação do produto à base de carbonato de cálcio beneficiou o crescimento das plantas que estavam sob alta demanda atmosférica, atenuando os efeitos estressantes do ambiente.

Nesse caso, o produto pode ser indicado para pulverização nas mudas transplantadas em locais com temperaturas elevadas (média de 31 °C), uma vez que o mesmo favoreceu, a produção de biomassa, bem como beneficiou a produção em área foliar e o crescimento em altura e diâmetro do coleto. Influência positiva, uma vez que as plantas com aplicação de fotoprotetor estão menos aquecidas, já que o produto tem a função de impedir que a radiação na fração do infravermelho atinja a superfície foliar e, portanto, menos susceptíveis a fotoinibição crônica.

Contudo, após um evento de estresse abiótico severo, a recuperação das plantas pode demandar vários dias, sendo que essa retomada irá depender da severidade e duração desse estresse e do potencial de recuperação da capacidade fotossintética de cada planta (MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013).

CONCLUSÕES

A alta demanda atmosférica atuou como um fator estressante para as mudas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em crescimento inicial.

A aplicação do fotoprotetor foliar à base de carbonato cálcio favoreceu o crescimento das plantas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob déficit hídrico em condições de alta demanda atmosférica.

A aplicação do fotoprotetor foliar não favoreceu o crescimento das plantas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em ambientes com baixa demanda atmosférica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Elsevier, 2005. 922 p.

AHMED, F.F.; SHAABAN, M.M.; ABD EL-AAL, A.M.K. Protecting Crimson Seedless Grapevines Growing in Hot Climates from Sunburn. **Research Journal of Agriculture**

and Biological Sciences, v. 7, n.1, p. 135-141, 2011.

ARMOND, P. A.; SCHREIBER, U.; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic acclimation to temperature in the desert Shrub *Larrea divaricate* II. Light – harvesting efficiency and electron transport. **Plant Physiology**, v. 61, n.3, p. 411-415, 1978.

CANDAN, N.; TARHAN, L. The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in Ca²⁺, Mg²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ and Mn²⁺ stress conditions. **Plant Science**. v. 163, n.4, p. 769-779, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FURTADO, F. D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**, v. 205, n. 1-3, p. 127–138, 2005.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p.145-161, 2000.

GUCCI, R.; MASSAI, R.; XILOVANNIS, C.; FLORE, J. A. The effect of drought and vapour pressure deficit on gas exchange of young kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*) vines. **Annals of Botany**, v. 77, n.6, p. 605-613, 1996.

IBÁ – Indústria brasileira de árvores. **Anuário Estatístico do IBÁ 2015** – Ano base 2014. Brasília, DF, 80 p. 2015.

- KARABAL, E.; YUCEL, M.; OKTEM, H.A. Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. **Plant Science**, v. 164, n. 6, p. 925–933, 2003.
- KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. p. 65-79. In: **Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress**. INTSORMIL, Nebraska. 1993.
- LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**, Springer-Verlag. 1998. 540p.
- LI, C. Some aspects of leaf water relations in four provenances of *Eucalyptus microtheca* seedlings. **Forest Ecology and Management**, v. 111, n. 2-3, p. 303-308, 1998.
- LI, C.; BERNINGER, F.; KOSKELA, J.; SONNINEN, E. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 3, p. 231-238, 2000.
- LUDLOW, M. M.; BJORKMAN, O. Paraheliotropic leaf movement in Siratro as a protective mechanism against drought-induced damage to primary photosynthetic reactions. Damage by excess light and heat. **Planta**, v. 161, n.6, p. 505-518, 1984.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, Editora UFV, 2007. 469 p.
- NAUTIYAL, S.; BADOLA, H. K.; PAL, M.; NEGI, D.S. Plant responses to water stress: changes in growth dry matter production, stomatal frequency and leaf anatomy. **Biologia Plantarum**, v. 36, n. 1, p. 91-97. 1994.
- NGUGI, M. R.; DOLEY, D.; HUNT, M. A.; DART, P.; RYAN, P. Leaf water relations of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* in response to water deficit. **Tree Physiology**, v. 23, p. 335-343, 2003.
- O'GRADY, A. P.; WORLEDGEB, D.; BATTAGLIAB, M. Constraints on transpiration of *Eucalyptus globulus* in southern Tasmania, Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.148, n.3, p. 453-465, 2008.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guarãba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.
- QUILES, M.J.; LÓPEZ, N.I. Photoinhibition of photosystems I and II induced by exposure to high light intensity during oat plant growth: effects on the chloroplast NADH dehydrogenase complex. **Plant Science**, v.166, p.815-823, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013.
- TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, v. 13, n.2, p. 149-159, 2007.
- TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Floresta**, v. 38, n.2, p.387-400, 2008.
- THOMAS, D. S.; EAMUS, D.; SHANAHAN, S. Influence of season, drought and xylem ABA on stomatal responses to leaf-to-air vapour pressure difference of trees of the Australian wet-dry tropics. **Australian Journal of Botany**, v. 48, n.2, p. 143-151. 2000.
- TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas

da mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, v.17, n. 1, p. 85-101, 2012.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F. de.; ALVES, P. L. da C. A.; PAVANI, L. C.;

BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. de. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.651-663, 2008.