

CRESCIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES DEMANDAS ATMOSFÉRICAS E INTERVALOS DE REPOSIÇÃO DE ÁGUA

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER¹; JOSÉ EDUARDO MACEDO PEZZOPANE²; RICARDO MIGUEL PENCHEL³ E JOSÉ RICARDO MACEDO⁴ PEZZOPANE

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro – ES, 29075-910, Brasil, talitamtx@yahoo.com.br

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro – ES, 29075-910, Brasil, pezzopane2007@yahoo.com.br

³ Fibria Celulose S.A, Centro de Tecnologia e Inovação, Rodovia General Euryale Jesus Zerbini, km 84 - São Silvestre, Jacareí, SP, 12340-010, Brasil, rp@fibria.com.br

⁴ Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234 s/nº, Fazenda Canchim, 13560-970 - São Carlos - SP, Brasil. ricardo.pezzopane@gmail.com

1 RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de quatro clones comerciais do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob deficiência hídrica moderado em casas de vegetação com alta e baixa demanda atmosférica. Foi realizada a reposição da água evapotranspirada em intervalos de tempo de 2, 4 e 6 dias e avaliadas a área foliar e massa seca das plantas ao final da experimentação. O delineamento foi inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4x2x3 sendo quatro clones, dois ambientes e três intervalos de reposição de água. Conclui-se que, o estresse hídrico afetou o crescimento das plantas sendo que os clones avaliados apresentaram diferentes padrões de crescimento. Na fase inicial, o clone 75 foi o material genético que apresentou menor crescimento. O clone 84 mostrou-se altamente produtivo em condição de alta demanda atmosférica, no entanto, apresentou redução significativa no crescimento quando houve associação com deficiência hídrica. E o clone 66 foi o material genético mais produtivo em condição de baixa demanda atmosférica com umidade do substrato próxima à capacidade de campo. Sendo assim os resultados demonstram a possibilidade de uso desta estratégia de estudo para caracterização dos clones tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, microclima, estresse hídrico, alocação de biomassa.

XAVIER, T. M. T.; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; PEZZOPANE, J. E. M.
INITIAL GROWTH OF EUCALYPTUS UNDER DIFFERENT ATMOSPHERIC
DEMANDS AND WATER REPLACEMENT INTERVALS

2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth of four commercial clones of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* hybrid under moderate water deficit in greenhouses with high and low

atmospheric demand. Evapotranspiration water replacement was made in timeslots of 2, 4 and 6 days and leaf area and dry weight of plants were assessed at the end of the experiment. The design was completely randomized, in factorial scheme 4x2x3 with four clones, two environments and three water replenishment intervals. It was concluded that water stress affected the plants' growth and the selected clones showed different growth patterns. In the initial phase, clone 75 was the genetic material that showed slower growth. Clone 84 was highly productive under high atmospheric demand condition, however, showed significant reduction in growth when associated with water deficiency. Clone 66 was the most productive genetic material under low atmospheric demand condition with substrate moisture at field capacity. Thus the results demonstrate the possibility of using this study strategy to characterize clones tolerant and susceptible to water stress.

Keywords: Eucalyptus, microclimate, water stress, biomass allocation.

3 INTRODUÇÃO

Compreender os mecanismos de adaptação das plantas frente aos riscos ambientais é um dos grandes desafios da ciência moderna (MERCHANT et al., 2007). As plantas enfrentam demandas competitivas para absorver CO₂ da atmosfera, enquanto limitam a perda de água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Esse controle, por sua vez, é realizado pelos estômatos e, portanto, todo fator ambiental que governe a condutância estomática tem importância inquestionável na fisiologia vegetal.

Dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2014) relatam que a área plantada com eucalipto no País apresentou um aumento de 3,2% frente ao indicador de 2012. Segundo Hasse (2006), os plantios de eucalipto ocupam área de floresta plantada maior do que qualquer outra árvore nativa ou exótica no Brasil. Sendo que, a maior parte da área preservada pelo setor de árvores plantadas concentra-se nas regiões sudeste e sul do país, como Estado do Espírito Santo responsável por 221.559 hectares.

Por se tratar de um gênero com cerca de 700 espécies, o *Eucalyptus spp.* é cultivado sob diferentes condições ambientais. No entanto, esse gênero apresenta variações morfológicas

consideráveis, bem como uma complexidade de respostas ecofisiológicas (BELL; WILLIAMS, 1997; RYAN et al., 2011).

As interações complexas entre o solo, a vegetação e o clima devem ser analisadas de maneira a serem considerados os fatores limitantes para o crescimento da vegetação (MARENGO, 2006). Sendo a demanda atmosférica um dos fatores que governa as trocas gasosas e, conseqüentemente, o crescimento das plantas, bem como a disponibilidade hídrica, que, em conjunto, são fatores altamente determinantes para o crescimento, merecendo ser estudados com o intuito de entender os mecanismos de atuação.

De acordo com Gimenez, Gallardo e Thompson, (2005), quando a absorção de água pelas raízes não atende a demanda atmosférica, uma deficiência hídrica se desenvolve. Segundo os autores, existe a deficiência hídrica referente a reduzida disponibilidade de água no solo e aquela causada pela demanda atmosférica alta, uma vez que a demanda por evaporação aumenta a taxa de transpiração excedendo a taxa de absorção das raízes. Caso ambos os fatores estejam atuando sob as plantas, o dano pode ser acentuado.

No entanto, os padrões de tolerância e susceptibilidade são distintos em cada

material genético, sendo de extrema importância, para o sucesso de povoamentos comerciais, a realização de estudos que visem à seleção de materiais genéticos tolerantes às condições adversas de clima como temperatura, disponibilidade hídrica e déficit de pressão de vapor do ar.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de quatro clones comerciais do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em ambientes com demandas atmosféricas diferentes, associadas a deficiência hídrica, com o intuito de verificar a diferença nas respostas de crescimento dos materiais genéticos, bem como a tolerância ou suscetibilidade aos fatores hídricos e térmicos analisados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características do local de estudo, material vegetal e substrato

O estudo foi realizado em casas de vegetação climatizadas do Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal 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). O período experimental foi de 21 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013, totalizando 45 dias de experimentação, a contar após o período de 15 dias de aclimação das mudas.

Foram avaliadas mudas na fase de expedição, com 80 dias de idade, de quatro genótipos comerciais (Clone 61, Clone 75, Clone 84 e Clone 66) do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. As mudas foram transplantadas em vasos plásticos de 12 litros contendo substrato composto por 68% de solo Latossolo vermelho-amarelo, 16% de esterco bovino curtido e 16% de palha de café. O mesmo foi submetido à análise química para certificar-se de que os

teores nutricionais estavam dentro dos padrões recomendados para a espécie.

O monitoramento das condições microclimáticas foi realizado utilizando-se estações meteorológicas automáticas com sensores de temperatura e umidade relativa do ar (modelo cs500 da Vaisala). Os dados eram coletados e armazenados em registradores de dados (modelo CR-10X da *Campbell Scientific*), com leituras a cada 10 segundos. O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado de acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas, (2002).

O crescimento das plantas em cultivo intensivo e protegido em casas de vegetação climatizadas e automatizadas possibilitou a definição de dois microclimas contrastantes. O primeiro ambiente caracterizou-se como alta demanda atmosférica uma vez que apresentou valores elevados de temperatura do ar e déficit de pressão de vapor, enquanto no ambiente de baixa demanda atmosféricas foram encontrados menores valores de temperatura do ar e DPV definindo um ambiente com menor poder evaporante do ar (Figura 1).

A temperatura média durante o período experimental foi 5°C mais alta no ambiente de alta demanda atmosférica, enquanto o DPV foi 0,92 kPa acima do encontrado no ambiente de baixa demanda atmosférica. As diferenças microclimáticas entre os ambientes de estudo foram ainda mais evidentes e consistentes ao longo do período diurno.

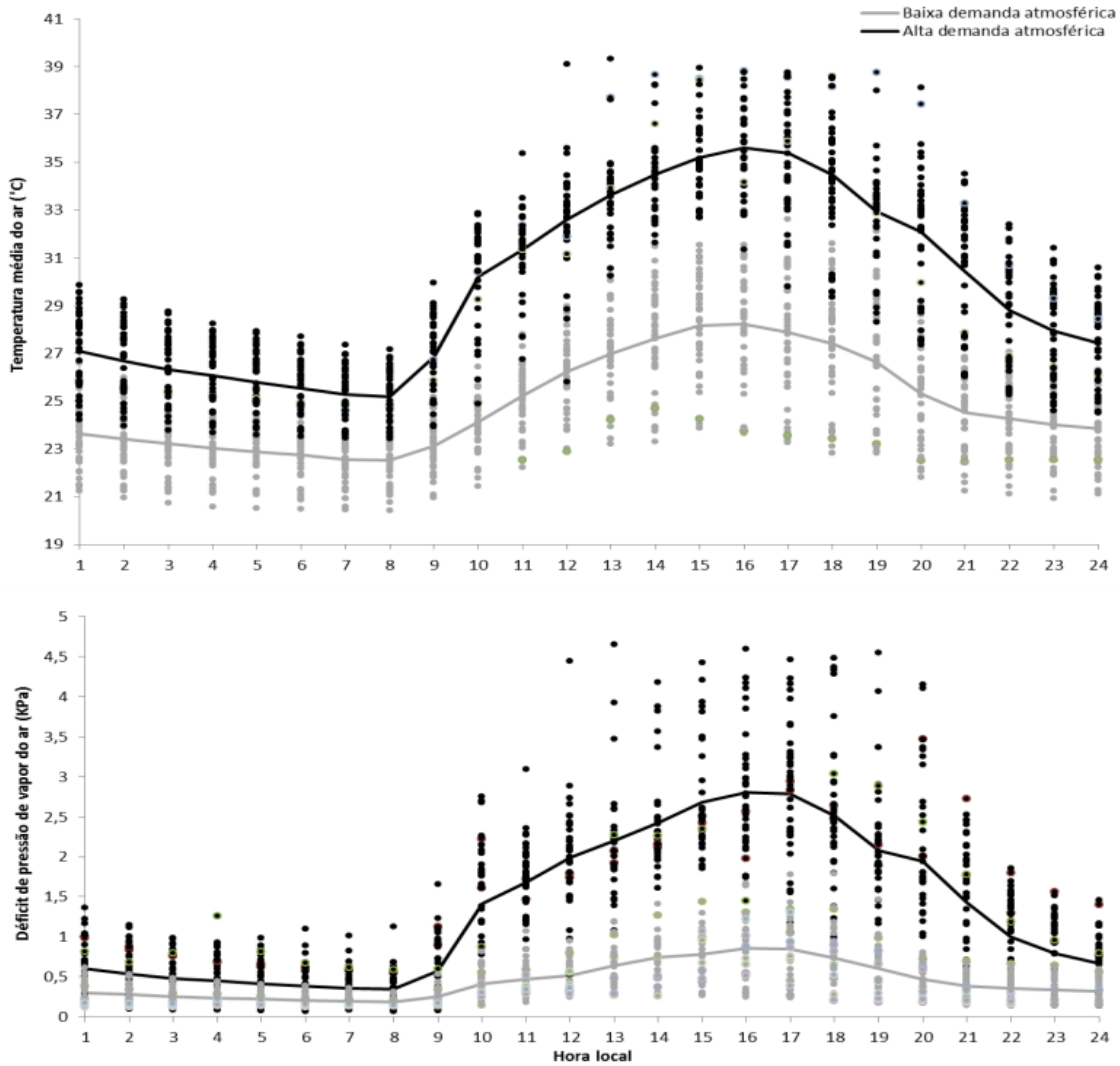
4.2 Disponibilidade hídrica e reposição de água ao substrato

Os tratamentos de reposição de água consistiam em intervalos de tempo (2, 4 e 6 dias). Nos dias dos respectivos tratamentos, realizava-se a reposição do total da água perdida por evapotranspiração no período. Nesse caso, adicionava-se água ao substrato para que este retornasse à umidade na capacidade de campo.

O acompanhamento da água disponível no substrato foi realizado por meio do balanço hídrico climatológico (BHC) sequencial diário, seguindo a metodologia proposta por Pereira, Angelocci e Sentelhas, (2002). Para o cálculo do balanço hídrico, foram

utilizados dados de reposição de água, levando em consideração os intervalos de reposição de água em cada tratamento, a evapotranspiração potencial (ETP) e a capacidade de água disponível (CAD) do substrato.

Figura 1. Flutuação diária da temperatura média do ar e do déficit de pressão de vapor médio do ar, em casa de vegetação climatizada no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.



A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Camargo (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), permitindo o acompanhamento e detalhamento do total de água disponível no substrato. A lâmina de armazenamento máximo de água no solo, ou seja, a capacidade de água disponível (CAD) foi

calculada pela equação proposta por Pereira, Angelocci e Sentelhas, (2002). Com base no cálculo, adotou-se o valor da CAD de 24 mm para todos os tratamentos.

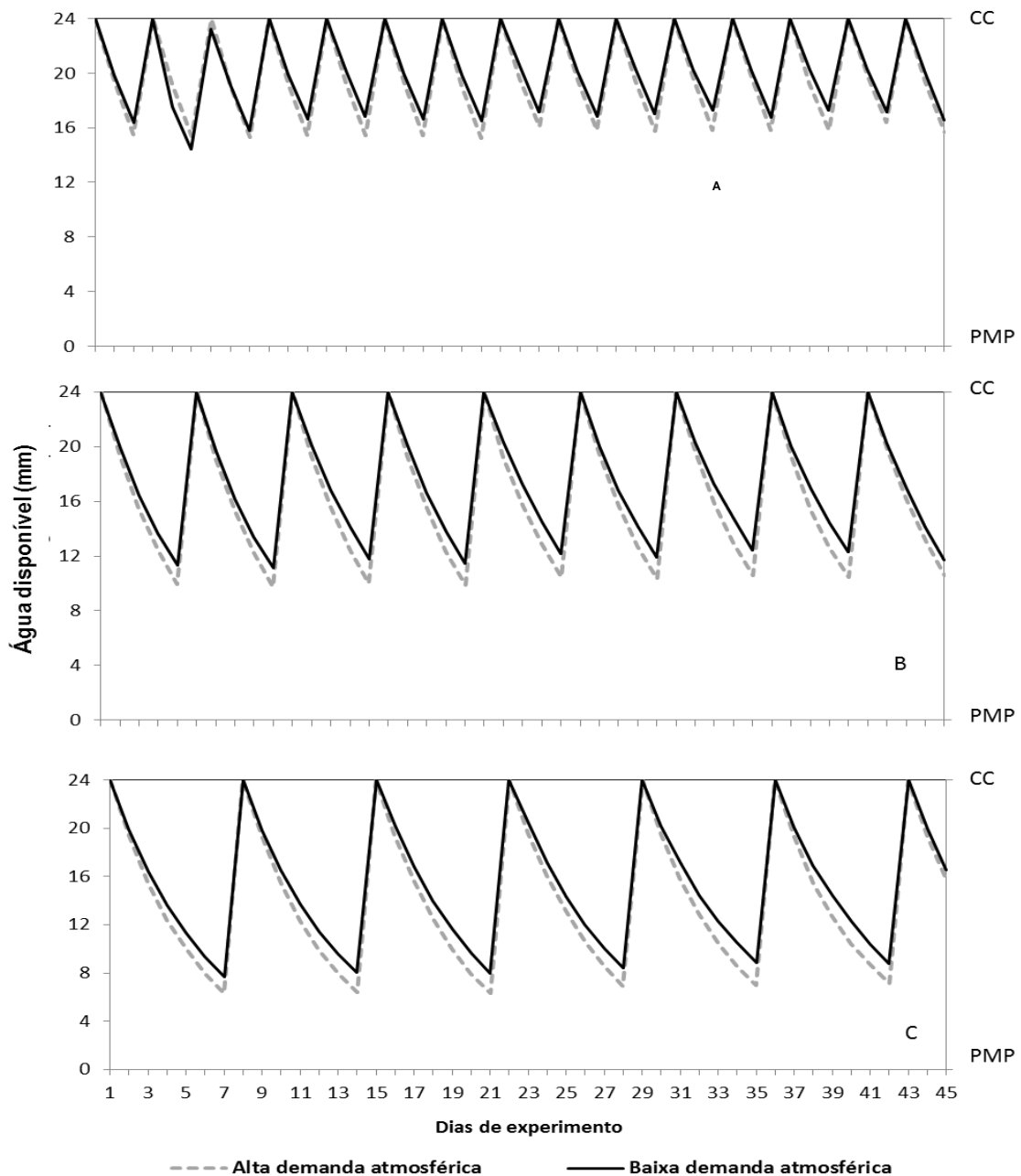
Para determinação da lâmina de água, foram utilizados pontos da curva de retenção de água no solo, de acordo com Embrapa (1997), nas tensões de 0,01 MPa

para a capacidade de campo e 1,50 MPa para o ponto de murcha permanente, com três repetições.

A Figura 2 retrata a água disponível no solo em cada um dos tratamentos de

reposição hídrica. No momento da reposição de água, a umidade do substrato era em média de 16 mm, 12 mm e 8 mm para os tratamentos com reposição hídrica a cada 2, 4 e 6 dias, respectivamente.

Figura 2. Água disponível no substrato, de acordo com o balanço hídrico climatológico, nos tratamentos com reposição de água perdida por evapotranspiração a cada 2 dias (A), 4 dias (B) e 6 dias (C), no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013, em casa de vegetação climatizada com diferentes demandas atmosféricas, no município de Jerônimo Monteiro, ES.



4.3 Características de crescimento

No final do experimento, foram avaliadas a área foliar, determinada com aparelho de bancada, que permite a integração da área foliar total da planta (modelo LI-3100 da LI-COR), e a massa seca total das plantas e de suas partições. Para tal a planta foi separada em parte aérea e raízes, o material foi acondicionado em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70 °C, por no mínimo 72 horas. Após a estabilidade do peso foi realizada pesagem do material em balança de precisão. A massa seca total foi resultado da soma dos valores da massa seca da parte aérea e da massa seca da raiz.

4.4 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi montado no esquema fatorial 4x2x3 em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram da interação de quatro clones, duas condições microclimáticas e três intervalos de reposição de água, com dez 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da demanda atmosférica, em função do aumento da temperatura e do DPV, associado a diferentes intervalos de reposição hídrica, possibilitou diferenciar

os clones estudados indicando que os materiais genéticos têm sensibilidades diferentes, sendo possível inferir sobre um padrão de tolerância e suscetibilidade dos materiais genéticos avaliados.

5.1 Massa seca total

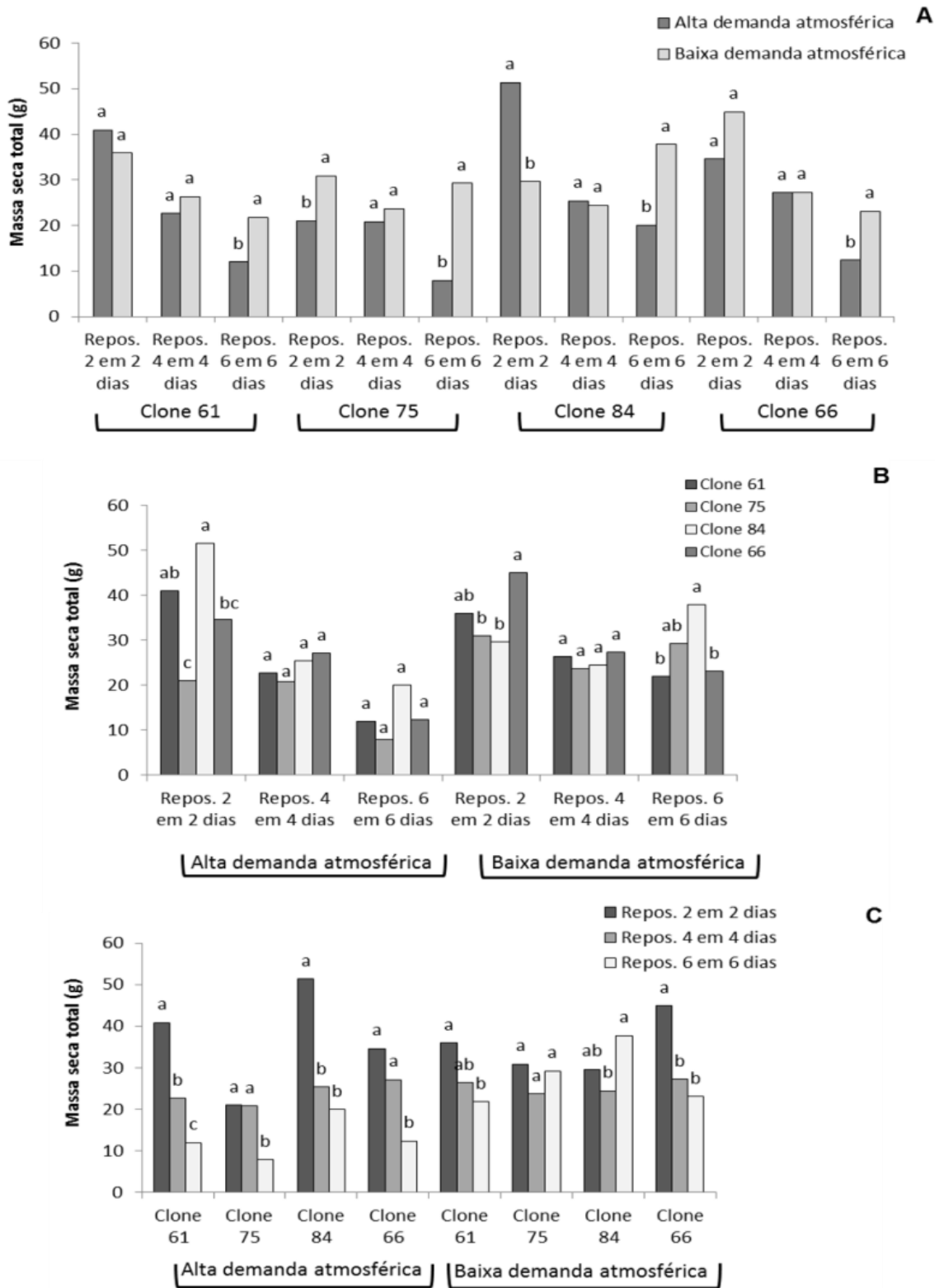
A variável massa seca total apresentou interação significativa entre os fatores ambiente, clone e intervalo de reposição de água. A Figura 3A retrata o desdobramento do fator ambiente.

Nessa análise, os clones 61 e 66 apresentaram redução da massa seca total, influenciada pela alta demanda atmosférica, apenas quando o intervalo de reposição da disponibilidade hídrica foi de 6 dias. Para esses dois clones, a alta demanda atmosférica não influenciou significativamente quando a reposição de água foi igual ou inferior a 4 dias.

Para o clone 75, a alta demanda atmosférica afetou significativamente a massa seca total nos tratamentos com reposição de água de 2 em 2 dias e de 6 em 6 dias. Esse fato demonstra a suscetibilidade desse clone à temperatura alta, mesmo com disponibilidade hídrica próxima à capacidade de campo, indicando uma menor eficiência na tolerância a condições de alta demanda atmosférica.

Já o clone 84, quando se encontrava com disponibilidade hídrica no substrato próxima à capacidade de campo, apresentou crescimento superior no ambiente de alta demanda atmosférica, no entanto, quando o intervalo de reposição de água foi maior, indicando uma redução na disponibilidade hídrica do substrato, esse clone não tolerou temperatura alta.

Figura 3. Massa seca total de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casas de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30°C; DPV 1,36kPa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44kPa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES.



Nesse sentido, McDowell, (2011) apontam uma hipótese de falha hidráulica, evidenciando que, quando o abastecimento de água do solo é reduzido, associado com alta demanda evaporativa do ar, ocorre a cavitação de vasos do xilema, interrompendo o fluxo de água pelos tecidos, sendo que a dessecação completa leva a morte celular.

Diante disso, pode-se inferir que a associação das condições estressantes, impostas pela demanda atmosférica alta e baixa disponibilidade hídrica no substrato, possivelmente, reduziu o fluxo de seiva bruta no xilema. Isto ocorreu devido a taxa de absorção de água pelas raízes não ser suficiente para suprir a demanda evapotranspiratória das plantas.

A análise do desdobramento do fator clone (Figura 3B) retrata que para o ambiente de alta demanda atmosférica, no tratamento com reposição de água a cada 2 dias, o clone 84 apresentou superioridade na produção de massa seca em relação aos demais. Porém, para esse mesmo ambiente, nos tratamentos com maiores intervalos de reposição de água (4 e 6 dias) todos os clones foram penalizados. No ambiente de baixa demanda atmosférica, com menor intervalo de reposição de água (2 dias), o clone superior foi o 66, não diferindo do clone 61. Sob condições de menor disponibilidade hídrica no solo, nesse ambiente de menor demanda atmosférica, o clone que apresentou superioridade foi o clone 84, não diferindo do clone 75.

Na avaliação da influência do fator intervalo de reposição de água (Figura 3C) no ambiente de alta demanda atmosférica, o clone 61 apresentou redução gradativa da massa seca total conforme o intervalo de reposição de água era maior.

O clone 75 e o clone 66 apresentaram redução da biomassa apenas quando a reposição de água acontecia de 6 em 6 dias. O clone 84, no ambiente de alta demanda atmosférica, foi o material

genético que apresentou maior produção de massa seca total, quando o intervalo de reposição de água foi a cada 2 dias.

No ambiente de baixa demanda atmosférica, para o clone 61, o maior intervalo para reposição hídrica, reduziu significativamente a massa seca. Ou seja, mesmo no ambiente de menor demanda atmosférica, este clone requer maior disponibilidade hídrica para o incremento em biomassa. O clone 75, sob baixa demanda atmosférica, não apresentou diferença estatística significativa entre os intervalos de reposição de água. Nesse caso, um intervalo entre as irrigações de no máximo 6 dias, sob condições semelhantes a do estudo, são suficientes para o crescimento potencial deste clone, na fase de incremento inicial. O clone 84 apresentou crescimento favorecido no tratamento de maior intervalo de reposição de água (6 dias). Sobre este clone, infere-se que o mesmo não é beneficiado por maiores teores de água no substrato, quando em condições de temperatura em torno de 25°C. Por outro lado, o clone 66 apresentou significativa redução da massa seca total, quando o intervalo de reposição hídrica foi superior a 2 dias, indicando uma suscetibilidade desse clone a deficiência hídrica, mesmo sob baixa demanda atmosférica, podendo ser considerado um clone com alta demanda por irrigação.

Nesse contexto, para que a alta demanda atmosférica não se torne um fator altamente estressante para as plantas, é necessário que haja disponibilidade hídrica para atender a translocação de água do solo para a planta, e posteriormente, para a atmosfera. E no presente estudo foi possível observar que a associação desses dois fatores mudaram os padrões de preferência e tolerância dos materiais genéticos estudados.

Sendo assim, dentre os clones estudados, o clone 84 é o que apresenta crescimento elevado sob condições de alta

demanda atmosférica, quando há disponibilidade hídrica satisfatória no substrato. No entanto, sob as mesmas condições microclimáticas, este clone é significativamente afetado pela deficiência hídrica. O clone 66, por sua vez é um material genético que apresenta crescimento favorecido em ambiente de baixa demanda atmosférica, sendo nessas condições microclimáticas, o clone mais produtivo quando há alta disponibilidade hídrica.

Com base nesses dados é provável que, trata-se de uma estratégia de tolerância a dessecação, onde as plantas tendem a fechar os estômatos, reduzindo a perda de água em condições de baixa disponibilidade hídrica, assim como retratado por Gindaba, Rozanov e Negash, (2004) e Rad et al. (2011), em estudo com eucalipto dentro de casa de vegetação, que detectaram uma redução da eficiência do uso da água em plantas com deficiência hídrica. Esse processo, no entanto, pode causar maiores danos, quando a condição estressante se prolonga, causando uma série de alterações fisiológicas impulsionadas pela fotoinibição (TAIZ; ZEIGER, 2013).

5.2 Massa seca da parte aérea

A análise da massa seca da parte aérea apresentou interação significativa entre os fatores ambiente x clone e ambiente x intervalo de reposição de água.

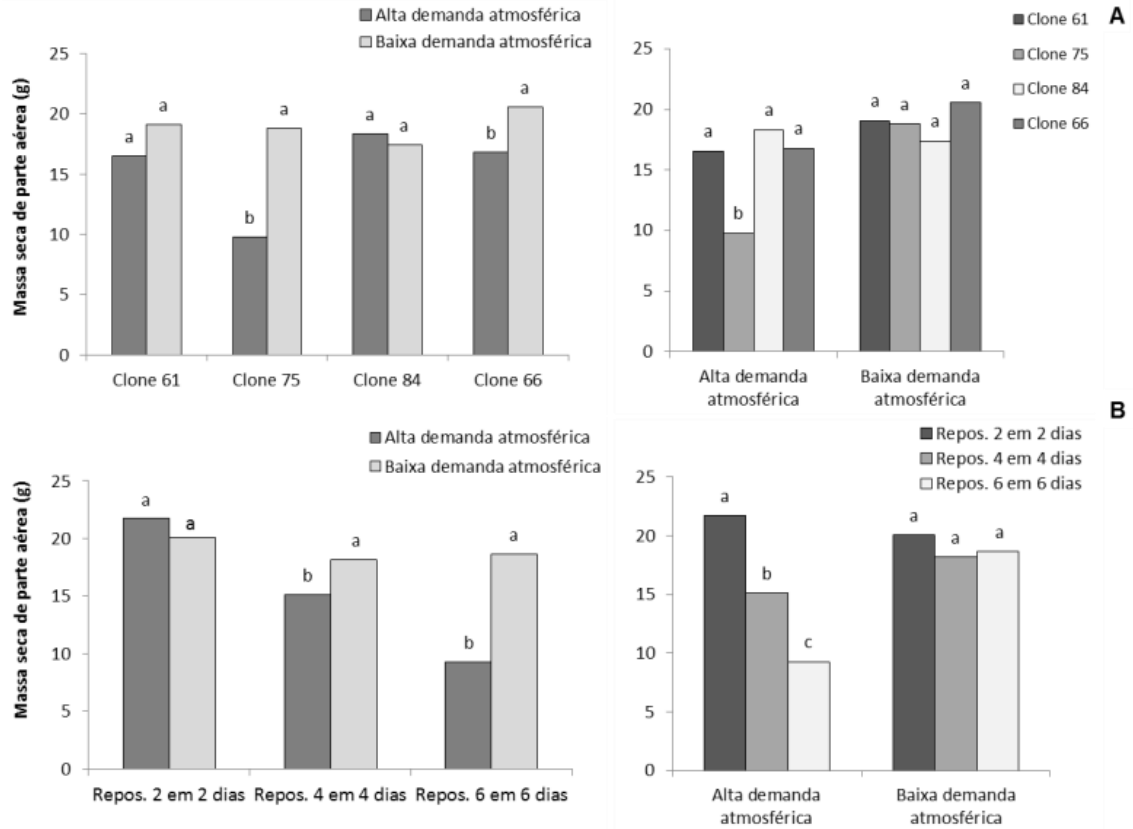
Com base na análise do desdobramento do fator ambiente dentro do

fator clone (Figura 4A), pode-se inferir que o clone 75 apresentou menor massa seca da parte aérea em condições de alta demanda atmosférica. E no desdobramento do fator clone dentro dos ambientes (Figura 4A), dos quatro materiais genéticos avaliados o que apresentou significativa redução da massa seca da parte aérea foi clone 75, no ambiente de alta demanda atmosférica.

A análise do desdobramento do fator ambiente dentro do fator intervalo de reposição de água (Figura 4B) retrata que, nos intervalos de quatro e seis dias de reposição hídrica inicia-se a interferência significativa da demanda atmosférica. As plantas que cresceram em ambiente de baixa demanda atmosférica apresentaram melhores resultados, sendo estes amplificados, quanto maior o intervalo para reposição de água ao substrato. Nesse contexto, pode-se destacar que no ambiente de alta demanda atmosférica o intervalo de reposição a cada 2 dias proporcionou resultados estatisticamente superiores aos demais intervalos de reposição hídrica. Por outro lado, no ambiente de baixa demanda atmosférica, não houve significativa influência do intervalo de reposição de água para a massa seca da parte aérea dos materiais genéticos estudados.

Pode-se, então, inferir que todos os materiais genéticos estudados, havendo redução da disponibilidade hídrica, não conseguem atender a alta demanda atmosférica de ambientes com temperatura alta e umidade relativa baixa, afetando a produção de biomassa aérea.

Figura 4. Massa seca da parte aérea de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (A) aos 45 dias de experimentação em casas de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30°C; DPV 1,36kPa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44kPa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias) (B), em Jerônimo Monteiro- ES.



Resultados semelhantes foram reportados por Tatagiba et al. (2009) e Xavier et al. (2013), estudando a produção de biomassa de clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, aos 250 dias e 120 dias, respectivamente, relatando um incremento em biomassa diferente entre os clones, de acordo com as condições climáticas e sua interação com a disponibilidade hídrica. Esses resultados enfatizam a relevância de estudos sobre a interação de fatores climáticos com disponibilidade hídrica, principalmente, no que se refere a identificação de clones mais indicados para cada localidade, na tentativa de reduzir as perdas em campo (MCDOWELL et al., 2008).

5.3 Massa seca radicular

A massa seca de raiz apresentou interação tripla significativa, sendo avaliado o desdobramento do fator ambiente na Figura 5A. Nessa análise, os clones 61, 75 e 66, no intervalo de reposição de água a cada 2 dias, apresentaram menor massa de raiz no ambiente de alta demanda atmosférica. No entanto, sob alta demanda atmosférica o clone 84 apresentou biomassa radicular superior, no tratamento com reposição de água a cada 2 dias.

Na análise do desdobramento do fator clone, no ambiente de alta demanda atmosférica (Figura 5B) com menor intervalo de reposição de água (2 dias), o clone 84 apresentou superioridade em biomassa radicular, e em condição de menor disponibilidade hídrica no substrato,

com intervalo de 6 dias para reposição de água, o clone 66 foi superior aos demais. No entanto, no ambiente de baixa demanda atmosférica, o clone 66 foi superior aos demais em condições de maior disponibilidade hídrica no solo (reposição de água a cada 2 dias). Para o intervalo de irrigação de 6 dias, o clone 84 foi superior aos demais no incremento dessa variável.

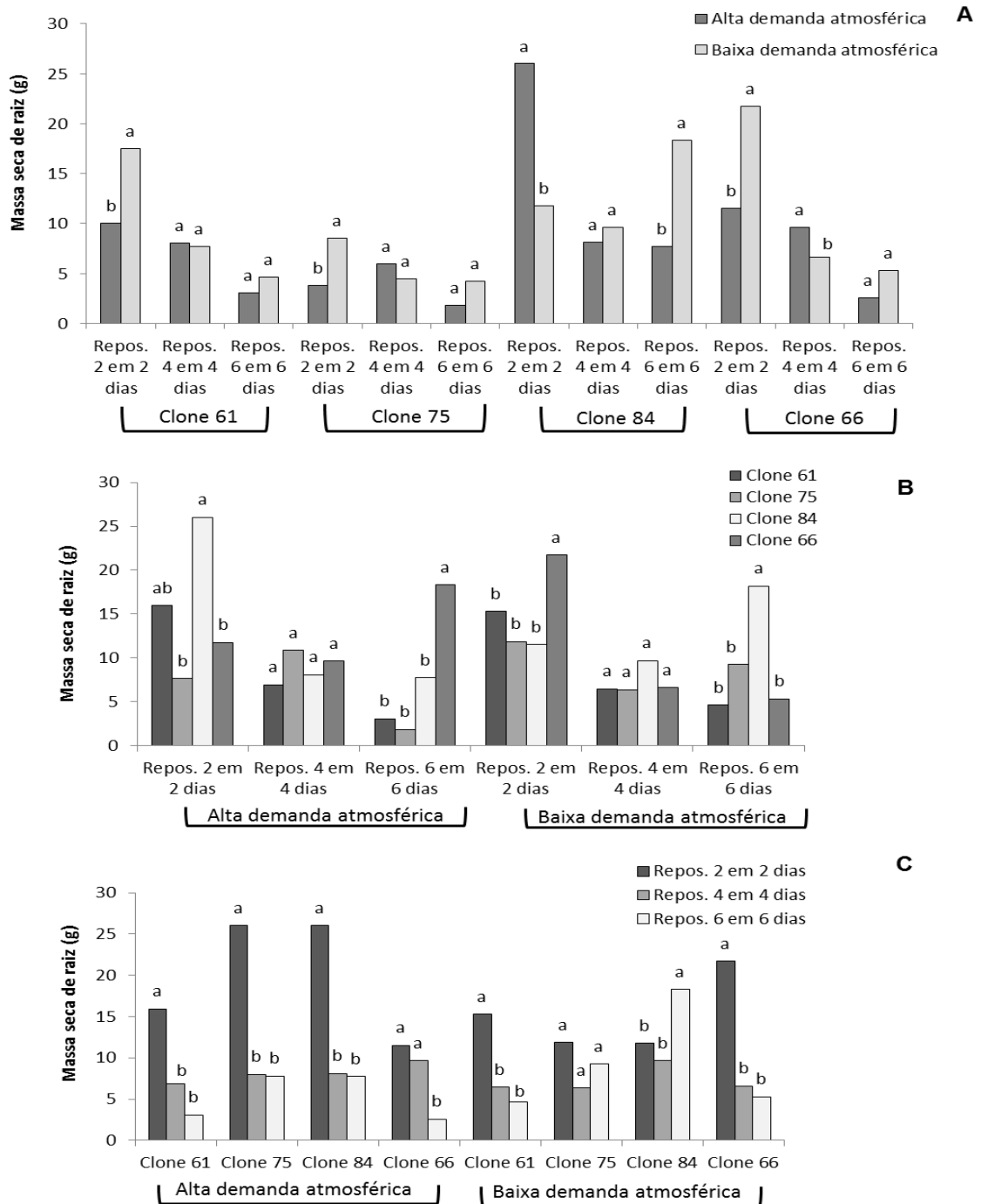
Larcher (2006) afirma que o incremento da massa seca da planta acontece, quando o carbono que não é consumido pela respiração é utilizado para o crescimento. Essa diferença do crescimento das plantas entre os intervalos de reposição de água pode ser atribuída ao fato do crescimento das plantas serem dependentes dos carboidratos produzidos na fotossíntese e, se esse processo é interrompido pelo fechamento estomático proveniente da desidratação, as plantas podem ter seu desenvolvimento paralisado (KOZLOWSKI et al., 1990). Essa linha de pesquisa é aprimorada na hipótese defendida por McDowell, (2011), que retrata a incapacidade de manutenção do metabolismo, devido ao equilíbrio de carboidratos. Os autores explicam que isso acontece quando a quantidade de carbono disponibilizado pelo processo fotossintético é menor do que o requerido pela respiração, tornando-se uma ameaça à sobrevivência durante a seca.

Essa redução no crescimento e na produção de biomassa em mudas de eucalipto influenciada pelo estresse hídrico foi verificada em vários estudos, como Kameli e Lösel (1996), Costa e Silva et al. (2004), Susiluoto e Berninger (2007) e Rad et al. (2011).

Lopes, Guerrini e Saad, (2007) verificaram aumento da massa seca da parte aérea e da raiz de plantas de *Eucalyptus grandis* aos 108 dias, quanto maior foi a lâmina de irrigação aplicada. Resultados semelhantes foram observados por Pereira et al. (2006), trabalhando com dois clones do híbrido *E. grandis x E. urophylla* e por Vellini et al. (2008) onde todas as espécies de eucalipto avaliadas apresentaram melhor desenvolvimento das mudas quando submetidas à irrigação diariamente. E Gindaba, Rozanov e Negash, (2005), estudando além de outras plantas, duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus globulus*), também, observaram que as plantas constantemente irrigadas produziram cerca de 4-6 vezes mais biomassa em comparação com as plantas sob deficiência hídrica.

Esses relatos dos efeitos da restrição hídrica na produção de biomassa das plantas são comuns na literatura, porém Ryan (2011) enfatiza que as respostas das plantas às condições de deficiência hídrica tendem a ser complexas e variadas. No entanto, esse efeito pode ser atenuado ou amplificado de acordo com as condições microclimáticas locais, uma vez que uma maior demanda atmosférica condiciona a uma excessiva transpiração e, portanto, quanto maior a demanda, maior a exigência hídrica da planta (PEREIRA; ANGELOCCI; SNETELHAS, 2002). Sendo assim, materiais genéticos que possuem uma maior eficiência no uso da água são mais indicados para locais com temperaturas mais elevadas.

Figura 5. Massa seca radicular de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casas de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30°C; DPV 1,36 kPa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44kPa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES.



5.4 Área foliar

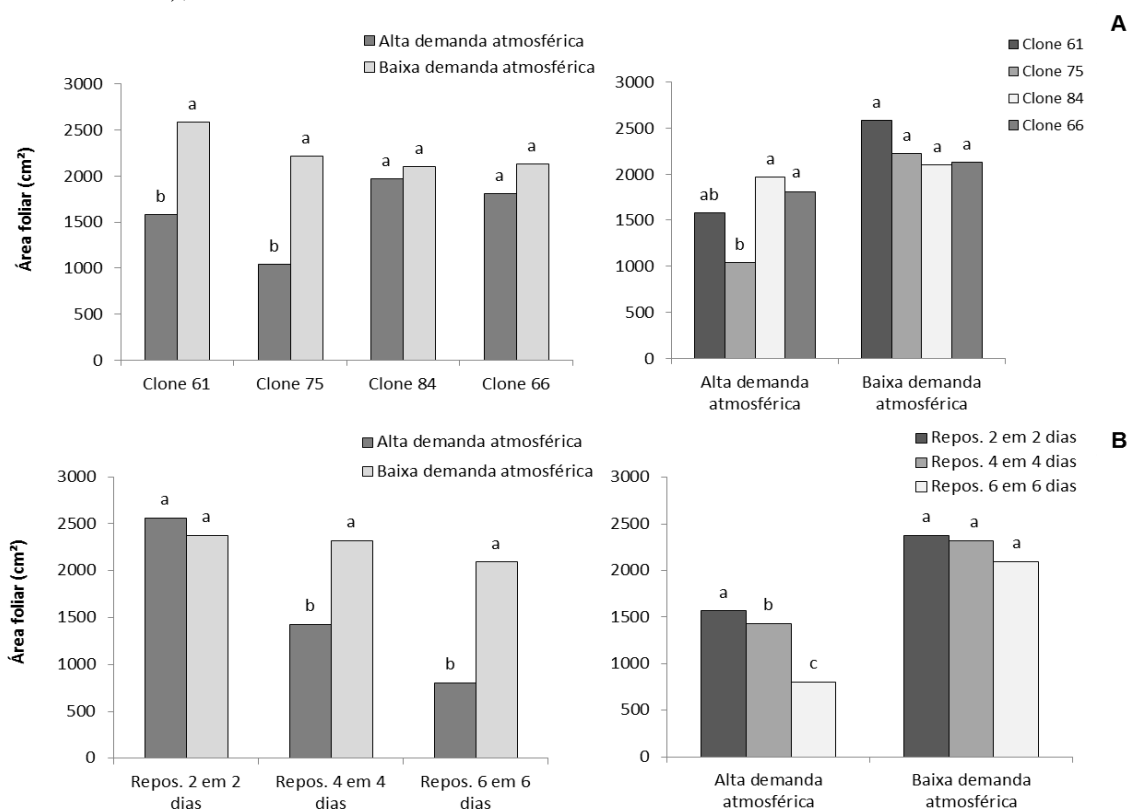
Para a variável área foliar, houve interação entre os fatores ambiente x clone

e ambiente x intervalo de reposição de água. O desdobramento do fator ambiente dentro do fator clone (Figura 6A) retrata a suscetibilidade dos clones 61 e 75 no

ambiente de alta demanda atmosférica, sendo que os clones 84 e 66 não foram

afetados pela alta demanda atmosférica desse ambiente.

Figura 6. Área foliar de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casas de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30°C; DPV 1,36 kPa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 kPa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES.



Com base na análise do desdobramento do fator ambiente dentro dos níveis de água disponível (Figura 6B), verifica-se que não houve influência do ambiente no incremento em área foliar, quando o intervalo de reposição foi de 2 dias. Todavia, a alta demanda atmosférica reduziu a expansão das folhas a partir do intervalo de 4 dias para reposição de água. Sendo possível verificar, na análise da área foliar dentro do ambiente de alta demanda atmosférica, que houve uma gradual redução dessa variável influenciada pelo intervalo de reposição hídrica.

Os clones 61 e 75 apresentaram suscetibilidade à alta demanda atmosférica, com a área foliar reduzida em 39% e 53%,

respectivamente, no ambiente de alta demanda atmosférica. E, quando avaliados o efeito dos intervalos de reposição de água, verifica-se influência da redução da disponibilidade hídrica apenas no ambiente de alta demanda atmosférica. A reposição de água a cada 4 e 6 dias prejudicou o incremento em área foliar dos materiais genéticos avaliados, ocasionando uma redução de 44% e 69%, respectivamente, quando comparadas ao tratamento de reposição de água a cada dois dias.

Nesse caso, o rápido aumento da superfície foliar aumenta a eficiência na utilização da radiação incidente (KOZLOWSKI et al. 1990) e a abscisão foliar então pode ser considerada uma

estratégia de adaptação das plantas, possibilitando reduzir rapidamente a sua superfície transpiratória, evitando a perda excessiva de água (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013) em condição de reduzida disponibilidade hídrica.

Na mesma linha de pesquisa, pesquisadores verificaram que a área foliar de mudas de eucalipto produzidas sob manejos hídricos diferenciados apresentaram maiores médias nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica, como foi o caso de Costa e Silva et al. (2004), Pereira et al. (2006) e Xavier et al. (2013).

Por fim, pode-se inferir que o efeito da demanda atmosférica, bem como deficiência hídrica, depende do material genético e que, além disso, os danos são ampliados quando esses eventos atuam em conjunto.

6 CONCLUSÕES

As mudas dos materiais genéticos estudados apresentaram diferentes padrões de crescimento nas condições de diferentes

demandas atmosféricas, principalmente, quando estas condições estavam associadas à reduzida disponibilidade hídrica no substrato.

O crescimento inicial dos quatro clones de eucalipto foi modificado quando estavam sob reduzida disponibilidade hídrica, independente da demanda atmosférica.

Na fase inicial de desenvolvimento, o clone 84 é um material genético altamente produtivo em condições de alta demanda atmosférica, no entanto, é altamente penalizado em condições de deficiência hídrica associada com alta temperatura do ar. E o clone 66 é o material genético mais produtivo em condições de baixa demanda atmosférica.

7 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo à Talita Miranda Teixeira Xavier.

À FIBRIA pela doação das mudas para o estudo

8 REFERÊNCIAS

- BELL, D. T.; WILLIAMS, J. E. Eucalypt ecophysiology. In: WILLIAMS, J.; WOINARSKI, J. (Org.). **Eucalypt ecology: individuals to ecosystems**. Cambridge: University Press, 1997. p. 168-196.
- COSTA E SILVA, F.; SHVALEVA, A.; MAROCO, J. P.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. **Tree Physiology**, v. 24, p. 1165–1172, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- GIMENEZ, C.; GALLARDO, M.; THOMPSON, R. B. Plant-Water Relations. In: HILLEL, D. **Encyclopedia of Soils in the Environment**. Oxford: Elsevier, 2005. p. 231-238.
- 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, p. 127–138, 2005.

GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Response of seedlings of two *Eucalyptus* and three deciduous tree species from Ethiopia to severe water stress. **Forest Ecology and Management**, v. 201, p. 119–129, 2004.

HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal**. Porto Alegre: JÁ Editores, 2006. 127 p.

IBÁ. **Anuário Estatístico do IBÁ 2014** – Ano base 2013. Brasília, DF, 2014. 97 p.

KAMELI, A.; LÖSEL, D. M. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. **New Phytologist**, v. 132, p. 57-62, 1996.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1990. 657 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006. 550 p.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF; MMA, 2006. 212 p.

MCDOWELL, N.; POCKMAN, W. T.; ALLEN, C. D.; BRESHEARS, D. D.; COBB, N.; KOLB, T.; PLAUT, J.; SPERRY, J.; WEST, A.; WILLIAMS, D. G.; YEPEZ, E. A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? **New Phytologist**, v. 178, p. 719–739, 2008.

MCDOWELL, N. G. Mechanisms linking drought, hydraulics, Carbon metabolism, and vegetation mortality. **Plant Physiology**, v. 155, p. 1051–1059, 2011.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. **Annals of Botany**, v. 100, p. 1507–1515, 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. p. 247-267.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R.; ALBUQUERQUE, R. S.; FONSECA, N. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 518-531, out./dez. 2006.

RAD, M. H.; ASSARE, M. H.; BANAKAR, M. H.; SOLTANI, M. Effects of different soil moisture regimes on leaf area index, specific leaf area and water use efficiency in *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) under dry climatic conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 10, n. 5, p. 294-300, 2011.

RYAN, M. G. Tree responses to drought. **Tree Physiology**, v. 31, p. 237-239, 2011.

SUSILUOTO, S.; BERNINGER, F. Interactions between morphological and physiological drought responses in *Eucalyptus microtheca*. **Silva Fennica**, v. 41, n. 2, p. 221–233, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Piracicaba: Artmed, 2013.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 17, p. 179-189, 2009.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V. B.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

XAVIER, T. M. T.; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; CALDEIRA, M. V. W.; REIS, E. F. Influence of water deficit and season on biomass yield from clonal stands of *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 473-479, jul./set. 2013.