

## CRESCIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS E LÂMINAS DE ÁGUA NO SUBSTRATO

SANDRO DAN TATAGIBA<sup>1</sup>; JOSÉ EDUARDO MACEDO PEZZOPANE<sup>2</sup>;  
JONAS SOUZA VINCO<sup>3</sup> E ANDRÉ ALVES PINHEIRO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Pós-doutorando do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES, 29550-000, sandrodantatagiba@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES, 29550-000, pezzopane2007@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Florestal, Bolsista de Iniciação Científica do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES, 29550-000, jonasvinco@gmail.com

<sup>4</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma, Bolsista de Iniciação Científica do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES, 29550-000, aalvespinheiro7@gmail.com

### 1 RESUMO

A importância de se conhecer os efeitos dos fatores climáticos que afetam o estabelecimento de diferentes procedências de eucalipto e suas implicações está relacionada ao sucesso ou fracasso da produção florestal. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar o crescimento inicial de quatro clones comerciais do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidos a diferentes condições microclimáticas, impostas pela alteração na demanda evaporativa atmosférica em casas de vegetação climatizada, associada à disponibilidade hídrica no substrato, de modo a subsidiar a seleção precoce desses materiais genéticos para estabelecimento em áreas com diferentes condições ambientais. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x3x2, sendo o fator clone em quatro níveis (Clones 1, 2, 3, e 4), o fator microclima em três níveis (Microclima 1, 2 e 3) e o fator disponibilidade hídrica em dois níveis [50 e 100% de água disponível (AD) no substrato], num delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o clone 4, apresentou maior crescimento no microclima 1 (baixa demanda evaporativa atmosférica). No microclima 2, em condições de intermediária demanda evaporativa atmosférica, os clones 2 e 3 apresentaram maior crescimento. No microclima 3, a alta demanda evaporativa da atmosférica atuou como um fator estressante sob baixa disponibilidade hídrica no substrato, não permitindo diferenciar o clone com maior crescimento. O aumento da disponibilidade hídrica em condições de alta demanda evaporativa atmosférica, proporcionou maior crescimento ao clone 3.

**Palavras-chave:** clima, deficiência hídrica, *Eucalyptus*, produção florestal.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; VINCO, J. S.; PINHEIRO, A. A.  
INITIAL GROWTH OF EUCALYPTUS HYBRID CLONES SUBJECT TO  
DIFFERENT MICROCLIMATIC CONDITIONS AND WATER LEVELS IN SOIL

## 2 ABSTRACT

The importance of understanding the effects of climatic factors affecting the establishment of different provenances of *Eucalyptus* and its implications is related to the success or failure of forest production. Thus, we sought to investigate, in this work, the initial growth of four commercial hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* under different microclimatic conditions, imposed by changes in atmospheric evaporative demand in air-conditioned houses vegetation associated with water availability in the substrate in order to support the early selection of these genetic materials to establish in areas with different environmental conditions. The experiment was a factorial 4 x 3 x 2, and the clone factor at four levels (Clones 1, 2, 3, and 4), microclimate factor in three levels (Microclimate 1, 2 and 3) and the availability factor water at two levels (50 and 100% of available water (AW) in the substrate) in a completely randomized design with four replications. According to the results, four clones had a greater increase in the microclimate 1, low evaporative demand of air, regardless of the water requirement imposed on the substrate. Microclimate 2, under conditions of intermediate atmospheric evaporative demand, clones 2 and 3 had higher growth. In the microclimate 3, the high atmospheric evaporative demand acted as a stressor under low water availability in the substrate (50% of AW), not allowing the differentiation of the genetic material with higher growth. However, the increase in water availability (100% AW) under conditions of high evaporative demand of air, provided greater growth to clone 3.

**Keywords:** climate, water stress, *Eucalyptus*, forest production.

## 3 INTRODUÇÃO

Originário da Austrália, o eucalipto (*Eucalyptus*) destaca-se por seu valor econômico na produção de madeira para diversos fins, como a produção de papel e celulose, suprimento ao setor moveleiro, matéria prima na produção de aço, obtenção de carvão vegetal, postes, moirões de cerca, além de possuir propriedades medicinais, utilizadas na fabricação de cosméticos e medicamentos (CARVALHO, 2000). Devido a esta importante atividade agroindustrial e ao apoio de instituições privadas e governamentais de pesquisa, o Brasil ocupa posição de liderança mundial quando o assunto é silvicultura. O rendimento médio de uma floresta de eucalipto no Brasil varia de 35 a 50 metros cúbicos por hectare ano, e dependendo da região pode se obter valores ainda maiores (CHAVES, 2012). De acordo com os dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF (2012) em 2011 a área de florestas plantadas no país foi de 6.500.000 ha, sendo desse total, cerca de 4.900.000 ha com o gênero *Eucalyptus*.

A identificação de genótipos de eucalipto para implantação em condições ambientais adversas é um desafio para muitas empresas florestais. Segundo Framptom & Foster (1993) os testes de espécies e procedências e os testes clonais têm sido usados para recomendar material genético para condições ambientais específicas. Trabalhos que demonstram o crescimento de diferentes genótipos de eucalipto têm sido desenvolvidos a fim de indicar clones mais adequados a diferentes condições ambientais (CHAVES et al., 2004; VELLINI et al., 2008; XAVIER et al., 2013; TATAGIBA et al., 2015). Os resultados obtidos por estes autores têm auxiliado a tomada de decisão para recomendação de clones para áreas com diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo, proporcionando vantagens como, maior produtividade, redução de custos na implantação do plantio e aumento na eficiência do

uso da água pelas plantas. Segundo Taiz & Zeiger (2013), as alterações climáticas, principalmente as relacionadas ao estresse hídrico e térmico podem limitar o crescimento das plantas, reduzindo o consumo de carbono e energia, alterando a alocação de fotoassimilados pelos órgãos da planta. Têm se observado também, redução da expansão foliar, altura e diâmetro das plantas, resultando em perda da biomassa vegetal (GONÇALVES & PASSOS, 2000; TATAGIBA et al., 2009; LOPES et al., 2011; KLIPPEL et al., 2014; SANTOS et al., 2015; SILVA et al., 2015).

Assim, é necessário conhecer os efeitos das alterações climáticas sobre cada espécie, uma vez que as condições favoráveis são específicas, não podendo ser generalizadas. Para isso, observações de pesquisa dirigida são fundamentais para o entendimento do crescimento de diferentes materiais genéticos de eucalipto em respostas às condições climáticas. O presente trabalho tem o objetivo de investigar o crescimento inicial de quatro clones comerciais do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidos a diferentes condições microclimáticas, impostas pela alteração na demanda evaporativa da atmosfera em casas de vegetação climatizadas, associadas à disponibilidade hídrica no substrato, de modo a subsidiar a seleção precoce desses clones para estabelecimento em áreas com diferentes condições ambientais.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local, material experimental e substrato

O experimento foi conduzido em casas de vegetação climatizadas pertencente à área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, vinculado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro-ES, no período de 04 de abril a 16 junho de 2014.

Foram utilizadas 48 mudas de cada clone comercial do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produzidas no viveiro da empresa Suzano Papel e Celulose S.A, multiplicadas em tubetes plásticos de 54 mL pelo método de estaquia. Aos 90 dias após o estaqueamento, as mudas passaram por uma seleção quanto à uniformidade e foram transplantadas para vasos plásticos com dimensões de 37 cm de diâmetro superior e 27 cm de diâmetro inferior, com 30 cm de altura e capacidade de aproximadamente 22 dm<sup>3</sup> de substrato. Os vasos apresentavam furos circulares de 1 cm de diâmetro na parte inferior, permitindo aeração das raízes e escoamento do excesso de água. Durante todo o período experimental as mudas ficaram suspensas em bancadas com aproximadamente 1 m de altura, com dimensões de 2 m de comprimento e 1,20 m de largura.

Após o transplante para os vasos, as mudas cresceram com teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo (CC) (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2006) por 20 dias, quando, então, foram iniciados os tratamentos diferenciados de disponibilidade hídrica no substrato de 50% e 100% da AD, sob diferentes condições microclimáticas, impostas pela combinação de valores da temperatura e umidade relativa do ar, obtidas no interior das casas de vegetação climatizadas, as quais, deram origem a três microclimas, cada um, com déficit de pressão de vapor diferentes (Tabela 1), permanecendo por 53 dias.

O substrato utilizado para o enchimento dos vasos foi constituído de solo extraído à profundidade de 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (70%), areia lavada (20%) e composto de casca bioestabilizada de eucalipto (10%). Foi realizada análise granulométrica

do substrato (EMBRAPA, 1997), obtendo-se a classificação textural como franco argilo-arenoso, apresentando textura média (Tabela 2).

**Tabela 1.** Temperatura, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor no período de 25 de abril a 16 de junho de 2014, em três casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro - ES.

Temperatura do ar (°C)	Microclima 1	Microclima 2	Microclima 3
Máxima	25,0	33,0	36,0
Média	22,0	26,0	28,0
Mínima	20,0	22,0	21,5
Umidade relativa do ar (UR%)			
Máxima	100	83	85
Média	97	76	64
Mínima	86	54	34
Déficit de pressão de vapor do ar (kPa)			
Máxima	0,39	1,81	3,68
Média	0,09	0,87	1,63
Mínima	0,02	0,44	0,39

**Tabela 2.** Análise granulométrica das proporções existentes de cada fração no substrato.

Areia grossa (2-0,2 mm)	Areia fina (0,2-0,05mm)	Areia Total	Argila (<0,002 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)
(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
650,00	150,21	399,79	300,00	50,00

A necessidade da aplicação de corretivos e adubos químicos foi feita com base na análise química do substrato (Tabela 3). No transplante não foi necessário fazer adubação e correção da acidez do solo. Cada vaso recebeu 50 mL de solução contendo, em mg L<sup>-1</sup>, 192 KCl; 104,42K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 150,35 MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 61 uréia; 100 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 0,27 NH<sub>4</sub>MO<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O; 1,61 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 6,67 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 1,74 CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 4,10 MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 4,08 FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O e 5 EDTA- bisódico. A solução nutritiva foi aplicada após o transplante e depois em intervalos de quinze dias, até o fim do experimento.

**Tabela 3.** Análise química do substrato.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	M.O	CTC	S.B	V	m	ISNa
H <sub>2</sub> O	---(mg.dm <sup>-3</sup> )--		----- (cmol.dm <sup>-3</sup> )-----					-(g.Kg <sup>-1</sup> )-		(cmol.dm <sup>-3</sup> )		----- (%)-----		
7,9	16	264	8	2,8	0,9	0,0	0,0	3,1	5,3	4,4	4,4	100	0,0	0,8

#### 4.2 Lâmina de irrigação e água disponível

Para determinação da lâmina de água, amostras do substrato deformadas e previamente peneiradas, foram saturadas por 12 horas (EMBRAPA, 1997) e levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo de três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 MPa para capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente. A umidade volumétrica ( $\theta$ ) para cada uma das tensões foi obtida pelo produto da umidade

gravimétrica pela densidade do solo ( $\theta = U \times D_s$ ). Os valores médios, resultantes de três repetições para densidade do solo, umidade gravimétrica na capacidade campo e no ponto de murcha permanente para o cálculo dos níveis de água, foram  $1,17 \text{ g cm}^{-3}$ ; 21,0 e 11,0%, respectivamente.

A água disponível (AD) encontrada foi de 11,7%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 24,57% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 12,87% na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão:  $AD = CC - PMP$  (CENTURION & ANDREOLI, 2000). Os valores médios de umidade volumétrica e da tensão utilizados foram ajustados pelo modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), através do *software* Soil Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Para o estabelecimento da disponibilidade hídrica, foram utilizadas duas lâminas de água, definidas a partir da água total disponível, com valores de 50 e 100% (EMBRAPA, 1997). O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado em cada lâmina, considerando-se a massa do solo e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980).

### 4.3 Obtenção dos dados microclimáticos

Para obtenção dos dados microclimáticos, foi instalada uma estação meteorológica automática no interior de cada casa de vegetação climatizada. Nas estações estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo CS500 (Vaisala). Os dados foram coletados e armazenados por um "datalogger", modelo CR10x (Campbell Scientific). O tempo de leitura foi de dez segundos, e os dados médios foram armazenados a cada 15 minutos. O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado de acordo com Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002).

### 4.4 Avaliação do crescimento das plantas

Ao final dos 53 dias de experimentação foram selecionadas aleatoriamente quatro plantas de cada clone para avaliação das características de crescimento, determinando-se: matéria seca total, da raiz e parte aérea; área foliar, diâmetro no nível do coleto e altura total. A área foliar foi determinada através do medidor, modelo LI -3100 (LI-COR). O diâmetro do coleto foi determinado com auxílio de paquímetro digital a cinco cm do substrato, e a altura das plantas, através de régua milimetrada. Para obtenção da matéria seca, as plantas foram particionadas em parte aérea (folhas, ramos e haste) e raiz, e colocadas em sacos de papel em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de  $75^\circ \text{C}$ , até atingir peso constante (TATAGIBA, PEZZOPANE, REIS, 2007).

### 4.5 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

O experimento foi montado em esquema fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , sendo o fator clone em quatro níveis (Clones 1, 2, 3 e 4), o fator microclima em três níveis (Microclima 1, 2 e 3) e o fator disponibilidade hídrica em dois níveis (50 e 100% da AD) num delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A parcela para as avaliações foi constituída de uma planta por vaso. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando

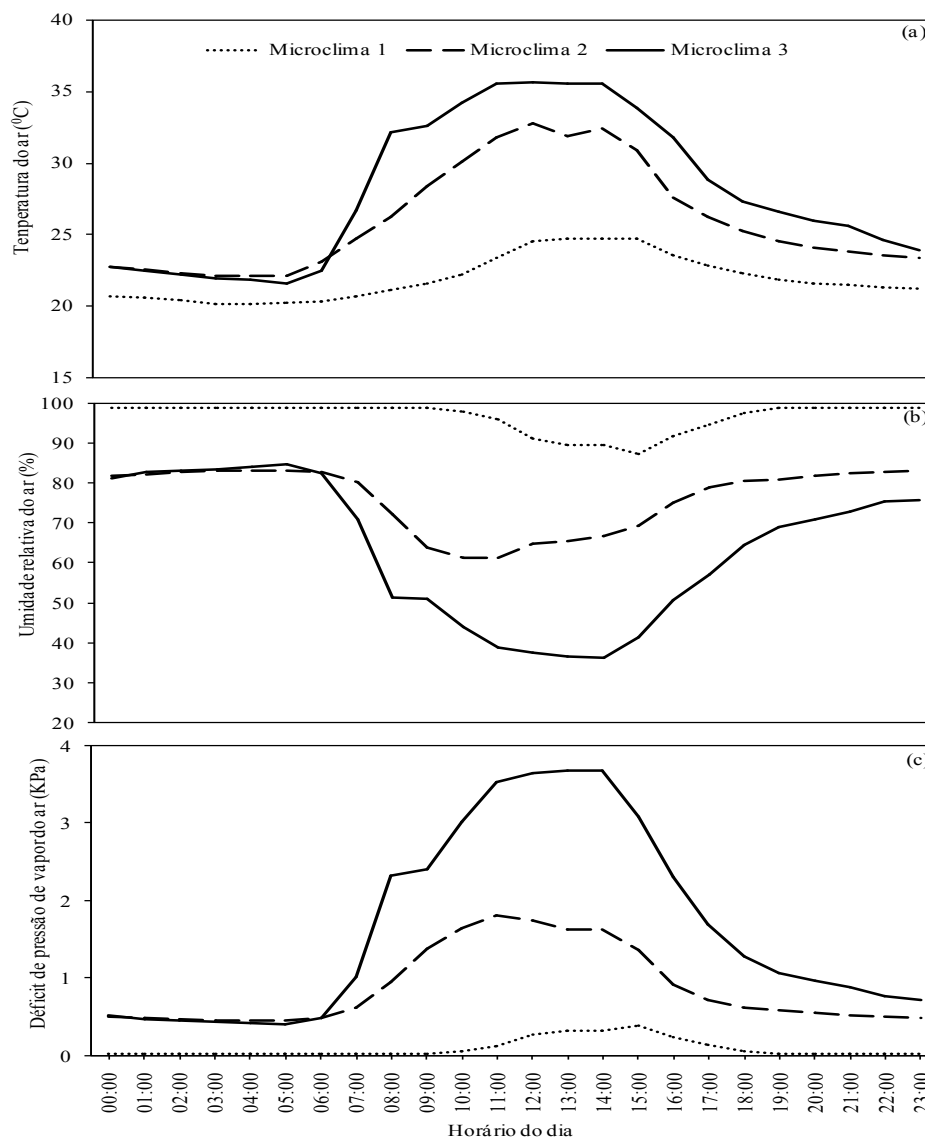
significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando o *software* SISVAR<sup>®</sup>, versão 5.1.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização dos microclimas

Ao longo do curso diário, o comportamento médio da temperatura, umidade relativa e do DPV apresentaram diferenças marcantes entre os microclimas obtidos no interior das casas de vegetação climatizadas (Figura 1). O microclima 1 apresentou os menores valores de temperatura (média de 22°C) e altos valores de umidade relativa do ar (média de 97%) ao longo do curso diário quando comparado com os demais microclimas, caracterizando-se por um ambiente com baixa demanda evaporativa atmosférica (Baixos valores de DPV, média de 0,09 kPa). Valores de temperatura e umidade relativa do ar entre os microclimas 1 e 3, média de 26°C e 76%, respectivamente, condicionaram valores de DPV intermediário (0,87 kPa), caracterizando uma demanda evaporativa atmosférica intermediária ao microclima 2. O microclima 3, por sua vez, apresentou elevadas temperaturas e baixas umidades relativa do ar, registrando 28°C e 64%, respectivamente, quando comparado com o microclimas 1 e 3, resultando em altos valores de DPV (1,63 kPa) e condicionando ao ambiente uma alta demanda evaporativa atmosférica (Figura 1).

**Figura 1.** Curso médio diário da temperatura (1a), umidade relativa (1b) e déficit de pressão do ar (c) obtidos para os microclimas no interior de três casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro - ES.

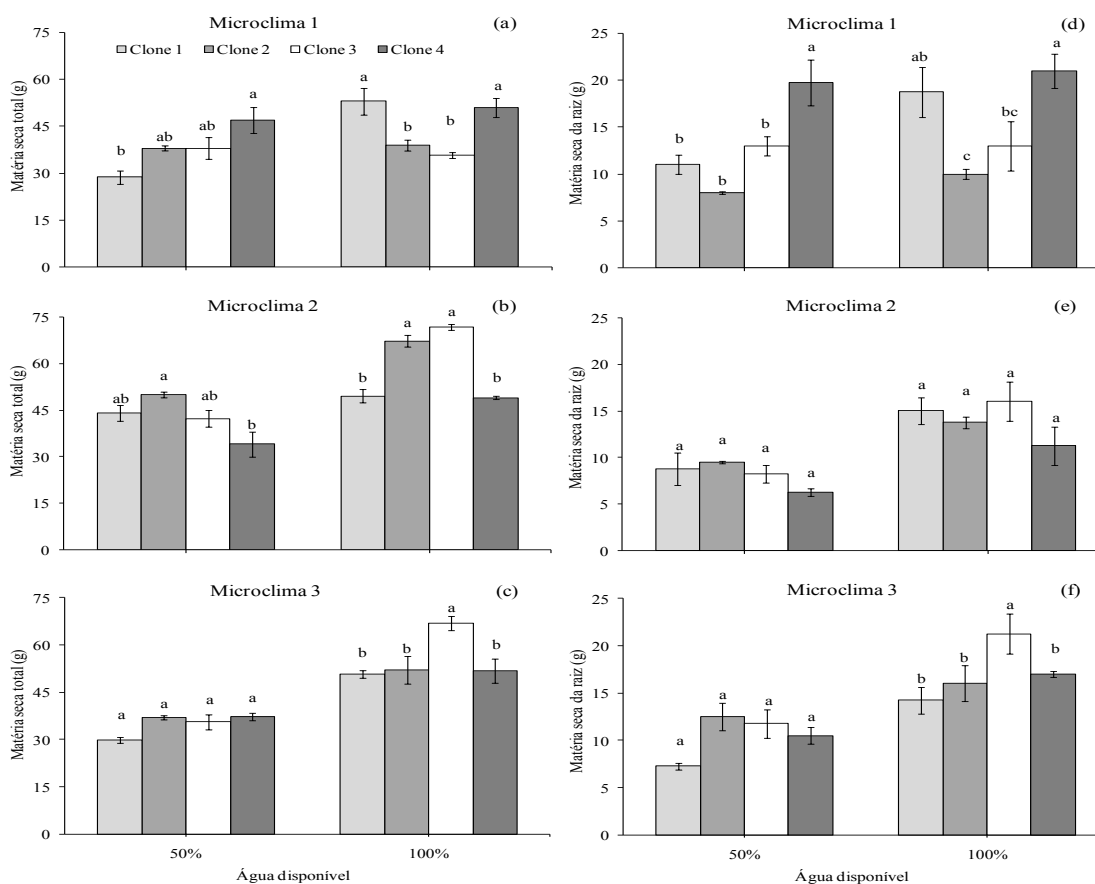


## 5.2 Caracterização do crescimento dos clones de eucalipto

No presente estudo, a matéria seca total final dos clones foi afetada tanto pelas diferentes demandas evaporativas atmosféricas, impostas por cada microclima, como pelas diferentes disponibilidades hídricas no substrato, possibilitando diferenciar a produtividade entre os clones estudados (Figura 2, a - c). Em condições de baixa demanda evaporativa atmosférica (Microclima 1), associado a disponibilidade hídrica de 100% da AD, os clones 1 e 4 apresentaram matéria seca total significativamente semelhantes entre si e superiores aos demais clones (Figura 2a), demonstrando a necessidade do controle de água no substrato como estratégia de manejo adequado para o crescimento. Sob a mesma demanda evaporativa atmosférica e na disponibilidade hídrica de 50% da AD, os clones 2, 3 e 4, não apresentaram diferenças significativas para as médias, assim como os clones 1, 2 e 3. Por sua vez, o clone 4

apresentou diferença significativa entre as médias em comparação ao clone 1, com aumentos significativos na ordem de 39% na matéria seca total, evidenciando maior tolerância na redução da disponibilidade hídrica (Figura 2a).

**Figura 2.** Matéria seca total (2a, 2b e 2c) e matéria seca da raiz (2d, 2e e 2f) de quatro clones de eucalipto crescendo em diferentes condições microclimáticas, associados a diferenciadas disponibilidades hídricas no substrato. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica em cada microclima diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.



No microclima 2 associado a disponibilidade hídrica de 100% da AD (Figura 2b), os clones 2 e 3 registraram valores significativamente superiores na matéria seca total em relação aos demais clones (Figura 2b), enquanto que a 50% da AD, os clones 1, 2 e 3, registraram médias significativamente semelhantes entre si, assim como os clones 1, 3 e 4. Entretanto, a 50% da AD, os clones 2 e 4 apresentaram médias significativamente diferentes, com o clone 2, registrando aumentos significativos de 32% em relação ao clone 4. Em termos de competição, os clones 2 e 3 parecem ser aqueles que, provavelmente, devem alcançar maior crescimento em regiões que apresentam variação na disponibilidade hídrica do solo ao longo do ano em condições de demanda evaporativa atmosférica intermediária.

No microclima 3 e a 100% da AD, o clone 3 apresentou diferenças significativas na matéria seca total em relação aos demais clones, registrando valores significativamente superiores na ordem de 24, 23 e 22% em relação aos clones 1, 4 e 3, respectivamente,



indicando ser o material genético que alcançou maior acúmulo na matéria seca total em condições de alta demanda evaporativa atmosférica (Figura 2c). A 50% da AD não houve diferenças significativas entre as médias da matéria seca total dos clones, não sendo possível identificar qual dos materiais genéticos pode ser mais promissor para o estabelecimento em condições de alta demanda evaporativa atmosférica (Figura 2c).

Os resultados referentes ao acúmulo de matéria seca total, observado nos diferentes microclimas e disponibilidades hídricas no substrato, indicam tratar-se de uma característica capaz de identificar materiais genéticos com aptidões agroclimáticas diferenciadas. Em estudo realizado por Xavier (2014), avaliando as características de crescimento em diferentes clones de eucalipto submetidos a demandas evaporativas atmosféricas diferenciadas foi observado diferenças no comportamento individual dos diferentes materiais genéticos.

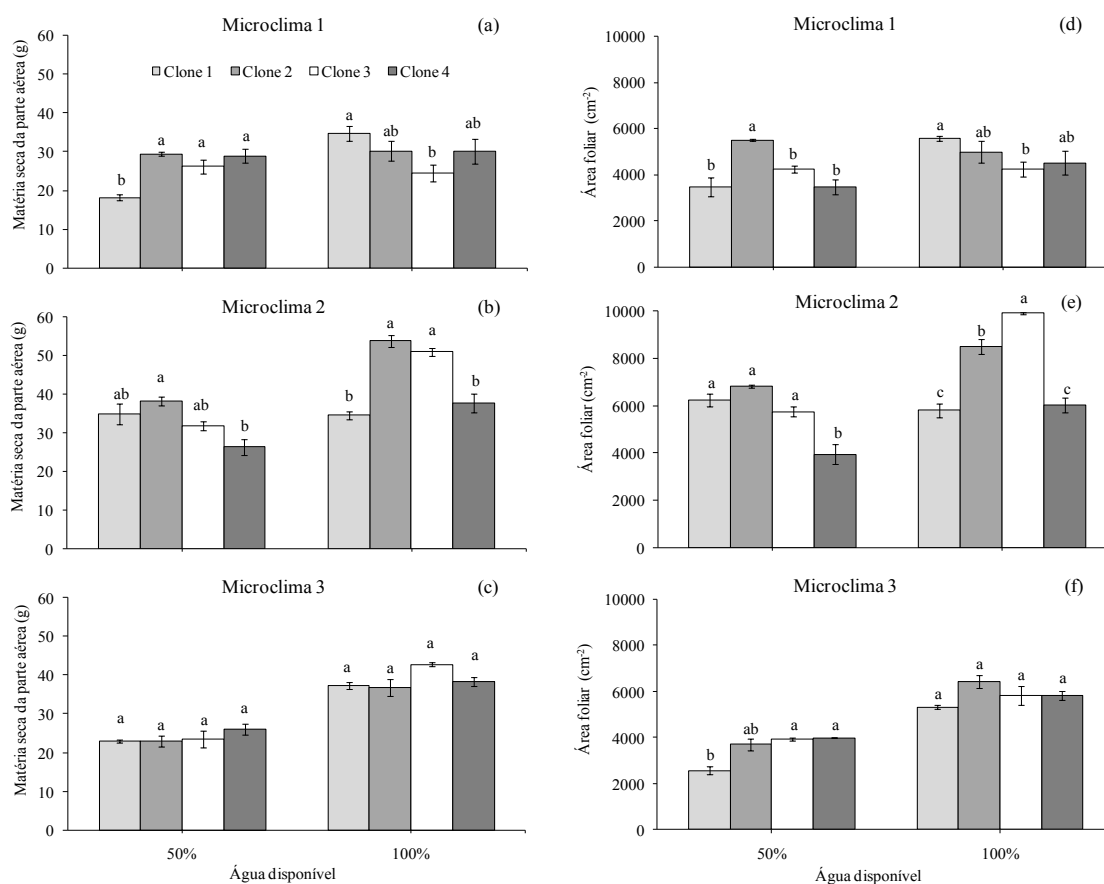
Nas Figuras 2 (d-f), encontram-se os valores da matéria seca da raiz obtidas para os quatro clones nos diferentes microclimas e disponibilidades hídricas do solo. Sob baixa demanda evaporativa atmosférica e a 100% da AD (Figura 2d), o clone 4 e 1 não apresentaram diferenças significativas entre as médias, assim como aconteceu entre os clones 1 e 3 e 3 e 2. Entretanto, o clone 4 apresentou diferenças significativas das médias em relação aos clones 2 e 3, registrando aumentos de 53 e 38%, respectivamente, na matéria seca da raiz (Figura 2d), evidenciando que o incremento na matéria seca da raiz obtida por esse material genético parece ser uma estratégia adotada para sobrevivência em ambiente com baixo DPV e adequada disponibilidade hídrica no substrato. Nas mesmas condições atmosféricas e a 50% da AD o clone 4 apresentou valores significativamente superiores de matéria seca da raiz quando comparado com os demais clones, indicando ser o clone com estratégia eficiente para o estabelecimento em solos com redução na disponibilidade hídrica (Figura 2d). O crescimento do sistema radicular em profundidade é um mecanismo de defesa da planta contra a seca, e está relacionado com sua capacidade de sobrevivência. A exploração de grande volume de solo a maiores profundidades pode evitar que as plantas experimentem deficiência hídrica capaz de prejudicar o crescimento em condições de campo (SASSE & SANDS, 1996).

No microclima 2 não foram encontradas diferenças significativas entre as médias da matéria seca da raiz para os clones, independente da disponibilidade hídrica adotada no substrato (Figura 2e). Fato também ocorrido para os clones no microclima 3 e a 50% da AD (Figura 2f). Diferentemente, no microclima 3 e a 100% da AD, o clone 3, registrou valor da matéria seca da raiz significativamente superior aos demais clones, podendo ser uma importante característica a ser considerada no estudo à adaptação em condições de alta demanda evaporativa atmosférica (Figura 2f).

A matéria seca da parte aérea foi a componente que mais contribuiu para o acúmulo de matéria seca total dos clones nos diferentes microclimas e disponibilidades hídricas no final do experimento (Figura 3, a-c). No microclima 1 e a 100% da AD, os clones 1, 2 e 4, apresentaram valores significativamente semelhantes para a matéria seca da parte aérea, assim como para os clones 2, 3 e 4 (Figura 3a). Neste mesmo ambiente os clones 1 e 3 apresentaram diferenças significativas entre as médias, com redução significativa em 30% para o clone 3 quando comparado ao clone 1 (Figura 3a). A redução significativa na matéria seca da parte aérea, encontrada para o clone 3 neste ambiente, pode ser atribuída, principalmente, a menor área foliar encontrada no microclima 1 (Figura 3d), uma vez que a folha atua diretamente na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos em crescimento, podendo levar a uma maior produtividade da parte aérea. Nas mesmas condições atmosféricas, porém, a 50% da AD, os clones 2, 3 e 4 registraram valores significativamente

semelhantes para a matéria seca da parte aérea e apresentaram médias significativamente superiores ao clone 1 em 38, 30 e 37%, respectivamente.

**Figura 3.** Matéria seca da parte aérea (3a, 3b e 3c) e área foliar (3d, 3e e 3f) de quatro clones de eucalipto crescendo em diferentes condições microclimáticas, associados a diferenciadas disponibilidades hídricas no substrato. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica em cada microclima diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.



Resultados significativamente semelhantes aos encontrados para as médias da matéria seca total dos clones no microclima 2, a 100% e a 50% da AD, também foram observados para a matéria seca da parte aérea, evidenciando que o incremento nas médias encontradas nesta característica para os clones 2 e 3 foi importante para obtenção de maior crescimento em ambiente com demanda evaporativa da atmosfera intermediária (Figura 3b). Observa-se no microclima 3 (Figura 3c), que a matéria seca da parte aérea dos clones não diferiram significativamente entre si, independente da disponibilidade hídrica adotada.

Para a área foliar no microclima 1 e a 100% da AD, os clones 1, 2 e 4 não apresentaram diferenças significativas entre as médias, assim como aconteceu para os clones 2, 3 e 4. Porém, as médias entre os clones 1 e 3 diferiram significativamente entre si, apresentando incremento significativo em 24% para o clone 1 em comparação ao clone 3. No mesmo microclima e a 50% da AD, o clone 2 apresentou valor significativamente superior

para a área foliar quando comparado com os demais clones, registrando médias significativamente superiores na ordem de 36, 23 e 37%, aos clones 1, 3 e 4, respectivamente (Figura 3d). O incremento em área foliar é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese. Quanto maior a área foliar, maior será a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, maior a capacidade de realizar fotossíntese, o que conseqüentemente irá favorecer o incremento em biomassa (LARCHER, 2006).

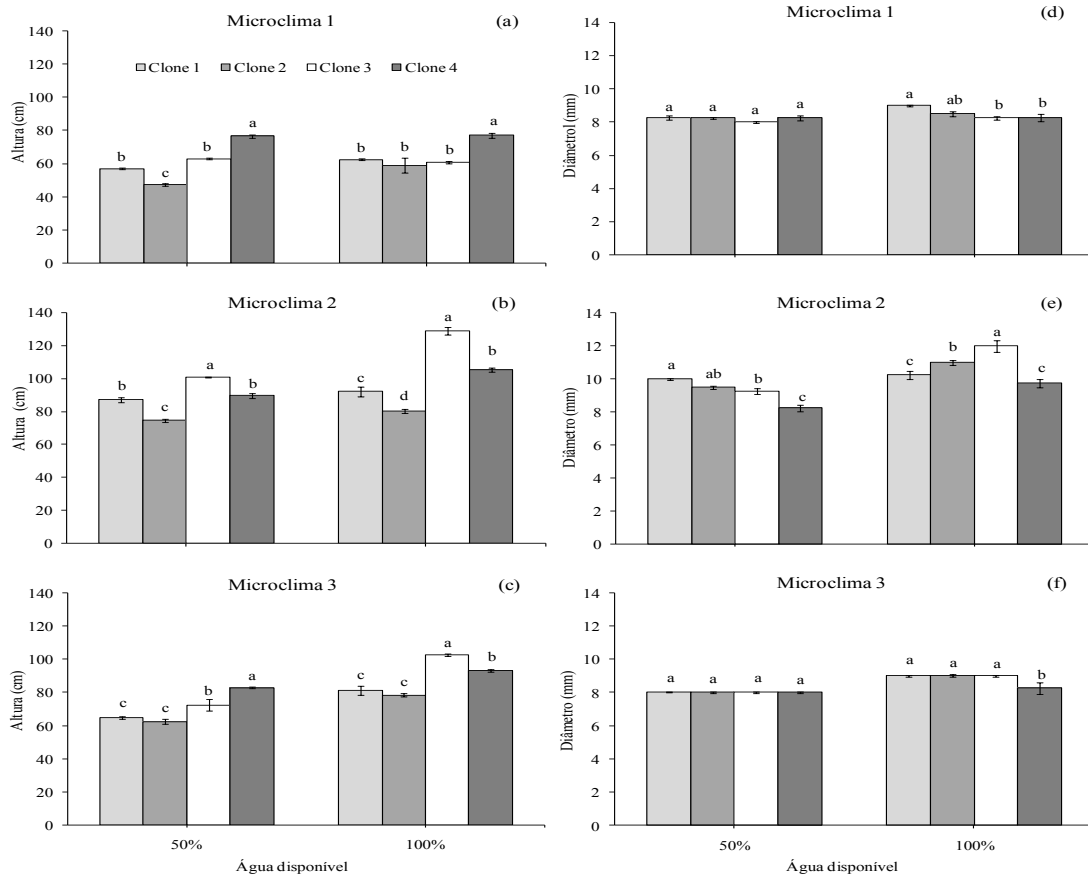
No microclima 2 e a 100% da AD (Figura 3e), destaque deve ser dado ao clone 3, o qual, registrou médias significativamente superiores de área foliar em 41, 14 e 39% em relação aos clones 1, 2 e 4, respectivamente. No mesmo microclima, porém a 50% da AD, o clone 4 apresentou reduções significativas na área foliar em comparação aos clones 1, 2 e 3, na ordem de 36, 42 e 31%, respectivamente (Figura 3e).

Sob alta demanda evaporativa atmosférica (Microclima 3) e a 100% da AD, não houve diferença significativa entre as médias da área foliar entre os clones (Figura 3f). Nestas mesmas condições atmosféricas e a 50% da AD, os clones 2, 3 e 4 apresentaram valores de área foliar significativamente semelhantes entre si, assim como aconteceu para os clones 1 e 2, enquanto os clones 3 e 4, registraram médias significativamente superiores em relação ao clone 1 (Figura 3f). Estes resultados estão de acordo com os observados por Xavier et al. (2013) e Tatabigib et al. (2015) que verificaram reduções de área foliar em procedências da mesma espécie do gênero *Eucalyptus*, submetidas à deficiência hídrica no solo. Blum (1997) ressalta que a diminuição da atividade fotossintética e da produtividade de plantas submetidas à deficiência hídrica tem grande correlação com a redução da área foliar. No entanto, o presente estudo, traz evidências de que o estresse provocado pela alta demanda evaporativa atmosférica (Microclima 3) juntamente com a menor disponibilidade hídrica imposta pelo tratamento de 50% de AD intensificou ainda mais a redução do crescimento das folhas nos diferentes clones.

Em relação à altura (Figura 4, a - c), observa-se, que o clone 4 apresentou médias significativamente superiores quando comparado com os demais clones, em condições de baixa demanda atmosférica (Microclima 1), independente da disponibilidade hídrica no substrato (Figura 4a). Fato semelhante foi encontrado para as médias do clone 3, no microclima 2, onde registrou valores de altura significativamente superiores aos demais clones (Figura 4b). Estes resultados indicam que o crescimento em altura dos clones 3 e 4 foram favorecidos em cada microclima, os quais, estavam submetidos, apresentando aptidões agroclimáticas diferenciadas para esta característica.

No microclima 3 e a 100% da AD (Figura 4c), o clone 3 registrou o maior valor significativo para a altura, enquanto à 50% da AD, o clone 4 obteve o maior valor para esta característica em relação aos demais clones (Figura 4c). Xavier (2014) também encontrou diferenças de altura em clones de eucalipto causada por diferentes condições microclimáticas obtidas em casas de vegetação climatizadas, registrando no ambiente com alta demanda evaporativa atmosférica maior crescimento. Os resultados do presente trabalho estão de acordo com os encontrados por Guarnaschelli et al. (2003) e Silva et al. (2015), que verificaram diferenças significativas na altura de diferentes procedências de *Eucalyptus* submetidas a diferentes condições ambientais.

**Figura 4.** Altura (4a, 4b e 4c) e diâmetro em nível do coleto (4d, 4e e 4f) de quatro clones de eucalipto crescendo em diferentes condições microclimáticas, associados a diferenciadas disponibilidades hídricas no substrato. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica em cada microclima diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.



De modo geral, o crescimento em diâmetro foi menos afetado que o crescimento em altura nos diferentes microclimas e disponibilidades hídricas no substrato (Figura 4, e-f). No microclima 1 e a 100% da AD, os clones 1 e 2 não apresentaram diferenças significativas entre as médias, assim como para os clones 2, 3 e 4 (Figura 4d). Neste mesmo microclima e a 100% da AD, o clone 1 apresentou aumentos significativos no diâmetro (8%) em relação aos clones 3 e 4. A 50% da AD não foi encontrado diferenças significativas entre as médias para os clones (Figura 4d).

No microclima 2 e a 100% da AD (Figura 4), o clone 3 foi o que registrou diâmetro significativamente superior aos demais clones. A 50% da AD, os clones 1 e 2 apresentaram médias de diâmetro significativamente semelhantes entre si, assim como aconteceu para os clones 2 e 3. Entretanto, o diâmetro no clone 1 diferiu significativamente dos clones 3 e 4 registrando aumentos significativos na ordem de 8 e 17%, respectivamente (Figura 4e).

O clone 4 em condições de alta demanda atmosférica (Microclima 3) e a 100% da AD (Figura 4f), apresentou redução significativa nas médias do diâmetro quanto comparado com os demais clones na ordem de 11% (Figura 4f). Na mesma condição atmosférica, porém a 50% da AD, as médias não diferiram significativamente entre os clones. Em estudo realizado por Tatagiba et al. (2007) não foi encontrada redução no diâmetro causada pela deficiência

hídrica em clones de eucalipto, sendo considerada uma característica não eficiente na identificação de material genético para estabelecimento em áreas com diferentes aptidões climáticas.

## 6 CONCLUSÕES

As condições de baixa e alta demandas evaporativas atmosféricas (Microclima 1 e 3, respectivamente) atuaram como um fator estressante sobre o crescimento dos clones de eucalipto, independentemente da disponibilidade de água encontrada no substrato. De modo geral, os clones crescendo em intermediária demanda evaporativa da atmosfera (Microclima 2) apresentaram melhor desempenho em produção de matéria seca total, da parte aérea e raiz, além de aumentos em área foliar, altura e diâmetro do coleto, com destaque para os clones 2 e 3.

## 7 AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado e a empresa Suzano Papel e Celulose S.A pelo fornecimento dos clones de eucalipto.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011. Brasília, 2012. 150p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.

BLUM, A. **Crop responses to drought and the interpretation of adaption**. In: BELLHASSEN, E (Ed.). Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological, and molecular biology analysis. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997, p.57-70.

CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Early selection of eucalypt clones to be planted in environments with varying soil water availability: water relations of plants in small size plastic tubes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

CHAVES, L. Os 12 países que mais produzem celulose no mundo. Botucatu: Painei Florestal, 2012. Disponível em: < [http:// www.painelflorestal.com.br/noticias/celulose-epapel/ os-12-maiores-produtores-de-celulose-domundo](http://www.painelflorestal.com.br/noticias/celulose-epapel/os-12-maiores-produtores-de-celulose-domundo) >. Acesso em 02 março de 2014.

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

CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 701-709, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FRAMPTON JR, L. J.; FOSTER, G. S. Field testing vegetative propagules. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry I: genetics and biotechnology**, Berlin: Springer Verlag, 1993 p. 110-134.

FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.V.A.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p. 5-8, 1980.

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

GUARNASCHELLI, A. B.; LENCOFF, J. H.; PRYSTUPA, P.; BASCI, S. O. Responses to drought preconditioning in *Eucalyptus globulus* Labill. Provenances. **Trees**, Berlin, v. 17, n. 17, p. 501-509, 2003.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; TOLEDO, J. V. Impacto da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 23, n. 1, p 48-59, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora Rima, 2000.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SILVA, M.R.; SAAD, J.C.C.; LOPES, C.F. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* VS. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n.1, p.31-39, 2011.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Interação genótipos x ambiente para produtividade de clones de *Eucalyptus* L' Hér no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n.1, p. 81-91, 2015.

SASSE, J.; SANDS, R. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. **Tree Physiology**, Victoria, v. 16, n. 1, p. 287-294, 1996.

SILVA, C. R. A.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, A. S.; KLIPPEL, V. H.; BARBOSA, R. L. P. Desenvolvimento biométrico de clones de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 34, p. 381-390, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Avaliação do crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2007.

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, v.17, n. 3, p. 179-189, 2009.

TATAGIBA, S. D.; XAVIER, T. M. T.; TORRES, H.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Floresta**, Curitiba, v.45, n. 4, p. 745-754, 2015.

VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p. 892-898, 1980.

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

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

XAVIER, T. M. T. **Crescimento de mudas clonais de eucalipto sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 104f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. 2014.