

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**JOÃO VITOR TOLEDO**

**AVALIAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE  
EUCALIPTO SOB DÉFICIT HÍDRICO**

**ALEGRE, ES**

**2012**

JOÃO VITOR TOLEDO

**AVALIAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE  
EUCALIPTO SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

ALEGRE, ES

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

T649a Toledo, João Vitor, 1985-  
Avaliação do estabelecimento de mudas de eucalipto sob déficit hídrico /  
João Vitor Toledo. – 2012.  
53 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do  
Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto – Mudas – Desenvolvimento. 2. Morfologia vegetal. 3. Água  
– Uso. 4. Déficit hídrico. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. III.  
Título.

CDU: 63

---

**JOÃO VITOR TOLEDO**

**AVALIAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO SOB  
DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 24 de janeiro de 2012

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



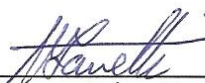
---

Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane  
Centro de Ciências Agrárias - UFES  
Orientador



---

Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio  
Centro de Ciências Agrárias – UFES



---

Prof. Dr. Sidney Sára Zanetti  
Centro de Ciências Agrárias – UFES

Aos meus pais que sempre me apoiaram e nunca duvidaram do meu potencial.

À minha linda filha Cecília, minha inspiração de viver.

Ao meu irmão Felipe que sempre esteve ajudando meus pais.

À minha irmã Carla, pelo apoio.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus por tudo.

À minha filha Cecília, que me fez ver o mundo de outra forma.

Aos meus pais Sebastião e Fátima, aos meus irmãos Felipe e Carla, pelo grande incentivo e apoio em todos os momentos de minha vida até hoje.

Aos meus tios Sérgio e Marta, que sempre me incentivaram nos estudos.

A toda minha grande família, em especial minha avó 'Tuta', pelo carinho.

Ao Professor Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane, pela orientação, apoio e amizade desde a minha graduação.

Aos Professores Dr. Roberto Avelino Cecílio e Dr. Sidney Sára Zanetti, pela colaboração.

Ao meu amigo Herbert Torres, que desde o início do experimento esteve presente me ajudando.

Às minhas amigas Talita e Valéria, pela amizade e momentos nesses anos de convivência. Muito obrigado.

Aos PIBICs Vanessa e Yan, pela força e amizade. Também aos amigos Maycon, Lima, Wesley, entre muitos outros aqui não citados, que de uma forma ou de outra contribuíram na minha vida acadêmica até hoje.

Aos companheiros da república Rafael, Luciano, pela amizade e incentivo.

Às minhas vizinhas, pela amizade. Em especial à Maisa, pelo carinho e atenção.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Espírito Santo – FAPES, pela bolsa concedida.

Ao Viveiro Du Campo, pelo fornecimento das mudas.

“A dor é inevitável.  
O sofrimento é opcional...”

Carlos Drummond de Andrade

## RESUMO

O eucalipto é a espécie florestal de rápido crescimento mais utilizada no Brasil, sendo o seu cultivo um dos mais avançados, produtivos e competitivos do mundo. O estresse induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo vegetal. O déficit hídrico, portanto, causa alterações no comportamento e desenvolvimento vegetal, e dependendo do genótipo, este pode ser mais ou menos tolerante a condições adversas do clima. Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes regimes hídricos em relação à água disponível no solo, sobre o crescimento e o desenvolvimento, durante 60 dias da fase de estabelecimento, de três clones de eucalipto, do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Este estudo foi desenvolvido em casa de vegetação instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre- ES. O experimento foi montado no esquema Fatorial 3x3 em delineamento experimental em blocos casualizados. Os tratamentos constituíram-se da interação de três níveis de água disponível no solo (50%, 30% e 10%), com o fator clones (Clone 1, Clone 2 e Clone 3), com quatro repetições. As mudas foram cultivadas em vasos com volume de 30 dm<sup>3</sup>. O controle dos níveis de depleção foi realizado através do monitoramento da massa de cada vaso, com o auxílio de uma balança, sendo a umidade elevada até a capacidade de campo até obter a umidade referente ao tratamento. Foram avaliados os valores de altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, matéria seca total, matéria seca de folhas, matéria seca de raiz, matéria seca de haste e ramos, volume de raiz, lâmina total consumida e eficiência do uso da água. 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. As avaliações executadas indicam que os níveis de disponibilidade de água abaixo de 50% da água disponível prejudicam o crescimento de todos os clones. A redução média da matéria seca total dos três clones estudados é de 21% e 40% para os níveis de 30% e 10%, respectivamente, em relação à produção de biomassa das plantas submetidas a 50% da água disponível. O Clone 2 apresenta médias estatisticamente superiores aos demais nos parâmetros matéria seca, número de folhas e eficiência do uso da água, se mostrando, portanto, superior sob condição de restrição hídrica. Portanto, o Clone 2 é mais indicado para implantação em regiões tanto com maior como menor disponibilidade hídrica.

**Palavras-chave:** Estresse hídrico. Medidas biométricas. Eficiência do uso da água.

## ABSTRACT

Eucalyptus is a fast growing tree species most used in Brazil, and its cultivation is of the most more advanced, productive and competitive in the world. Stress induces changes and responses in all functional levels the plant organism. The water deficit therefore causes changes in behavior and plant development, and depending on the genotype, it may be more or less tolerant to adverse weather conditions. The objective of this work was evaluate the influence of different regimes water through the water availability in the soil on the growth and development during 60 days of phase establishment of three eucalyptus clones, the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. This study was conducted in a greenhouse attached to the experimental area of the Centro de Ciências Agrárias of Universidade Federal of Espírito Santo, located in municipality of Alegre-ES. The experiment was arranged with a 3x3 factorial arrangement in experimental randomized blocks design. The treatments consisted of interaction of three levels of available soil water (50%, 30% and 10%), with the clones factor (Clone 1, Clone 2 and Clone 3) with four replications. The seedlings were grown in vessels with a volume of 30 dm<sup>3</sup>. The control of the levels of depletion was performed by monitoring the mass of each vessel with the aid of a scale, being the humidity high up to capacity field until it obtains the moisture related to the treatment. It was evaluated values of height, diameter, leaf number, area leaf dry weight, dry leaves, root dry matter, dry stem and branches, root volume, depth and efficiency of the total consumed use of water. Data were analyzed by variance, and when significant, means were compared by Tukey test at level 5% probability. The evaluations performed indicate that the water availability levels below 50% of water available affect the growth of all clones. The average reduction of total dry matter of the three clones studied is 21% and 40% at levels of 30% and 10% respectively, for the production of biomass from plants subjected to 50% of available water. The Clone 2 presents averages statistically superior to the other in dry parameters, number of leaves and efficiency of water use, proving therefore more subject to water restriction. Therefore, the Clone 2 is more suitable for deployment in both regions more and less water availability.

**Key words:** Water stress. Biometric measurements. Water use efficiency.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Eucalipto .....	12
2.2 Relação água - solo - planta - atmosfera .....	13
2.3 Déficit hídrico .....	15
2.4 Estabelecimento da cultura no campo .....	17
2.5 Análise de crescimento .....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 Época e ambiente experimental.....	20
3.2 Material vegetal e vasos utilizados.....	20
3.3 Caracterização do substrato .....	21
3.4 Delineamento estatístico e aplicação dos tratamentos .....	22
3.5 Caracterização do microclima e análises realizadas.....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1 Caracterização microclimática .....	26
4.2 Avaliação do déficit hídrico nos três clones.....	29
4.3 Consumo hídrico e eficiência do uso da água.....	42
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O eucalipto, dentre as espécies florestais plantadas no Brasil, apresenta rápido crescimento e é uma das mais utilizadas, principalmente na produção de chapas, painéis, carvão vegetal, celulose e papel, sendo o seu cultivo um dos mais tecnificados, produtivos e competitivos do mundo (LANG; BOTREL, 2008).

Apesar da sua grande extensão territorial, o Brasil utiliza pouco do seu potencial florestal. No entanto, o país apresenta 2,2 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo o plantio de eucalipto responsável por 81,2% de toda área plantada (BRACELPA, 2011).

No Brasil, diferentes espécies de eucalipto tiveram excelente adaptação em vários tipos de solo e clima. No Estado do Espírito Santo, algumas espécies são cultivadas e alcançam altas produtividades, sendo que as florestas plantadas de eucalipto são as mais produtivas, apresentando altas taxas de crescimento e ciclo curto, o que gera retorno econômico (FERREIRA, 1982; BRACELPA, 2011).

Os fatores ambientais, como: radiação solar, disponibilidade de água, temperatura e umidade do ar, tipos e fertilidade dos solos, exercem grande influência no crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo estes fatores variáveis de acordo com cada região e épocas do ano (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002; CHAVES et al., 2004). Quando qualquer um desses fatores atinge valores fora das faixas de tolerância de qualquer cultura, pode ocorrer estresse abiótico na planta.

As trocas gasosas, juntamente com a fotossíntese nas plantas, são responsáveis pela produção de fotoassimilados e são dependentes da disponibilidade hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em condições de baixa disponibilidade de água no solo, a planta tende a fechar seus estômatos como estratégia de redução da perda de água por transpiração. Porém, esse mecanismo também reduz a entrada de dióxido de carbono, causando menor taxa fotossintética (PIMENTEL, 2004; VIEIRA et al., 2010).

Assim, com a implantação, o crescimento e o desenvolvimento inicial da cultura no campo, definidos como fase de estabelecimento da cultura, podem ocorrer danos

elevados ou até irreversíveis às plantas quando ocorre o déficit hídrico. Dessa forma, tornam-se necessários estudos que quantifiquem os efeitos da deficiência hídrica, podendo identificar materiais genéticos mais indicados para plantios em locais de baixo índice pluviométrico, altas temperaturas e incidência de radiação solar, e até mesmo fornecer informações para estudos de melhoramento genético.

Vários trabalhos, como o de Chaves (2001), Tatagiba, Pezzopane e Reis (2007), Lopes (2009) e Xavier (2010), indicam que o uso de medidas biométricas como auxílio na tomada de decisão para recomendação de clones para áreas com reduzida disponibilidade hídrica proporcionam vantagens como maior produção, redução de custos e aumento na eficiência do uso da água.

Segundo Rodrigo (2007), é importante entender os mecanismos pelos quais as plantas economizam água, mantendo um alto nível de produtividade, quando se encontram em ambientes secos. O autor ainda comenta que existem vários mecanismos de redução da perda de água, sendo que os mecanismos respondem de forma diferente dependendo do genótipo da planta.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes regimes hídricos em relação à água disponível no solo, sobre o crescimento e desenvolvimento, durante 60 dias da fase de estabelecimento, de três clones de eucalipto, do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com auxílio de análises biométricas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Eucalipto

O eucalipto pertencente à família Myrtaceae, ordem Myrtales das Angiospermas, sendo que o gênero *Eucalyptus* apresenta cerca de 600 espécies e subespécies, com ampla plasticidade e dispersão mundial, desenvolvendo de forma satisfatória em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando àquelas das regiões de origem (WILLIAMS; WOINARSKI, 1997; RIBEIRO et al., 2009).

De acordo com Lima (1996) e Galzerano e Morgado (2008), os primeiros eucaliptos chegaram ao Brasil por volta de 1825 no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, como planta ornamental, e em 1868 passou a ser plantado no Rio Grande do Sul para lenha e quebra-ventos. Mas foi no começo do século XX que houve expansão da cultura, sendo que os incentivos fiscais para projetos de reflorestamento iniciados em 1965 fizeram o cultivo multiplicar-se e o crescimento continua até os dias de hoje.

Dentre as espécies conhecidas de eucalipto, encontram-se árvores típicas de florestas altas, com alturas variando de 30 a 50 metros, e florestas abertas com árvores menores, atingindo alturas entre 10 e 25 metros, sendo que cerca de 30 a 40 espécies são arbustivas (MORA; GARCIA, 2000).

Menos de 1% das espécies do gênero *Eucalyptus* é usado para fins industriais (SANTOS; AUER; GRIGOLETTI JUNIOR, 2001). Entre as espécies, as mais utilizadas são citadas por Mora e Garcia (2000), como sendo: o *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. salignae*, *E. citriodora*.

Devido à localização e grande extensão territorial, o Brasil apresenta ampla variação ambiental, a qual proporciona a adaptação favorável às várias espécies de eucalipto. O *E. grandis* e o *E. urophylla* são as espécies mais plantadas. Essas espécies além de apresentar características genéticas favoráveis ao seu plantio, também são usadas em programas de melhoramento para criação de híbridos.

O *Eucalyptus grandis* é utilizado para diferentes finalidades, sendo usadas diferentes partes da planta. De acordo com Mora e Garcia (2000), é a espécie que supera as outras em incremento volumétrico, quando em condições adequadas, por isso muito utilizada na obtenção de híbridos e multiplicação clonal.

O *Eucalyptus urophylla*, também usado para muitas finalidades, é uma espécie de boa produtividade e potencialidade para diversas regiões do Brasil, pois apresenta tolerância ao ataque do cancro (*Cryphonectria cubensis*), comumente encontrado em condições ambientais de climas tropicais (MORI; KAGEYAMA; FERREIRA, 1982).

Nesse contexto, várias empresas do setor investiram na produção de híbridos, sendo que o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* destacou-se comercialmente dos demais, pois as qualidades desejadas das duas espécies são reunidas em uma única planta e o uso da propagação clonal evita a perda dos genes benéficos.

## **2.2 Relação água - solo - planta - atmosfera**

Fatores ambientais como radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e ventos, exercem grande influência na produção vegetal e descrevem as condições de determinada região apta ou inapta ao cultivo de determinada espécie vegetal (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Os fatores climáticos, como a temperatura, a luz e o dióxido de carbono encontrados acima da superfície do solo, são de difícil controle em condições de campo, ao contrário, os fatores como a água e os nutrientes que ficam no solo, podem ser manejados por meio de irrigações e adubações (WOLSCHICK et al., 2007). E como as relações hídricas no solo são fatores bastante limitantes no estabelecimento, desenvolvimento e produção de qualquer cultura (KERBAUY, 2004), muitos estudos são realizados para entender melhor tais relações no solo e na planta.

A água pode ser considerada o elemento mais importante da crosta terrestre, tanto para os processos vitais como para os físico-químicos. Cobrindo mais de dois terços do planeta e estando presente também na atmosfera (REICHARDT; TIMM, 2004), a

água é essencial para a vida das plantas, por constituir a matriz e o meio onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos necessários à vida (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na produção vegetal, a falta ou até mesmo o excesso d'água afetam de forma decisiva o comportamento de crescimento da planta. Sendo assim, o manejo adequado é fator determinante para a maximização da produção agrícola (REICHARDT; TIMM, 2004).

Segundo Vieira et al. (2010), são várias as funções em que a água atua na fisiologia de plantas superiores. Ela é a principal constituinte protoplasmática, podendo estar presente em cerca de 80 a 90% do peso fresco de plantas herbáceas e mais de 50% nas lenhosas. Possui funções na fotossíntese como doadora de elétrons, no transporte de íons, solutos orgânicos e inorgânicos, hormônios e vitaminas, além de atuar no processo de abertura e fechamento de estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O solo e a atmosfera são as partes físicas do ambiente nas quais a maioria das espécies vegetais crescem e se desenvolvem. São elas que fornecem, de forma natural, as substâncias necessárias ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas, regulando a magnitude desses processos em conjunto com a energia disponível no meio (ANGELOCCI, 2002).

Dependendo das características do solo, a quantidade de água nele armazenada varia. De acordo com Angelocci (2002), as propriedades básicas do solo relacionadas à sua capacidade de armazenamento de água são a textura, a estrutura, a porosidade e o teor de colóides. Os fenômenos de capilaridade e adsorção são responsáveis pela retenção da água no solo (REICHARDT; TIMM, 2004).

Os espaços porosos do solo representam os locais de armazenamento de água, que são altamente dinâmicos e variáveis, tanto no tempo como no espaço, principalmente próximo da superfície do solo, onde a água é facilmente evaporada e absorvida pelas raízes (GONZÁLEZ; ALVES, 2005).

A planta necessita estar com os estômatos abertos para a entrada de CO<sub>2</sub> para realizar a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004). Ao mesmo tempo ocorre transpiração de água pelas folhas, induzindo a uma tensão ou pressão negativa, gerando a força motriz para o transporte da água do solo para raiz, da raiz para as folhas e, por

último, das folhas para a atmosfera (REICHARDT & TIMM, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004; VIEIRA et al., 2010). A planta não sendo capaz de repor a água perdida pela transpiração, através da absorção pelas raízes, sofrerá estresse hídrico.

Assim, a maior parte da água absorvida movimenta-se no interior de uma planta por fluxo de massa, constituindo a chamada corrente transpiratória, representando o transporte da água da raiz até as folhas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Ocorre, também, o transporte da água na escala celular, por difusão através de membranas, determinando as relações hídricas de células, tecidos e órgãos (ANGELOCCI, 2002).

### **2.3 Déficit hídrico**

Segundo Larcher (2006), estresse é um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e que induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes. É condicionado por algum fator externo, que exerce desvantagens para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Então, o déficit hídrico para a planta pode ser considerado como um estresse causado pelo conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação, ou seja, fora da quantidade ótima requerida, e afetando a planta proporcionalmente à quantidade e intensidade do déficit (TAIZ; ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006).

Sabe-se que o crescimento das plantas envolve vários processos e, por isso, é bastante complexo (ANGELOCCI, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004; VIEIRA et al., 2010). Há evidências de que certos processos fisiológicos associados ao crescimento, como a fotossíntese e a abertura estomática, estejam correlacionados com a umidade do solo (ANGELOCCI, 2002).

O conhecimento da influência do déficit hídrico no comportamento fisiológico e até mesmo morfológico dos vegetais é de grande importância. O fluxo de água do solo para a planta é relacionado com as atividades de trocas gasosas e produção de

biomassa, que dependem da disponibilidade hídrica e da própria eficiência radicular em extração d'água (SANTOS; CARLESSO, 1999).

De acordo com Santos e Carlesso (1998), Pimentel (2004) e Taiz e Zeiger (2004), as plantas com deficiência hídrica apresentam danos dependentes da intensidade e da duração da mesma. Como consequência, ocorrem alterações tanto morfológicas quanto fisiológicas, como a diminuição da turgescência e redução no tamanho das folhas, menor produção de biomassa, desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo e fechamento dos estômatos nos horários de maior transpiração.

Chaves et al. (2004), para fazer seleção precoce de mudas de eucaliptos mais resistentes à baixa disponibilidade hídrica do solo, estudaram cinco clones sob dois regimes de água em tubetes de 60 mL, sendo um sempre irrigado e o outro deixando as plantas murcharem completamente as folhas para então serem irrigadas até a capacidade de campo, durante 29 dias. Os autores citados verificaram que a condutância estomática, a transpiração, o potencial hídrico foliar e a fotossíntese são alterados pela disponibilidade hídrica, e que os clones apresentaram respostas diferenciadas.

Lopes, Guerrini, Saad (2007), trabalhando com aplicações de 6, 8, 10, 12 e 14 mm/dia nos horários de 10, 13 e 16 horas, até 108 dias após a semeadura de *E. grandis* em dois tipos de substrato, verificaram que a altura, o diâmetro, a relação altura e diâmetro, a área foliar, a matéria seca de raízes e da parte aérea das mudas sempre sofreram devido ao déficit hídrico aplicado em ambos os substratos.

Tatagiba, Pezzopane, Reis (2007), trabalhando com seis clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, aplicaram três manejos hídricos nas mudas de 150 dias após plantio, sendo um tratamento sempre com irrigação, o segundo sem irrigação durante 55 dias e o terceiro com 100 dias sem irrigação. Esses autores, além de encontrarem os clones mais adaptados às condições de déficit, também verificaram decréscimos no desenvolvimento e crescimento de toda a planta, causados pela deficiência hídrica.

Pereira et al. (2010), avaliando o desempenho de dois genótipos do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* em relação à tolerância à seca, trabalhando para tal, com duas umidades, uma próxima à capacidade de campo e outra próxima ao ponto de murcha permanente, durante 60 dias após plantio em vasos de oito litros, verificaram

que um dos genótipo apresentou menor sensibilidade ao déficit hídrico, mas teve comportamento semelhante quando não havia restrição de água.

Em resumo, inúmeros autores vêm estudando o efeito do déficit hídrico no comportamento morfológico e fisiológico em plantas de eucalipto. Nesses trabalhos, as espécies de eucalipto estudadas foram analisadas tanto em condições de plantio em vasos como em plantios no campo, como também em diferentes idades de cultivo e condições climáticas. Todos os resultados demonstraram alterações morfofisiológicas causadas pelo déficit hídrico.

## **2.4 Estabelecimento da cultura no campo**

O sucesso do estabelecimento da cultura no campo é alcançado quando se faz um planejamento adequado. Como exemplo, pode-se citar o zoneamento edafoclimático, o qual fornece informações sobre a aptidão das culturas em determinado região (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), sobre as práticas silviculturais mais adequadas e, também, sobre a escolha correta da espécie ou clone a ser implantado.

Os plantios florestais são altamente dependentes das condições ambientais, portanto, a escolha correta e criteriosa de material genético para locais de pouca disponibilidade hídrica, devido à baixa ou irregular pluviosidade, é uma maneira de alcançar boa produtividade (FERRARI, GROSSI, WENDLING, 2004, REIS et al., 2006).

Considerando que os clones propagados vegetativamente são geneticamente idênticos, e que a diferença de produtividade está relacionada ao efeito causado pela interação do ambiente com o genótipo, vários estudos buscam selecionar os materiais genéticos mais tolerantes a condições adversas do ambiente (NOGUEIRA et al., 2001; TATAGIBA et al., 2007; LOPES, 2009).

De acordo com Fonseca et al. (2002), a obtenção de mudas de qualidade é um fator de grande importância, pois as mudas apresentam atributos para sua sobrevivência quando levadas ao campo. Os mesmos autores argumentam que os programas de

fomento florestal só terão sucesso quando as técnicas e sistemas utilizados pelos produtores de mudas priorizarem, além da qualidade, o baixo custo de produção.

Na implantação da cultura, a adaptação no campo deve ocorrer de forma rápida, pois quanto mais rápido as plantas de eucalipto sobressaírem às plantas invasoras, menor a concorrência entre as espécies e maior a eficiência no uso da água, de luz e nutrientes (Figueiredo et al. 2011).

## **2.5 Análise de crescimento**

O crescimento vegetal pode ser analisado por diferentes tipos de medidas, sendo as mais comuns as de superfície, as lineares e as gravimétricas. A escolha de qual usar depende principalmente dos objetivos do pesquisador, bem como, da disponibilidade de material, mão-de-obra, tempo e equipamentos necessários para a realização das medições (CLEMENT; BOVI, 2000).

A análise de crescimento ajuda na identificação de espécies vegetais tanto nas condições ótimas ao desenvolvimento, quanto em condição de adaptação ao déficit hídrico, além de gerar informações referentes à interação entre as espécies ou genótipos estudados com o ambiente (ANDRADE et al., 2005).

Cada parte da planta apresenta funções especializadas em exploração do ambiente. Através das folhas, a planta recebe energia solar, realizando fotossíntese e síntese de metabólitos, enquanto as raízes absorvem nutrientes e água da solução do solo, dos quais se juntam aos metabólitos e são utilizados para o desenvolvimento e o crescimento das plantas (WOLSCHICK et al., 2007). Por isso, as medições de raízes, haste e ramos e folhas são eficientes para a análise de crescimento.

Muitos pesquisadores usam dos parâmetros morfológicos para estudarem o comportamento da planta em diferentes ambientes. Estes parâmetros podem ser classificados de acordo com Schimidt-Vogt (1996), citado por Novaes (1998), da seguinte forma:

- a) altura da parte aérea;
- b) atributos de vigor:

- massa total da muda;
  - massa da parte aérea;
  - diâmetro de colo;
  - relação altura da parte aérea / diâmetro de colo;
  - relação parte aérea / parte radicular (peso e/ou comprimento);
- c) capacidade de enraizamento:
- massa das raízes;
  - comprimento das raízes;
  - superfície ativa das raízes;
  - frequência de micorrizas nas raízes;
  - porcentagem de raízes;
- d) capacidade de assimilação:
- ramificação;
  - formação de folhas;
  - qualidade e quantidade de brotos.

Se combinados esses parâmetros, obtêm-se várias interações, que variam de acordo com a finalidade do estudo. Dentre as combinações, as mais usadas na literatura são as relações da parte aérea com a radicular, como a relação de massa entre cada uma, e também a relação da altura da planta com o diâmetro do coleto.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Época e ambiente experimental

O trabalho foi desenvolvido no período de 01/07/2011 a 13/09/2011 em casa de vegetação coberta com filme de polietileno transparente, instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada em Rive, distrito do município de Alegre-ES, latitude 20°45'2" Sul, longitude 41°29'18" Oeste e altitude de 119 m (Figura 1).

Segundo a classificação de Köppen, a região é caracterizada pelo clima "Cwa", isto é, tropical quente e úmido no verão, com inverno frio e seco, temperatura anual média de 23,1°C e precipitação total anual próxima de 1200 mm.

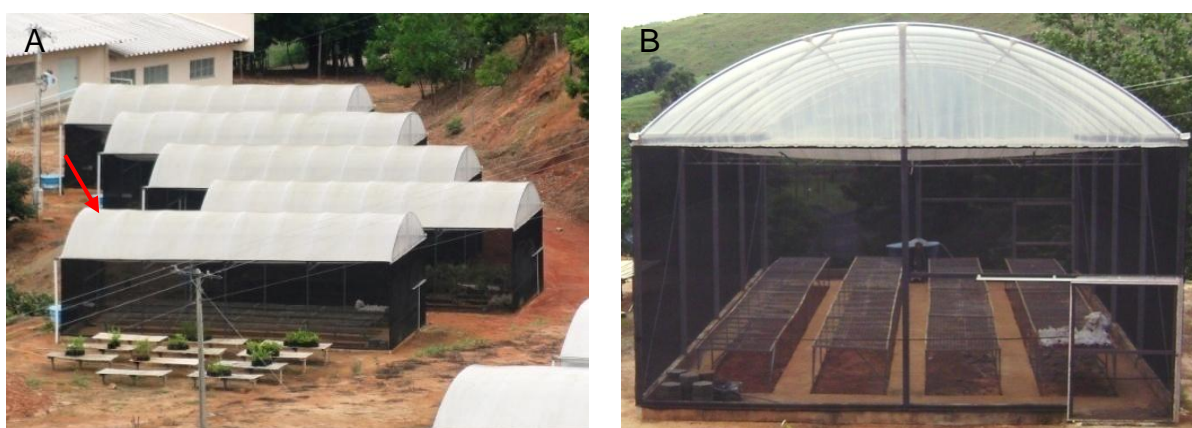


Figura 1 – Localização do experimento na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre-ES. Vista geral (A) – casa de vegetação indicada pela seta – e vista detalhada (B).

#### 3.2 Material vegetal e vasos utilizados

O projeto foi conduzido utilizando-se mudas de eucalipto oriundas de propagação clonal, híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, sendo três clones, a saber: 2149, 6021 e 7346, respectivamente denominados de Clone 1, Clone 2 e Clone 3.

As mudas foram produzidas na empresa Viveiro Du Campo, localizada no município de Bom Jesus de Itabapoana - RJ, através de miniestacas apicais de matrizes provenientes da empresa Suzano Papel e Celulose. Os clones selecionados são materiais genéticos utilizados em larga escala em plantios no Estado do Espírito Santo.

As mudas foram selecionadas na fase de expedição, aos 85 dias de idade, quanto à uniformidade de altura, diâmetro e condição fitossanitária. No dia 01/07/2011, quando as mudas estavam com 90 dias de idade, foram transplantadas em vasos com o substrato sempre próximo à capacidade de campo para aclimação, permanecendo até o dia 15/07/2011, quando então, se iniciou a aplicação dos tratamentos.

Foram utilizados vasos plásticos de 30 dm<sup>3</sup>, com 34 cm de diâmetro e 38 cm de altura. Os vasos apresentavam furos (5 mm de diâmetro) tanto na parte inferior como nas laterais para facilitar a drenagem e aeração do solo.

### **3.3 Caracterização do substrato**

O substrato usado foi um solo coletado na profundidade de 10 a 50 cm, de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Na Tabela 1 são apresentadas as características químicas e físicas do substrato, determinadas segundo Embrapa (1997).

Com base na análise de solo, foi realizada a adubação aplicando as quantidades recomendadas por Novais, Neves e Barros (1991), em parcelamento indicado por Prezotti et al. (2007). O solo seco ao ar foi homogeneizado e passado em peneira com malha de 4,0 mm, e posteriormente misturado com o adubo para então preencher os vasos.

Foram determinadas as umidades gravimétricas (U) correspondentes às tensões de 10 e 1500 kPa a partir de amostras deformadas previamente peneiradas, que após serem saturadas por um período mínimo de 12 horas, foram levadas ao extrator de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo não inferior a três dias, conforme EMBRAPA (1997). A umidade volumétrica ( $\theta$ ) para cada uma das tensões foi obtida pelo produto da umidade gravimétrica pela

densidade do solo ( $\theta = U D_s$ ). Assim, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foram de 30,0% e 18,8%, respectivamente.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características	Valores
pH	5,9
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	3
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	12
Sódio (mg/dm <sup>3</sup> )	3
Enxofre (mg/dm <sup>3</sup> )	15
Cálcio (cmol/dm <sup>3</sup> )	1,4
Magnésio (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,7
Alumínio (cmol/dm <sup>3</sup> )	0
Hidrogênio + Alumínio (cmol/dm <sup>3</sup> )	1,7
Carbono (C) (g/Kg)	5,1
Matéria Orgânica (g/Kg)	8,8
Capacidade de Troca de Cátions Efetiva – t (cmol/dm <sup>3</sup> )	2,14
Capacidade de Troca de Cátions Total – T (cmol/dm <sup>3</sup> )	3,89
Saturação por Bases (cmol/dm <sup>3</sup> )	2,14
Percentagem de saturação por bases – V (%)	55,1
Saturação por Alumínio (%)	0
Índice de saturação por sódio – ISNa (%)	0,61
Argila (%)	63
Silte(%)	5
Areia (%)	32
Densidade do solo – D <sub>s</sub> (Kg/dm <sup>3</sup> )	1,09

### 3.4 Delineamento estatístico e aplicação dos tratamentos

Os vasos foram arranjados em esquema fatorial 3x3 com delineamento experimental em blocos casualizados. Devido à época de execução do experimento, a casa de vegetação não apresentava homogeneidade quanto à radiação solar no espaço usado em seu interior, o que justificou a adoção de blocos.

Os tratamentos foram formados pela interação de dois fatores. O fator 1 foi o consumo da água até o solo manter 50%, 30% e 10% da água disponível no solo,

denominados respectivamente de nível de 50%, 30% e 10% da água disponível, e o fator 2 sendo os CLONE 1, CLONE 2 e CLONE 3, tendo quatro blocos. Segundo Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002), para culturas de maior porte, como o eucalipto, a água disponível até 50% esta na fração de água facilmente disponível (AFD). Segundo esses autores, a AFD é aquela que pode ser extraída do solo a partir do armazenamento máximo até certa porcentagem, sem que ocorra déficit hídrico na cultura.

A massa do substrato, na capacidade de campo, foi obtida para cada vaso antes da aplicação dos tratamentos, seguindo-se a metodologia utilizada por Pereira et al. (2005). O substrato foi saturado com água e coberto com um saco plástico para evitar a evaporação. Quando esses atingiram massa constante, teve-se, então, a massa do conjunto do vaso com planta e o substrato, correspondente à capacidade de campo. Subtraiu-se a massa corresponde do vaso e da planta, encontrando somente a massa de substrato, que multiplicada pela sua densidade, resultou no volume de substrato.

De acordo Bernardo, Soares, Mantovani (2006), a água disponível é aquela presente entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente; logo, o volume do substrato foi multiplicado pela diferença entre a umidade volumétrica da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, obtendo-se assim o valor da água disponível em cada vaso.

O controle dos tratamentos foi realizado através da pesagem diária dos vasos com auxílio de uma balança com precisão de dez gramas, contabilizando-se o consumo de água, até as porcentagens de cada tratamento, quando então a umidade era elevada novamente à capacidade de campo por meio de um sistema de irrigação por gotejadores com vazão de 6 L hora<sup>-1</sup>, sendo que a quantidade de água repostada era de 15% a mais da consumida.

A cada 20 dias, era obtido o peso de uma planta representativa de cada tratamento. Para isso, foram utilizadas plantas extras onde a nova massa era considerada tanto para verificar quando irrigar, quanto para o cálculo do volume da água de irrigação.

### 3.5 Caracterização do microclima e análises realizadas

O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado com sensores de temperatura e umidade (modelo CS500, marca Vaisala), radiação fotossinteticamente ativa (Sensor Quantum, modelo LI-190, marca LI-COR) e velocidade do vento (modelo 03101, marca Young), acoplados a um *datalogger* (modelo CR10-X, marca Campbell Scientific). Foram realizadas leituras a cada 10 segundos, sendo as médias armazenadas a cada 15 minutos.

O uso de sensores de radiação global do tipo placa de silício não são indicados para ambiente protegido (CAMPBELL, 1994), por isso, os dados de radiação global, necessários para o cálculo da evapotranspiração, foram obtidos da estação agrometeorológica do INMET instalada próxima ao local do experimento e os valores corrigidos segundo a equação proposta por Escobedo et al. (2007):

$$H_G^{IN} = 0,739 H_G^{EX} \quad (1)$$

em que:

$H_G^{IN}$  = radiação global do interior da casa de vegetação;

$H_G^{EX}$  = radiação global do exterior da casa de vegetação.

O saldo de radiação foi estimado em função da radiação global, conforme Bernardo, Soares, Mantovani (2006), apresentado na equação abaixo:

$$R_n = 0,77 H_G^{IN} \quad (2)$$

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da diferença entre a estimativa da pressão de saturação de vapor d'água ( $e_s$ ) e pressão parcial de vapor ( $e_a$ ), seguindo-se a metodologia proposta por Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002). Estimou-se, também, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método Pennam-Monteith – FAO 56 (ALLEN, 1998) e, ainda, calculou-se a eficiência do uso da água da produtividade (EUAp), que de acordo com Larcher (2006), é calculada pela equação:

$$EUAp = MS.LTC^{-1} \quad (3)$$

em que:

EUAp= eficiência do uso da água da produtividade, Kg m<sup>-3</sup>;

MS= matéria seca total, Kg; e

LTC= lâmina de água total consumida, m<sup>3</sup>.

Foram realizadas avaliações das seguintes variáveis: altura total das plantas, diâmetro ao nível do coleto, número de folhas, área foliar, volume de raiz, matéria seca de folhas, raiz, ramos e hastes, lâmina total consumida de água e da EUAp. Para a avaliação dos dados em altura e diâmetro usou-se o incremento em crescimento, no período da aplicação dos tratamentos.

A altura total das plantas foi medida com fita milimetrada, o diâmetro medido com auxílio de um paquímetro digital (Starrett), o número de folhas obtido por meio da contagem simples do órgão, a área foliar determinada com auxílio de integrador de área foliar de bancada (modelo Li-3100C, marca LI-COR), o volume de raiz foi obtido pela variação do volume da água, dentro de uma proveta graduada, quando se submergia a raiz, e a obtenção da matéria seca das partes das plantas através da secagem em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70° C, por 72 horas, ou até atingir massa constante.

Através do *software* ASSISTAT<sup>®</sup> versão 7.6, os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização microclimática

Na Figura 2 estão apresentados os valores diários da temperatura do ar e umidade relativa máxima, média e mínima, medidos na estação meteorológica automática, e déficit de pressão de vapor calculado, de 15 de julho a 13 de setembro de 2011.

Para o período experimental, as médias da temperatura do ar máxima, média e mínima situam-se em torno de 30°C, 22°C e 16°C, respectivamente, apresentando valores extremos de 36°C para a máxima e 10°C para a mínima. Já as médias da umidade relativa do ar máxima, média e mínima apresentam valores de 84%, 64% e 35%, respectivamente, com amplitude de 16% até 89%.

Quanto ao déficit de pressão de vapor, o valor médio está próximo a 1,00 kPa, variando desde 0,35 kPa até 1,75 kPa. Os dias de temperatura mais elevada se caracterizam com umidade relativa mais baixa e, conseqüentemente, déficit de pressão de vapor mais alto. De acordo com Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002), a variação das condições microclimáticas do ambiente faz com que a demanda transpiratória sempre seja alterada.

Xavier, (2010), estudando clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* em diferentes épocas e condições hídricas do solo, verificou que as diferentes condições climáticas, como maiores temperaturas do ar e menores umidades relativas, podem afetar ainda mais as causas da deficiência hídrica.

Na Figura 3 têm-se os valores diários para a radiação fotossinteticamente ativa, radiação global e evapotranspiração de referência, com médias iguais a 8,5 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, 13,8 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e 3,0 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011.

Verifica-se, ainda, que durante o período experimental, há uma tendência de aumento nos valores da radiação, o que poder ser explicado pela montagem do experimento na estação de inverno. Entretanto, nota-se oscilações na intensidade de radiação solar devido à ocorrência de dias com nebulosidade.

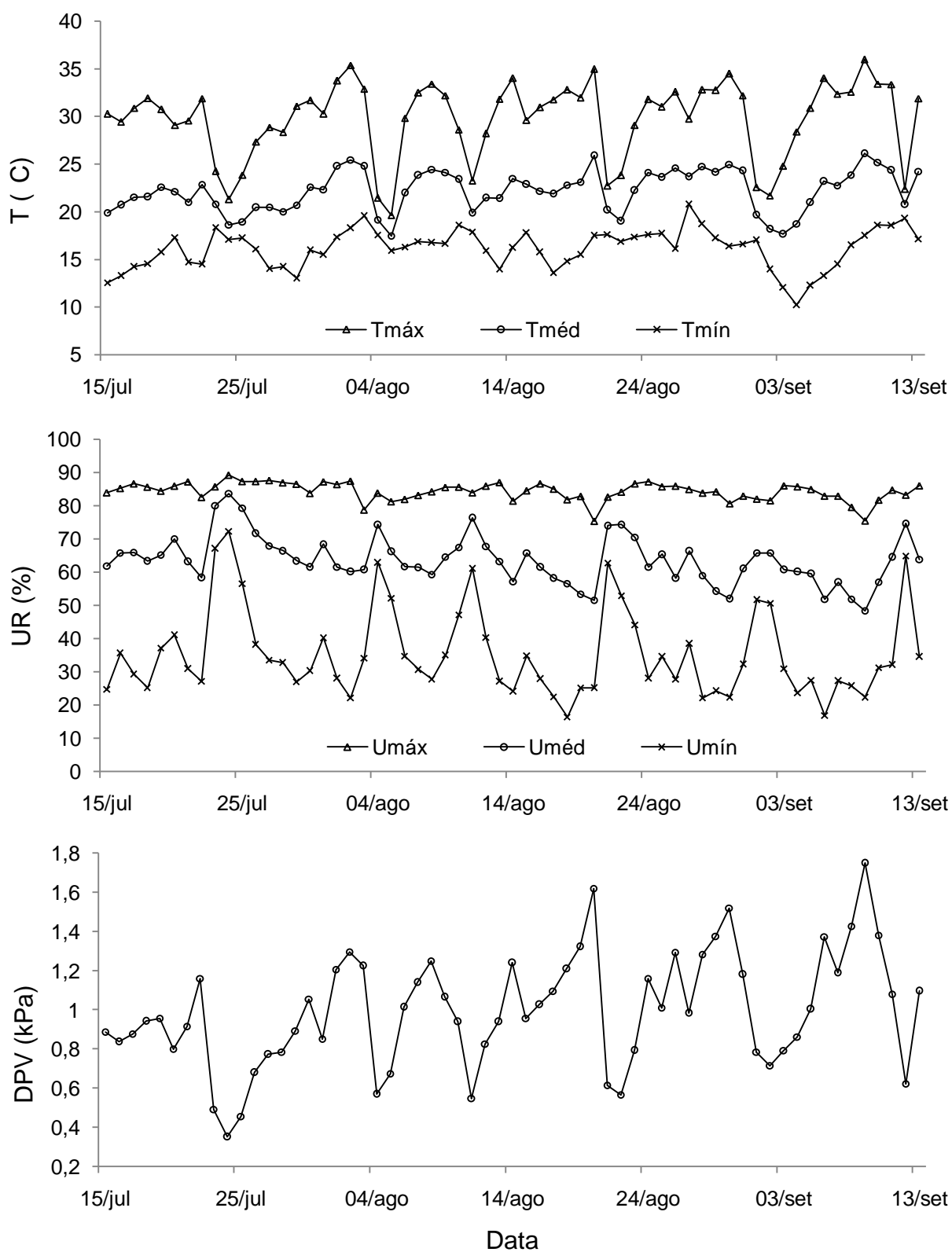


Figura 2 – Caracterização da temperatura do ar (T), da umidade relativa do ar (UR) e do déficit de pressão de vapor (DPV), em casa de vegetação, Alegre-ES, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011.

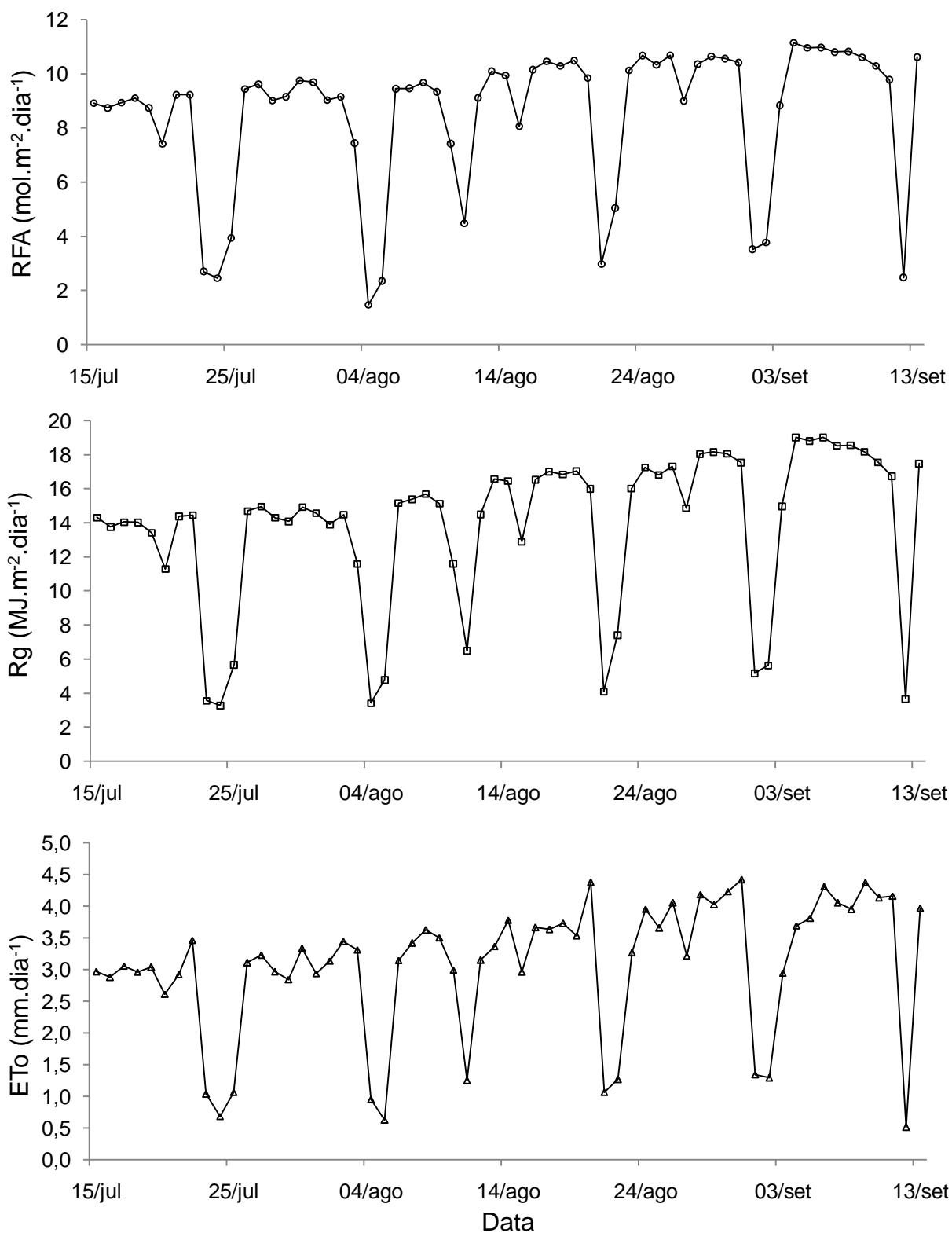


Figura 3 – Caracterização da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), da radiação global (Rg) e da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), em casa de vegetação, Alegre-ES, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011.

Foi possível verificar dias de baixa demanda transpiratória, como 12 de setembro, com  $0,51 \text{ mm dia}^{-1}$ , e dias de alta demanda, como 20 de agosto, com  $4,38 \text{ mm dia}^{-1}$ . A evapotranspiração de referência é relacionada, principalmente, com a radiação global, mas também é influenciada pela temperatura do ar e umidade relativa, uma vez que estas variáveis alteram o déficit de pressão de vapor.

Lopes (2009) estudou plantios de dez clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nos municípios de Aracruz- ES (nove meses de idade) e de Montezuma-MG (onze meses de idade), a fim de demonstrar o efeito das condições climáticas sobre o desenvolvimento e crescimento das plantas de eucalipto. O autor verificou que alguns clones obtiveram os melhores resultados em Aracruz, onde ocorreu maior precipitação aliada com as melhores condições de transpiração, o que proporcionou maior fotossíntese líquida. Logo, diferentes regiões e condições climáticas proporcionam respostas distintas às plantas.

#### **4.2 Avaliação do déficit hídrico nos três clones**

Na Figura 4 são apresentados os dados de matéria seca das plantas nos três níveis de água disponível para cada um dos clones estudados. Tanto a matéria seca total, matéria seca de raiz, matéria seca de haste e ramos quanto a matéria seca de folhas não apresentaram interação significativa entre os dois fatores, sendo, portanto estudados os efeitos de cada um isoladamente.

Para a matéria seca total (Figura 4), tanto os níveis de água disponível quanto os clones apresentam diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade. Com relação aos níveis de água disponível, o nível 50% é superior ao nível 30%, sendo este superior ao nível 10%. Nesse caso, quanto menor o nível de água disponível, menor a produção de biomassa total das plantas.

A redução média da matéria seca total dos três clones estudados é de 21% e 40% para os níveis de 30% e 10%, respectivamente, em relação à produção de biomassa das plantas com o consumo de 50% da água disponível.

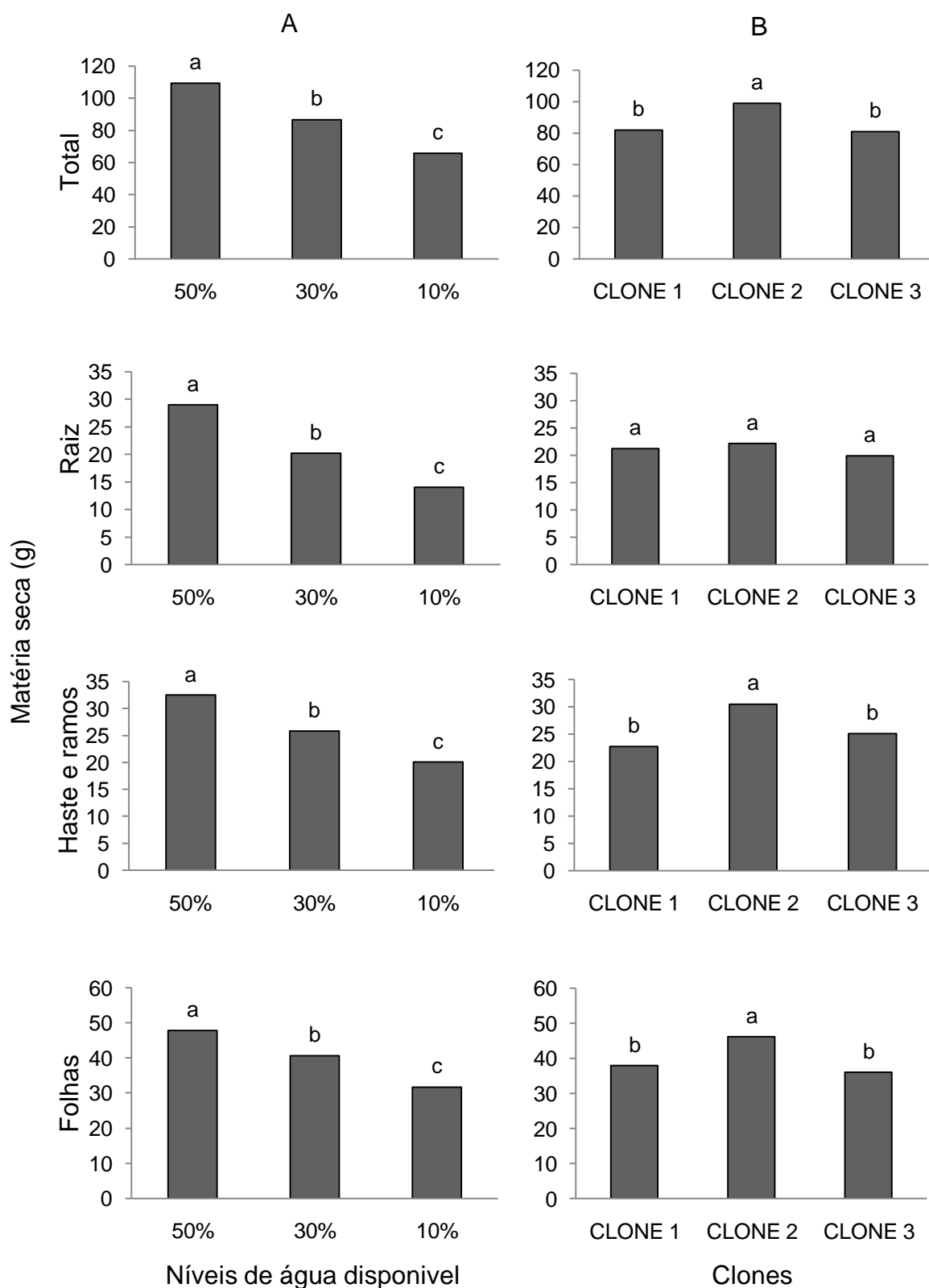


Figura 4 – Influência dos níveis de água disponível (A) e dos clones (B), aos 75 dias após transplântio, na matéria seca da planta, da raiz, de haste e ramos e da folha, em casa de vegetação, Alegre-ES. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados encontrados por Pereira et al. (2010) mostram uma redução na matéria seca total do Clone 433 de 37,55% quando submetido à umidade do solo próxima do ponto de murcha permanente em relação ao tratamento próximo da capacidade de campo, o que enfatiza a ocorrência de um maior incremento em matéria seca total de mudas de eucalipto quando estas se desenvolvem em condições sem restrição hídrica.

O fator clone para a matéria seca total apresenta o Clone 2 sendo estatisticamente superior aos clones 1 e 3, sendo que os clones 1 e 3 não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. Respostas diferentes entre clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* foram enfatizadas por diversos autores, entre eles estão Tatagiba, Pezzopane, Reis (2007), Lopes (2009) e Xavier (2010).

A análise dos dados de matéria seca de raiz (Figura 4) não apresenta diferença estatística significativa entre os três clones. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a planta apresenta maior crescimento radicular em profundidade quando submetida a déficit hídrico, contudo, o tamanho do vaso utilizado para acondicionar as mudas pode ter influenciado os resultados.

No entanto, há diferença estatística entre os níveis de água disponível para a matéria seca de raiz (Figura 4). Os níveis são diferentes estatisticamente, sendo a superioridade apresentada na ordem decrescente para os níveis 50%, 30% e 10%. Em estudo realizado por Lopes; Guerrini; Saad (2007) foi também identificado os maiores valores da matéria seca de raiz proporcional às lâminas de irrigação mais altas.

Quanto às variáveis matéria seca de haste e ramos e matéria seca de folhas, ambas apresentam diferença estatística tanto para os níveis de água disponível quanto para os clones. Para estas variáveis, quanto menor o nível de água menor a produção de biomassa. Isso é representado pela superioridade do nível 50%, observada na matéria seca de haste e ramos e das folhas (Figura 4), seguida do nível 30%, sendo este superior ao nível 10%. A avaliação dos clones demonstra que o Clone 2 é superior ao Clone 1 e Clone 3, sendo que estes não diferem estatisticamente entre si.

O incremento em matéria seca da planta ocorre devido ao carbono que não é consumido pela respiração da planta, passando, então, a ser utilizado na produção

de fotoassimilados, ou seja, apresenta valores altos de fotossíntese líquida ocasionando o crescimento vegetal (LARCHER, 2006). Dessa forma, pode-se supor que as plantas do Clone 2 alocaram mais carbono.

Com base nestes dados, pode-se inferir que a disponibilidade de água no solo abaixo de 50% reduz a produção de matéria seca em todas as partes das plantas. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a matéria seca é a variável mais apropriada para quantificação do crescimento das plantas.

Tatagiba, Pezzopane, Reis (2007) verificaram menor produção de matéria seca em todas as partes das plantas quando estas permaneciam sem irrigação, sendo que a redução no crescimento era acentuada quanto maior o tempo sob disponibilidade hídrica reduzida. Lopes, Guerrini, Saad (2007) também observaram um aumento significativo da matéria seca da parte aérea de plantas, quanto maior foi a lâmina de irrigação aplicada no estudo.

Em um estudo realizado por Silva et al. (2004) com mudas de *E. grandis* consorciados com *Brachiaria brizantha*, dentro de casa de vegetação com 70 dias de aplicação dos tratamentos, observou-se uma produção de biomassa seca total de 143,8 g e 70,9 g, respectivamente, para a faixa correspondente a 50% da água disponível, e para a disponibilidade hídrica próxima aos 10% da água disponível.

Nesse contexto, acredita-se que as plantas submetidas a baixos níveis de disponibilidade hídrica previnem-se contra a perda excessiva de água, via transpiração, com o fechamento parcial dos estômatos. O fechamento estomático, considerado um mecanismo de prevenção da desidratação, influencia o crescimento das plantas. Os principais efeitos são o decréscimo na produção de fotoassimilados, uma vez que ocorre redução da entrada de dióxido de carbono (LARCHER, 2006), bem como um acréscimo na atividade de enzimas oxidantes, decorrente da elevação da temperatura da planta, que aumentam a respiração e o consumo de fotoassimilados e, conseqüentemente, reduzem o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As variáveis área foliar e volume de raiz (Figura 5) não apresentam interação significativa entre os níveis de água disponível e os clones. Na análise isolada de cada um dos fatores, observa-se diferença significativa entre os níveis de água disponível, sendo o nível 50% superior ao nível 30% que por sua vez é superior

estatisticamente ao nível 10%. No entanto, a análise dos clones demonstra que para ambas as variáveis, os clones não diferem estatisticamente entre si.

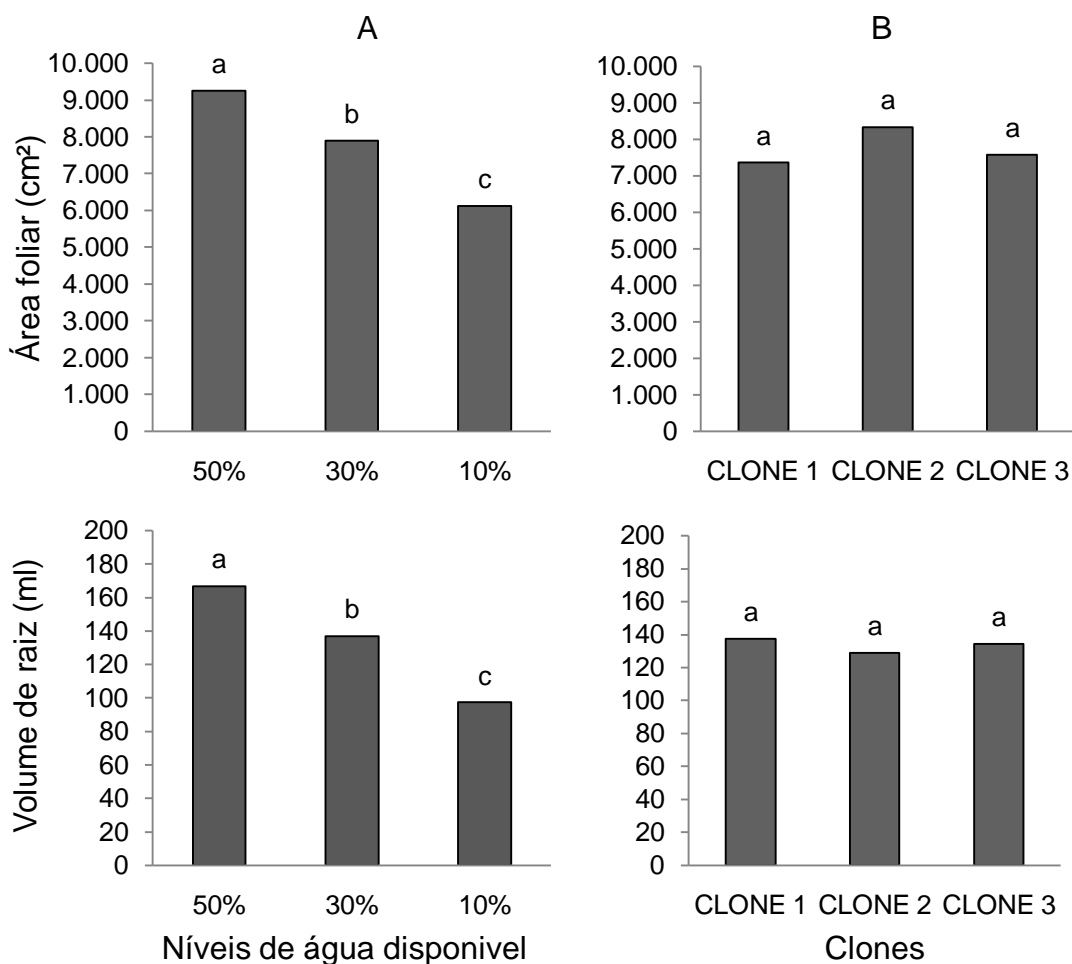


Figura 5 – Influência dos níveis de água disponível (A) e dos clones (B), aos 75 dias após transplântio, na área foliar e no volume de raiz, em casa de vegetação, Alegre-ES. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A superioridade no incremento em área foliar é um fator significativo, uma vez que a folha é o órgão responsável por realizar a fotossíntese na planta. Quanto maior a área foliar, melhor será a interceptação da radiação solar, aumentando assim a capacidade de realizar fotossíntese e, por conseguinte, favorece a produção de biomassa (CARLESSO, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006).

Segundo Taiz e Zeiger (2004) e Santos e Carlesso (1998), as principais respostas da planta ao déficit hídrico é o decréscimo de produção da área foliar, o fechamento dos estômatos, a aceleração da senescência com a abscisão das folhas, mudanças

morfológicas da folha e o maior crescimento da raiz pivotante com menor produção de raiz superficial. Tal fato esclarece o decréscimo em área foliar em 14,7% e 33,8%, e em volume de raiz de 17,95% e 41,65%, quando os níveis de água disponível foram de 30% e 10%, respectivamente, em relação ao nível de 50%.

A difusão de vapor de água pode ocorrer também através das células da epiderme e cutícula (transpiração cuticular), um caminho com resistência alta e variável entre as espécies, dependendo da espessura da cutícula (KERBAUY, 2004). Assim, embora o Clone 2 apresente semelhança na área foliar com os demais clones, este apresenta diferença significativa em matéria seca das folhas, o que pode ser atribuído para uma maior espessura cuticular.

Em condições de baixa disponibilidade hídrica, a planta diminui seu crescimento de raízes secundárias, crescendo principalmente em profundidade a procura de locais no solo com maior umidade (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Como todos os clones possuíam mesmo volume de substrato para explorar, deve ter havido impedimento do crescimento em profundidade, o que explica a semelhança dos clones tanto em volume como em matéria seca das raízes.

Pereira et al. (2010), em pesquisa com o mesmo híbrido, constataram diferenças significativas de área foliar entre os manejos hídricos aplicados em mudas aos 70 dias após o plantio, ocasionando maiores incrementos nos tratamentos sem deficiência hídrica. Resultados semelhantes foram encontrados por Tatagiba (2006), Lopes (2009) e Xavier (2010).

A altura das plantas (Figura 6) não apresenta interação significativa entre os fatores nível de água disponível e clone. A análise isolada de cada um dos fatores demonstra diferença significativa para o fator nível de água disponível, sendo o nível de 50% semelhante ao nível de 30% e superior ao nível de 10%, e ainda, o nível de 30% é semelhante ao nível de 10%. O fator clones, por sua vez, não difere estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao diâmetro do coleto (Figura 6), variável que também não apresenta interação significativa entre os fatores estudados, os clones também não diferem entre si. No entanto, há diferença estatística entre os níveis de água disponível, sendo o nível 50% superior ao nível 30%, que por sua vez é superior ao nível 10%.

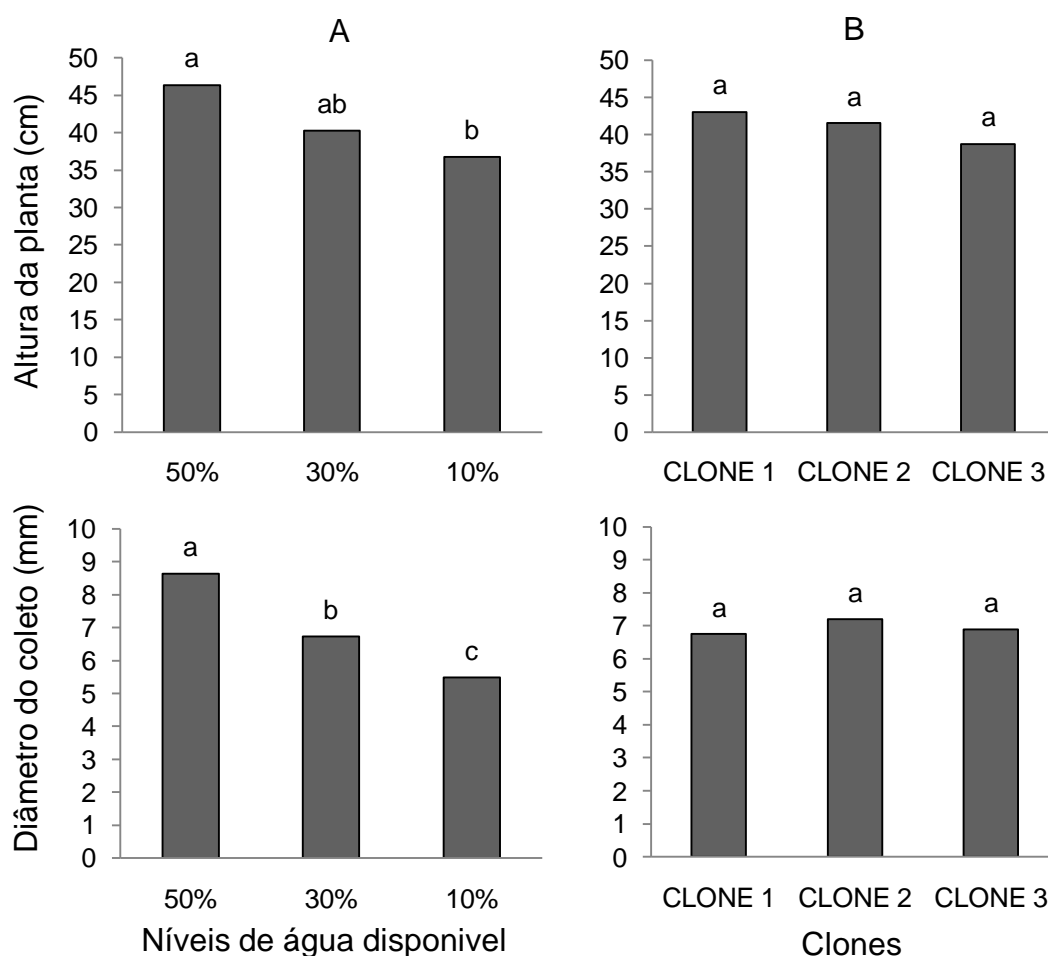


Figura 6 – Influência dos níveis de água disponível (A) e dos clones (B), 60 dias após indução dos tratamentos, no crescimento em altura da planta e no diâmetro do coleto, em casa de vegetação, Alegre-ES. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Embora a altura e o diâmetro sejam semelhantes para o fator clones, a matéria seca de haste e ramos apresenta o Clone 2 como sendo superior aos demais. Provavelmente, a superioridade deste clone no parâmetro haste e ramos pode ser explicada pela sua maior produção de ramos. Sob deficiência hídrica, as plantas passam por várias alterações, tanto morfológicas como fisiológicas, e muitos processos são complexos e ainda pouco estudados (PIMENTEL, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Vellini et al. (2008), estudando o desempenho de 18 clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes regimes hídricos, durante 75 dias, também verificaram que o crescimento

em altura foi menos afetado que o crescimento em diâmetro quando a disponibilidade hídrica para as plantas foi reduzida.

Xavier (2010), aplicando diferentes níveis de déficit hídrico no solo em dois clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, em duas épocas distintas e com duração de três meses cada, verificou diferenças estatísticas para as variáveis altura e diâmetro. Entretanto, Chaves (2001), avaliando o crescimento e as relações hídricas em clones de eucalipto, não obteve diferença estatística para estas variáveis, quando as plantas foram submetidas à deficiência hídrica, demonstrando que a duração do experimento apresenta influência sobre as mesmas.

De acordo com Gonçalves e Passos (2000), a deficiência hídrica pode influenciar diretamente o crescimento em altura e em diâmetro das plantas, restringindo a expansão celular e a formação da parede celular. Segundo Taiz e Zeiger (2004), a expansão celular, governada pela pressão de turgor, é o maior componente do crescimento vegetal.

Com relação ao número de folhas (Figura 7), a interação estatística entre os fatores é significativa, sendo estudado nesse caso, o efeito de um fator dentro do outro. Ao observar o efeito dos clones nos níveis de água disponível, verifica-se que o Clone 2, no nível 50%, é superior ao Clone 1, porém, este não difere do Clone 3. No entanto, o Clone 3 também não difere estatisticamente do Clone 1. Quanto à análise dos clones nos níveis 30% e 10% de água disponível, estes não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

A análise do efeito dos níveis de água disponível dentro de cada clone demonstra que tanto o Clone 1 quanto o Clone 3 não apresentam diferença estatística entre os níveis de disponibilidade hídrica. Para o Clone 2, o nível 50% é superior ao nível 10% e não difere do nível 30%, que por sua vez não difere estatisticamente do nível de 10%.

De acordo com Larcher (2006), a planta sob estresse hídrico, mesmo sendo este moderado, sintetiza ácido abscísico (ABA) na raiz, que é transportado para várias partes da planta, onde induz uma variedade de efeitos. O mesmo autor relata que nas folhas o ABA induz o fechamento estomático, e se o grau de desidratação

aumenta, a senescência é acelerada e as folhas mais velhas sofrem dessecação, ocorrendo a abscisão.

A abscisão foliar pode ser considerada uma estratégia de adaptação das plantas a fim de reduzir a área transpirável, evitando a perda excessiva de água (TAIZ; ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006). Esse mecanismo de tolerância pode ser observado nas plantas do Clone 2.

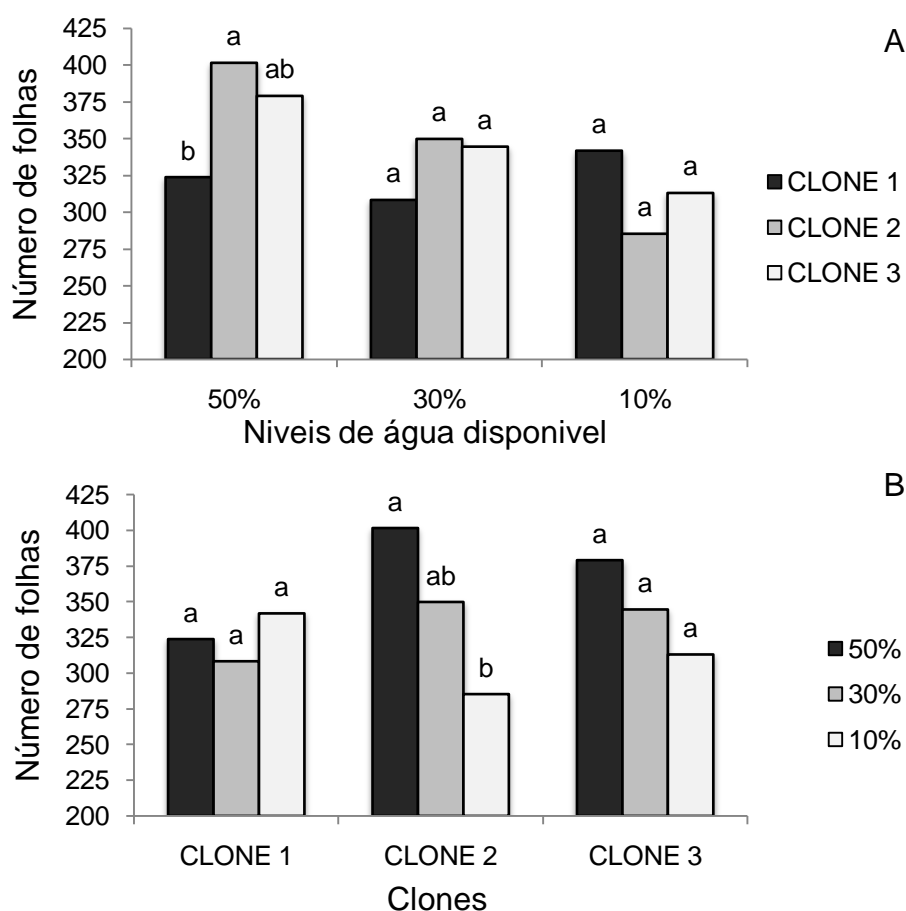


Figura 7 – Número de folhas, em função dos clones em cada nível de água disponível (A) e em função dos níveis de água disponível em cada clone (B), aos 75 dias após transplante, em casa de vegetação, Alegre-ES. Colunas agrupadas seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com base na alocação diferencial de fotoassimilados (Figura 8) nos diferentes órgãos (folhas, haste e ramos e raiz) dos três clones de eucalypto estudados, em cada nível de déficit hídrico, é possível verificar que a folha é o órgão responsável por alocar a maior parte de matéria seca da planta, seguida de haste e ramos, em todos os níveis de água disponível. Pode-se, então, inferir que no estabelecimento

inicial das mudas do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, a folha é o dreno preferencial, independente do clone avaliado e dos níveis de água disponível.

A contribuição do sistema radicular na alocação de fotoassimilados é inferior às demais partes da planta, e essa contribuição é reduzida quando a disponibilidade de água é menor. Também pode ter ocorrido influência do volume do vaso utilizado no experimento.

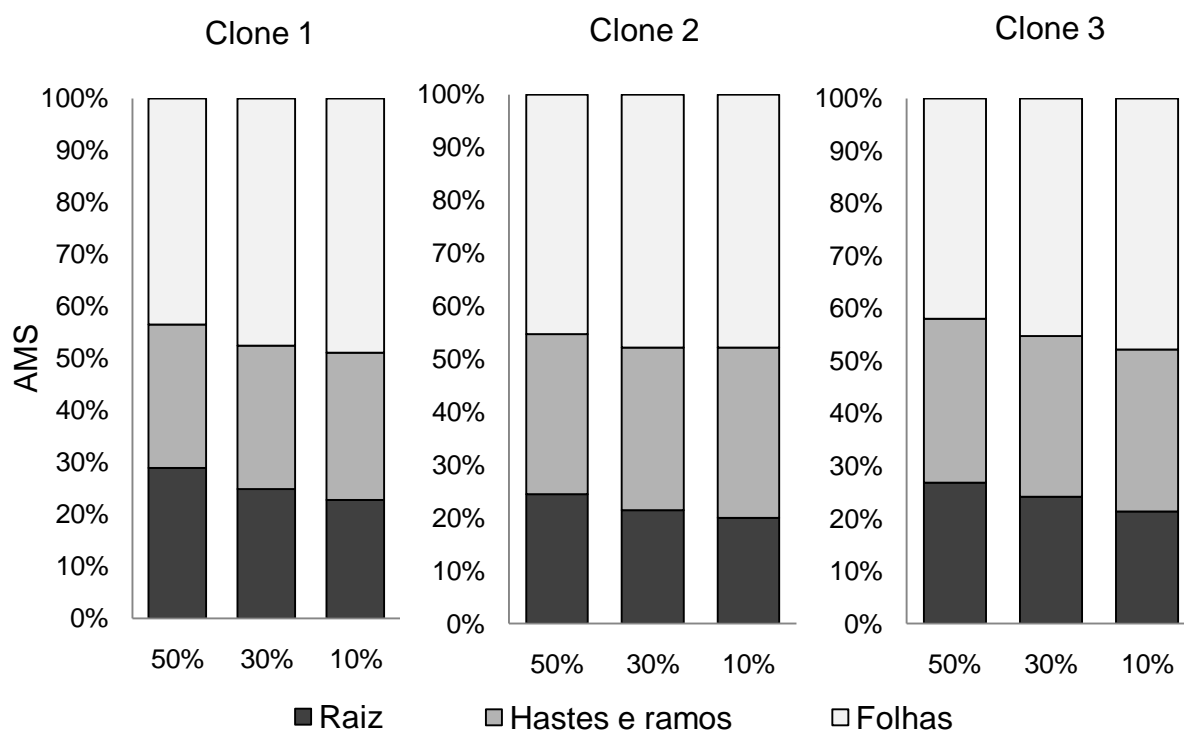


Figura 8 – Alocação da matéria seca (AMS) dos três clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função dos níveis de água disponível, aos 75 dias após transplântio, em casa de vegetação, Alegre-ES.

Tatagiba, Pezzopane, Reis (2007) também encontraram maior porcentagem de matéria seca acumulada em folhas de clones de eucaliptos estudados sem restrição hídrica. Contudo, com a aplicação da deficiência hídrica, mais fotoassimilados foram translocados para o crescimento da haste e ramos, em detrimento das folhas. Tais resultados, diferentes deste trabalho, podem ser explicados pela maior duração do experimento realizado.

A Figura 9 representa a variação semanal do crescimento em altura da planta e do diâmetro do coleto, durante o período experimental, dos clones 1, 2 e 3 nos diferentes níveis de água disponível do substrato. Tanto para a altura quanto para o

diâmetro, verifica-se uma semelhança nos valores para o início do experimento, mas com passar do tempo, os níveis com restrição hídrica fizeram com que a variação destas variáveis diminuísse.

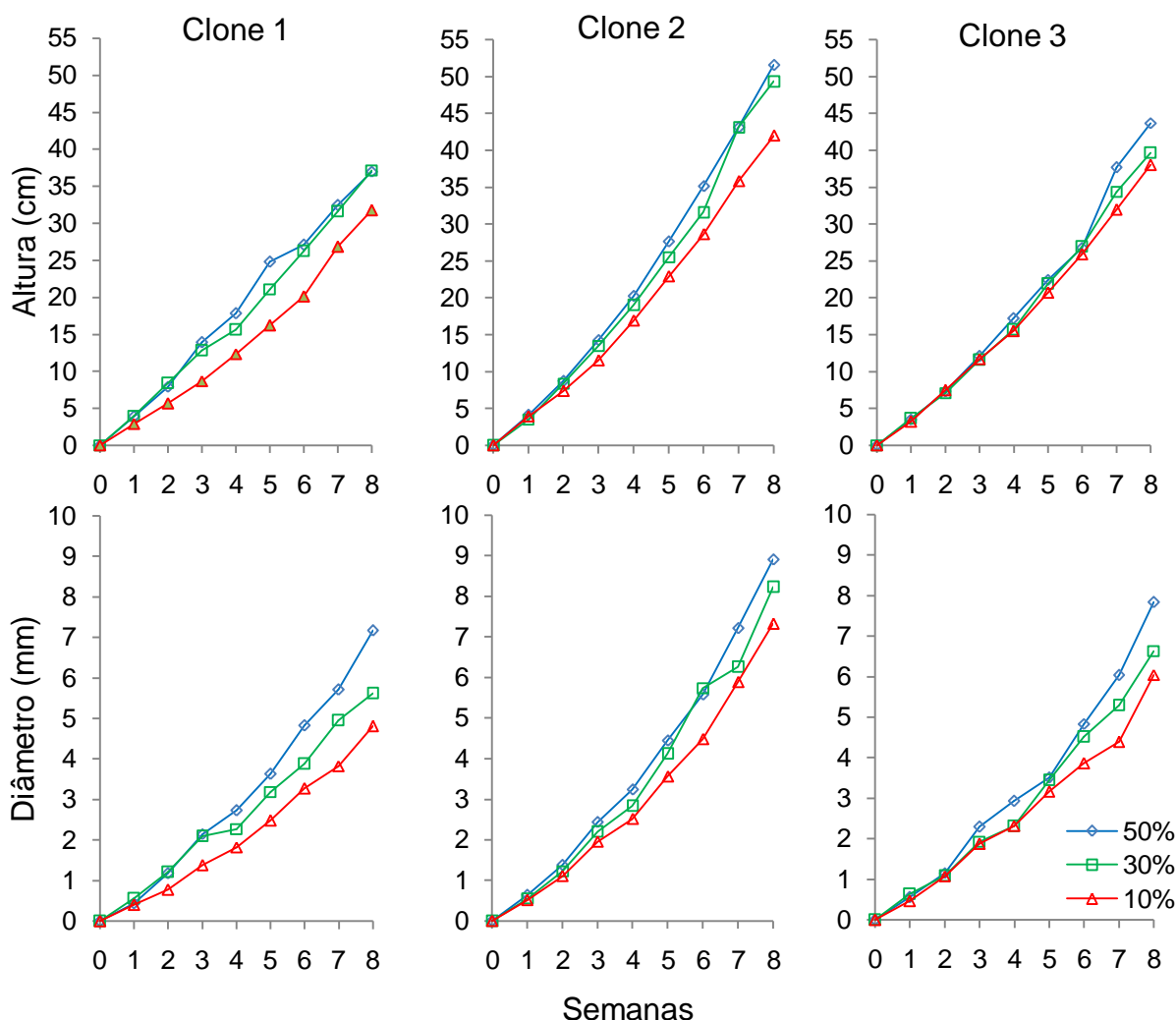


Figura 9 – Influência dos níveis de água disponível do substrato na variação semanal da altura e do diâmetro do coleto de três clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em casa de vegetação, Alegre-ES, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011.

Figueiredo et al. (2011), em pesquisa com mudas do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, avaliaram o efeito de diferentes classes de altura e diâmetro (alta, média, baixa, grossa, média e fina) no desenvolvimento inicial das plantas em campo, e verificaram, em diferentes ambientes, que as mudas com maiores alturas e diâmetros apresentaram maior crescimento inicial. Logo, pressupõem que os clones tolerantes ao déficit, mantendo o seu crescimento em altura e diâmetro, poderão ser

capazes de proporcionar melhor estabelecimento da cultura e, assim sendo, o Clone 2 apresenta tal característica.

Nas avaliações do incremento de matéria seca total, da raiz, haste e ramos e folhas dos três clones nos três níveis de água disponível (Figura 10), com intervalo de 20 dias, verifica-se novamente o efeito do déficit hídrico reduzindo o incremento em biomassa. Nesta mesma figura, o Clone 2 expressa sua superioridade aos demais clones.

No início da aplicação dos tratamentos os clones apresentam comportamento semelhante dentro dos níveis de água disponível, sendo que, no nível de 50% da água disponível, é notável como o Clone 2 apresenta melhor desempenho quando comparado aos clones 1 e 3, com incremento da matéria seca total na última avaliação cerca de 22% maior.

Com 30% da água disponível também se verifica o Clone 2 como superior aos demais clones no final do período experimental. Porém, no nível 10%, o Clone 2 apresenta comportamento semelhante aos demais clones, sendo inferior ao Clone 1 no incremento final da matéria seca da raiz.

Aparentemente, a partir da terceira avaliação, nota-se um maior incremento. Nesse mesmo período houve um aumento da radiação solar (Figura 3) e os clones apresentavam maior área foliar (Figura 12). Este fato provavelmente favoreceu a taxa fotossintética, havendo maior produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior incremento em matéria seca dos clones (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002; REICHARDT; TIMM, 2004; LARCHER, 2006).

De acordo com Angelocci (2002) e Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), maiores valores de radiação, temperatura e déficit de pressão de vapor condicionam a uma excessiva transpiração e, conseqüentemente, maior exigência hídrica da planta. Logo, as plantas em condições de déficit hídrico no solo tiveram o seu crescimento e desenvolvimento prejudicados.

Assim, no nível 30% e, principalmente, no de 10% da disponibilidade hídrica no solo, as plantas de ambos os clones encontravam-se em uma condição de estresse hídrico, o que resultou em menor desenvolvimento. Todavia, no nível 30% é possível identificar o Clone 2 como sendo o mais tolerante. No entanto, a condição de estresse severo imposta pelo nível de 10% afeta os clones de maneira similar.

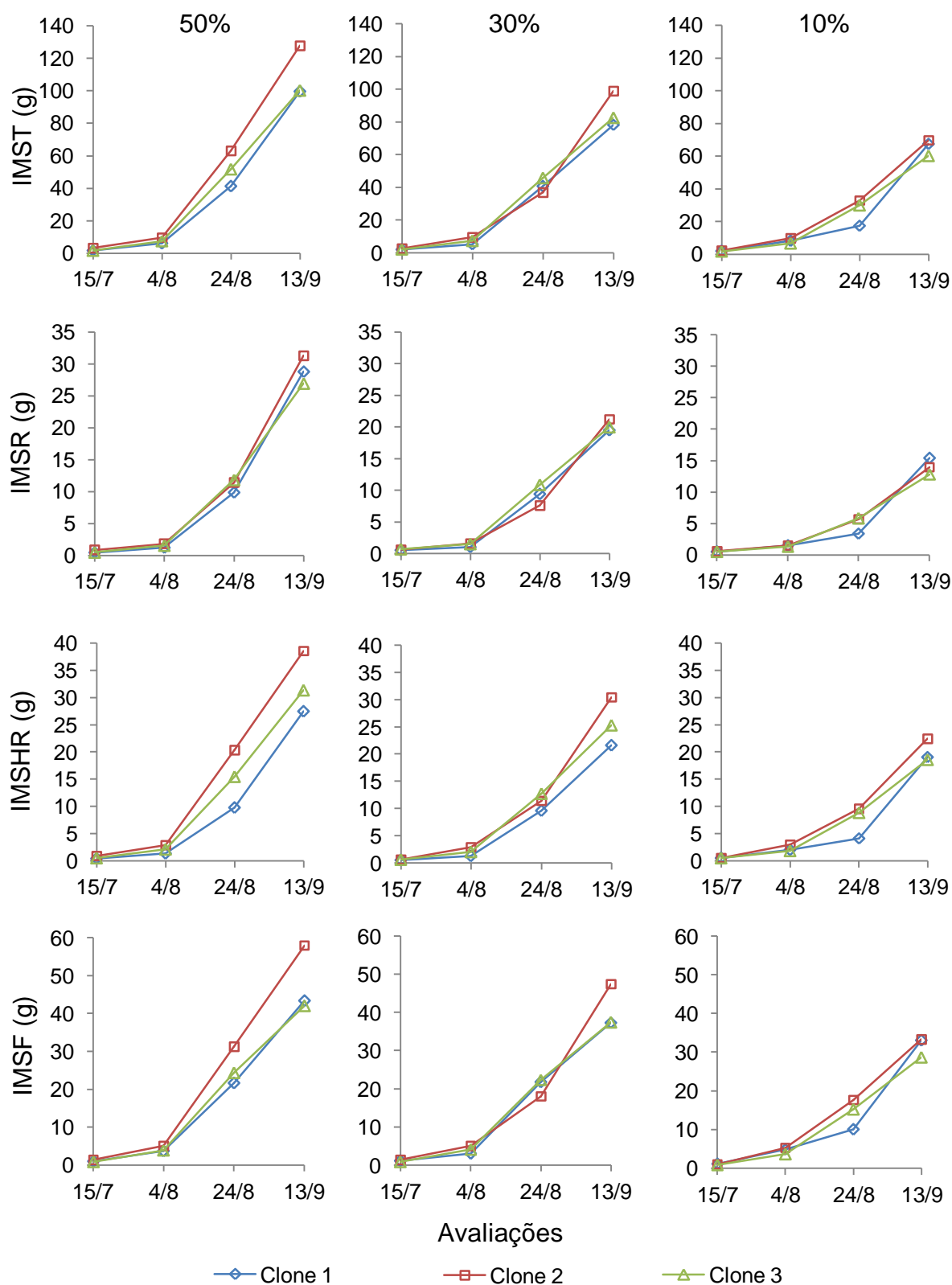


Figura 10 - Influência dos níveis de água disponível no incremento de matéria seca total (IMST), da raiz (IMSR), de haste e ramos (IMSHR) e de folhas (IMSF) para os três clones, em intervalos de 20 dias, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011, em casa de vegetação, Alegre-ES.

### 4.3 Consumo hídrico e eficiência do uso da água

A evapotranspiração total em lâmina de água, no período de 15 de julho a 13 de setembro, está apresentada na Figura 11. Esta variável não apresenta interação estatística significativa entre os fatores ao nível de 5% de probabilidade sendo, portanto, estudados isoladamente.

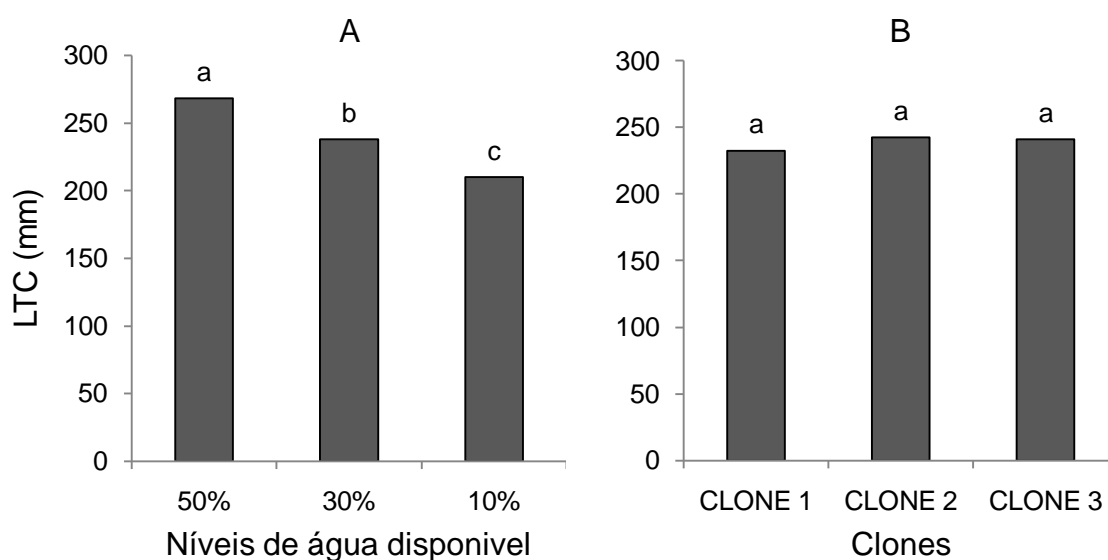


Figura 11 – Influência dos níveis de água disponível (A) e dos clones (B), aos 75 dias após transplante, na lâmina total consumida (LTC), em casa de vegetação, Alegre-ES. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com relação aos níveis de água disponível, a evapotranspiração total no nível 50% é superior ao nível 30% e este, por sua vez, é superior ao nível 10%. Assim, quanto maior a quantidade de água disponível no solo, maior o consumo hídrico total. Sendo que o nível de 50% consome 30 mm de água a mais que o nível 30%, o que corresponde a 11,2%, e consome 58,2 mm a mais em relação ao nível 10%, correspondente a 21,7%. Verifica-se, ainda, que não há diferença estatística significativa entre os clones quanto à lâmina de água total consumida.

Nesse contexto, a lâmina total consumida pelos clones em cada nível relacionada com o período experimental, demonstra que a média diária da evapotranspiração real da cultura é de 4,4, 3,9 e 3,4  $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ , respectivamente, para os níveis de 50%, 30% e 10% da água disponível.

Carneiro et al. (2008) quantificaram a necessidade hídrica em plantios clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, irrigados e não irrigados, com dois anos de idade. Os autores, através de modelos, estimaram a transpiração real, que variou de 8,6 a 4,0 mm dia<sup>-1</sup> e de 6,2 a 3,5 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para o tratamento irrigado e não irrigado. Esses resultados demonstram que mesmo em condição experimental diferente, os valores de evapotranspiração real da cultura, de acordo com algumas épocas, apresentaram valores semelhantes ao encontrados neste trabalho.

Considerando os valores médios de evapotranspiração real da cultura, nos três níveis estudados, e sabendo que os clones apresentam consumo estatisticamente semelhante, é possível observar na Figura 12 a frequência média em dias durante o experimento, em que se realizavam as irrigações. Nota-se que para realizar a irrigação do nível 50%, é necessário em média quatro dias, já para o nível de 30% esse período aumenta em dois dias, e por último, o nível de 10% necessita de nove dias de intervalo entre as irrigações.

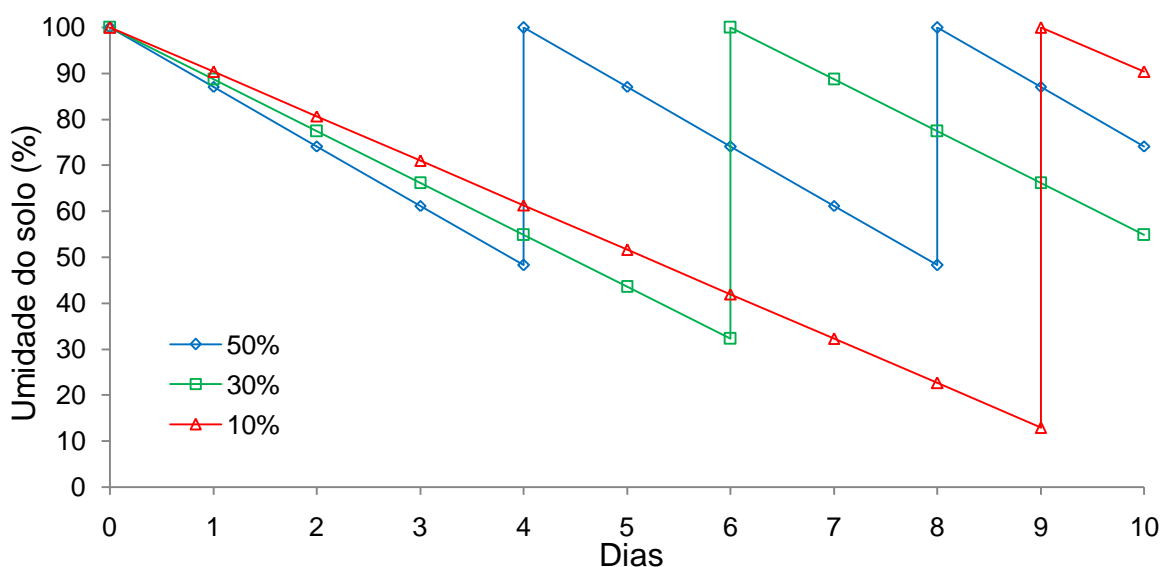


Figura 12 – Frequência média em dias do intervalo de irrigação dos clones para os três níveis de água disponível, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011, em casa de vegetação, Alegre-ES.

Embora cada nível do fator água disponível tivesse consumo de água diferente, a quantidade de água repostada também era diferente, ou seja, era repostada 50%, 70% e

90% da água disponível, respectivamente, para os níveis de 50%, 30% e 10%, e assim, o consumo deveria ser igual. Porém, isso não ocorre, demonstrando que há mecanismos de prevenção de perda de água.

Uma vez que a água disponível até 50% está considerada como faixa de água facilmente disponível (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), supõe-se então, que os clones neste nível não encontraram restrição para absorvê-la e, assim, quando havia maior evapotranspiração, as plantas conseguiam repor a água perdida sem ter que usar de algum mecanismo de prevenção de desidratação.

Já nos níveis de 30% e 10%, mecanismos de tolerância, como fechamento estomático e até a produção de ácido abscísico, provavelmente ocorreram (LARCHER, 2006). As plantas, ao usar de algum mecanismo de prevenção à desidratação, têm um consumo hídrico menor, uma vez que estão evitando a perda da água. Logo, o tempo necessário para atingir o nível de irrigação é maior, implicando em menor frequência de reposição da água.

Na Figura 13 é apresentada a influência dos níveis de água disponível no comportamento temporal da lâmina consumida acumulada e no incremento da área foliar. Observa-se um incremento nos valores tanto da lâmina consumida acumulada quanto da área foliar durante o período experimental. Nota-se nestas variáveis que valores maiores desse incremento ocorrem no nível de 50%, seguido do nível 30%, e por fim do nível 10%, sendo que o incremento em área foliar acompanha o aumento da lâmina acumulada.

Considerando que com até 50% da água disponível os clones não sofrem restrição à absorção de água (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), o déficit causado pelos níveis de 30% e 10% da água disponível por sua vez restringem o aumento em área foliar, evitando a perda de água e ocasionado menores consumos.

Assim, o desenvolvimento das plantas é favorecido com o aumento da disponibilidade hídrica, sendo que as mesmas têm mais área foliar para interceptar a radiação solar, favorecendo a fotossíntese, resultando em maior produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, o consumo hídrico também aumenta devido à demanda transpiratória.

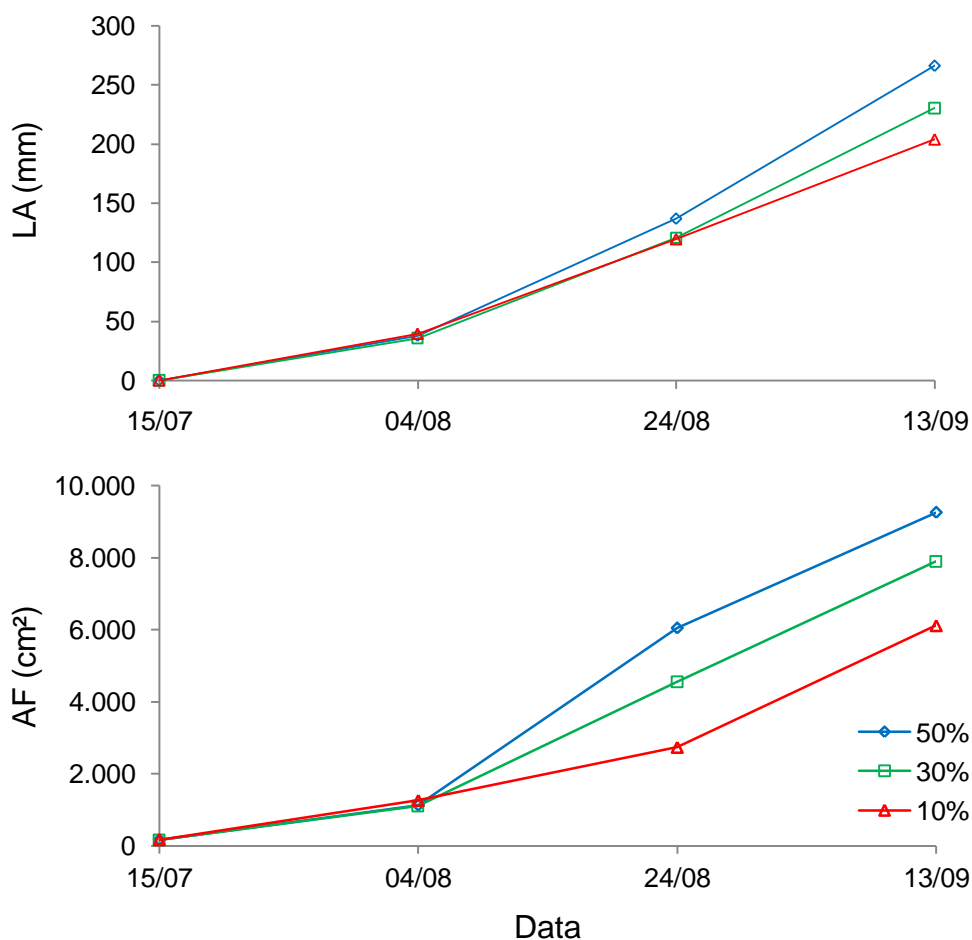


Figura 13 – Influência dos níveis de água no comportamento temporal da lâmina acumulada (LA) e do incremento da área foliar (AF) em intervalos de 20 dias, no período de 15 de julho a 13 de setembro de 2011, em casa de vegetação, Alegre-ES.

Com relação à eficiência do uso da água (Figura 14), influenciada pelos níveis de água disponível e pelos clones, verifica-se que a interação entre os fatores não é significativa ao nível de 5% de probabilidade, tendo-se estudado, assim, os fatores separadamente. Ao analisar os níveis de água disponível, verifica-se que o nível de 50% é superior ao nível 30%, e este superior ao nível 10%.

Quando analisado o efeito dos clones, encontra-se o Clone 2 como superior aos clones 1 e 3, que não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade. Nesse caso, em condições de restrição hídrica, o Clone 2 é menos penalizado, uma vez que a maior EUAp indica que este clone consegue maior assimilação de dióxido de carbono e, assim, produzir mais matéria seca por unidade de volume de água consumida.

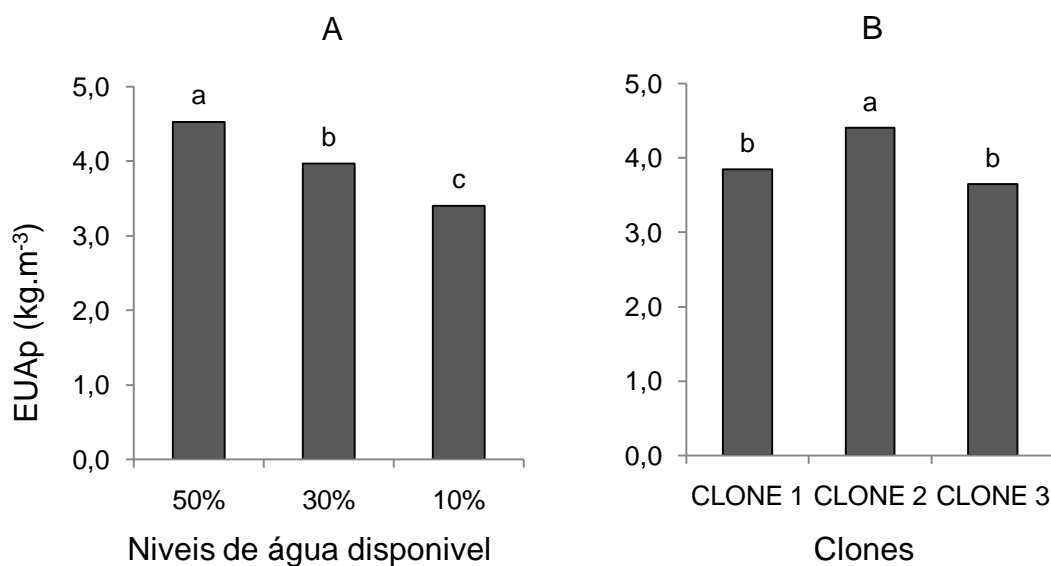


Figura 14 – Influência dos níveis de água disponível (A) e dos clones (B), aos 75 dias após transplante, na eficiência do uso da água da produtividade (EUAp), em casa de vegetação, Alegre-ES. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Stape et al. (2004), trabalhando com aplicação de irrigação em híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* durante dois anos, a partir de três anos de idade, obtiveram valores de produção de madeira por água transpirada variando de 1,8 Kg m<sup>-3</sup> para as plantas não irrigadas no ano de pluviosidade normal, até 3,8 Kg m<sup>-3</sup> no ano atípico com maior pluviosidade para as plantas irrigadas. Assim, é possível dizer que melhores condições de disponibilidade hídrica, para os clones estudados, apresentam também, melhor eficiência no uso da água.

De acordo com Larcher (2006), a necessidade do consumo de água para cada unidade de matéria seca produzida depende de cada espécie ou variedade vegetal e do estágio de desenvolvimento, das condições ambientais e, sobretudo, da disponibilidade hídrica e da capacidade de evaporação do ar. O autor ainda relata que conhecendo a eficiência no uso da água da produtividade, torna-se possível o manejo exato da irrigação para espécies cultivadas em lugares secos e a seleção de espécies e variedades apropriadas.

As plantas com melhores EUAp apresentam maior eficiência em resistir a períodos de deficiência hídrica, e também demonstra a sua capacidade em produzir matéria seca em uma taxa de reduzida perda de água por transpiração (LARCHER, 2006).

Então, o Clone 2 apresenta essa eficiência em comparação aos demais clones em estudo.

Assim como no trabalho de Stape et al. (2004), os avanços nas pesquisas da eficiência do uso da água em eucalipto têm evidenciado que o gênero *Eucalyptus* apresenta mecanismos fisiológicos que regulam a absorção e a perda de água, influenciando de maneira direta e favorável a produtividade florestal. Dessa forma, o uso da EUAp potencializa a seleção dos melhores genótipos adaptados às condições adversas do clima.

## 5 CONCLUSÃO

A restrição hídrica imposta a partir de 50% causa estresse nos clones em magnitudes diferentes.

O Clone 2, no período experimental deste estudo, mostra-se superior aos demais clones estudados na maioria dos resultados, caracterizando-se como o mais tolerante a deficiência hídrica. A redução média da matéria seca total dos três clones estudados é de 21% e 40% para os níveis de 30% e 10%, respectivamente, em relação à produção de biomassa das plantas submetidas a 50% da água disponível.

A eficiência do uso da água na produtividade é maior quando se utiliza o nível de 50% da água disponível. Entre os clones em estudo, o Clone 2 apresenta a melhor eficiência no uso da água.

O Clone 2 é, portanto, o mais indicado para plantios em locais que apresentam condições tanto de alta como baixa disponibilidade hídrica, ou ainda, distribuição irregular da chuva, devido a sua maior eficiência no uso da água.

## 6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 392p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; LOPES, R. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Características morfológicas do capim-elefante "Napier" adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 150-159, 2005.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: L. R. Angelocci, 2002. 272p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª edição. Viçosa. Editora UFV. , 2006, 625p.

BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Relatório anual 2009/2010**. Março de 2011. Disponível em: < <http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/rel2009.pdf> > Acesso em: Out de 2011.

Campbell Scientific Inc. **Instrucion Manual LI200 Pyranometer**, 1994, 6p.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extrível e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188, 1995.

CARNEIRO, R. L. de C.; RIBEIRO, A.; HUAMAN, C. A. M. y; LEITE, F. P.; SEDIYAMA, G. C.; NEVES, J. C. L. Consumo de água em plantios de eucalipto: Parte 2 Modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigados e não irrigados. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.11-18, 2008.

CHAVES, J. H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Viçosa: UFV, 2001. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CHAVES, J. H.; REIS, G. G. dos; REIS, M das. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: Relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 333-341, 2004.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. **Acta Amazonica**, v. 30, n.3, p. 349-362, 2000.

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

ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; PETRINI, F. L.; OLIVEIRA, A. P. de; SOARES, J. **Radiação global, difusa, PAR-global e PAR- difusa em ambiente protegido com polietileno.** In: I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza, 8 a 10 de abril de 2007.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 94).

FERREIRA, M. Adaptação de *Eucalyptus* spp. e limitações na obtenção de sementes. **SérieTécnica IPEF**, Piracicaba, v.3, n.10, p.1 – 32.1982.

FIGUEIREDO, F. A. M. M de. A.; CARNEIRO, J. G de. A.; PENCHEL, R. M.; BARROSO, D. G.; DAHER, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.01-11, 2011.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

GALZERANO, L.; MORGADO, E. Eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista electrónica de veterinária.** Espanha, vol. IX, nº3, 2008.

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

GONZÁLES, A. P.; ALVES, M. C. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um Cambissolgleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n. 1, p, 45-50, 2005.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** Editora: Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 2004. 452 p.

LANG, D. Z.; BOTREL, M. C. G. Desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill exMaiden em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 1, n. 1, p. 107-117, 2008.

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

LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996. 301 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**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LOPES, T. S. **Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas.** 2009. 117 f. Dissertação. (Mestrado em Produção

Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil** – Eucalypt Cultivation in Brazil. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo. 2000. 112p.

MORI, E. S, KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interação progênies X locais em *Eucalyptus urophylla*. **IPEF**, Piracicaba, v.39, p.53-63, 1988.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas à déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.75-87, 2001.

NOVAES, A. B. **Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 116 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. EMBRAPA-SAE, Brasília, 1991. p. 189-254.

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

PEREIRA, J. R. D.; CARVALHO, J. de A.; MIGUEL, D. S.; SANTANA, M. J. de. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n.3, pp. 651-659. 2005.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F. de; RODRIGUES, A. C. P.; MELHORANÇA FILHO, A. L.; KLAR, A. E. Growth analysis of clone eucaliptus under hydric stress. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 98-110, 2010.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5º aproximação**. Vitória, ES: SEEA/ INCAPER/ CEDAGRO, 2007. 305p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, N. A.; OLIVEIRA, C. H. R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v. 30, p.921-931, 2006.

RIBEIRO, A.; PAIVA, Y. G.; EVANGELISTA, R. C.; ALMEIDA, A. Q.; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. A.; HAMAKAWA, P. J.; SILVA, M. P. **Eucalipto**. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.). Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília, DF: INMET, 2009. p.407-424.

RODRIGO, V. H. L. Ecophysiological factors underpinning productivity of *Hevea brasiliensis*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, Dec. 2007.

SANTOS, A. F. dos; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JUNIOR., A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil**: identificação e controle. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 45).

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

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.1-6, 1999.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com a braquiária. **Floresta**, v. 34, p. 325-335, 2004.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; GOMES, A do. N. Water use, water limitation, and water use efficiency in a *Eucalyptus* plantation. **Bosque**, Valdivia, v. 25, n. 2, p. 35-41, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 3. ed., 2004. 719p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; DARDENGO, M. C. J. D. T.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, v.13, n. 2, p. 149-159, 2007.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2006. 128 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

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.

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. de. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 32, p. 651-663, 2008.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S. de; SANTOS, A. R. dos; SANTOS SILVA, J. dos. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis: EDUFMA, 2010. 230p.

WILLIAMS, J.; WOINARSKI, J. **Eucalypt Ecology**: Individuals to Ecosystems. Cambridge University Press.1997. 430p.

WOLSCHICK, D.; MARTINEZ, M. A.; FONTES, P. C. R.; MATOS, A. T. de. Implementação e teste de um modelo mecanístico de simulação do crescimento e

desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 271-278, 2007.

XAVIER, T. M. T. **Efeito da restrição hídrica no crescimento de mudas de Eucalipto**. 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal. Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.