

SANDRO BATISTA SANTOS RODRIGUES

ANÁLISE DO USO DE ÁGUA EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE MUDAS  
DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R696a  
2007

Rodrigues, Sandro Batista Santos, 1980-  
Análise do uso de água em unidades de produção de  
mudas de eucalipto / Sandro Batista Santos Rodrigues.  
– Viçosa, MG, 2007.  
xi, 93f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Everardo Chartuni Mantovani.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Eucalipto - Mudanças - Produção. 2. Eucalipto - Mudanças  
- Água - Uso. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.923232

SANDRO BATISTA SANTOS RODRIGUES

ANÁLISE DO USO DE ÁGUA EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE MUDAS  
DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de outubro de 2007.

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Co-Orientador)

---

Prof. Rubens Alves de Oliveira  
(Co-Orientador)

---

Prof. Márcio Mota Ramos

---

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama

---

Prof. Everardo Chartuni Mantovani  
(Orientador)

À minha esposa, Marcelle, com quem  
compartilho a grande aventura de viver.  
Às minhas queridas filhas, Giovanna e Ana Clara, fontes de  
esperança e felicidade proporcionadas a cada dia.

## OFEREÇO

Aos meus pais, João Batista e Maria Inez,  
fontes de compreensão, carinho e amor.

À minha irmã, Daniela, pelo amor e carinho.  
À minha irmã, Daliane –  
dom de ser criança.

## DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por guiar meus passos, por tudo que proporcionou em minha vida, por tudo que aprendi, pelos valores que guardei e pelas vitórias que conquistei.

À minha maravilhosa família, meu esteio nos momentos difíceis e exemplo de união, companheirismo e amor, por tudo.

À minha esposa, pelo amor, carinho, pela compreensão e pelo companheirismo.

Aos meus tios Adilson e Sandra, pelo incentivo, pelo apoio sem medidas, pelo carinho e pelo acolhimento.

Ao Professor Everardo Mantovani, pela confiança, pela orientação, pela amizade e pelos ensinamentos que auxiliaram a minha formação profissional e pessoal.

Aos meus co-orientadores Haroldo Nogueira de Paiva e Rubens Alves de Oliveira, pelas sugestões e pela especial atenção.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, e aos demais professores desse Departamento, pela oportunidade, pela capacitação e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola José Mauro, José Galinari, Marcos Magalhães, Francisco e Edna Soares, pela imensa dedicação e por estarem sempre dispostos a ajudar.

Aos meus colegas do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, pela amizade e pelo companheirismo na busca pelo aprendizado.

Aos meus companheiros do Grupo de Estudos e Soluções para a Agricultura Irrigada (GESAI), pela colaboração e amizade.

Aos meus companheiros da república “The Compositores” Agnaldo, Bruno Rebouças, Bruno Carneiro, Grilo, Rodrigo Charnet, Zumbi e todos os “agregados”, pelo convívio diário e pela amizade verdadeira.

Aos meus amigos do “1732” Adinan, Agmar, Arlindo, Bruno, Eugênio, Glauco, Laércio, Reynaldo (em memória), Rodrigo e Wolly, pela amizade, pelas alegrias e pelo exemplo de determinação e coragem... formamos uma verdadeira família.

Aos meus demais colegas e amigos, por terem tornado a cidade de Viçosa mais agradável e acolhedora.

À empresa Irriger e aos meus colegas de trabalho, pela amizade e pelos ensinamentos.

À Companhia Agrícola Florestal, por permitir a realização deste trabalho, cedendo espaço e apoiando-me financeiramente.

Ao gerente de desenvolvimento Augusto Valência Rodriguez, pela oportunidade, pela confiança e pelos ensinamentos.

Aos encarregados dos viveiros Gilson Brandão, Gilson Ribeiro e Rômulo e aos demais funcionários, pela amizade e pelo auxílio na coleta dos dados da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

SANDRO BATISTA SANTOS RODRIGUES, filho de João Batista Rodrigues e Maria Inez dos Santos Rodrigues, nasceu em 13 de dezembro de 1980, em Piumhi, MG.

Em março de 2000, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em janeiro de 2005.

Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Engenharia Agrícola – área de Recursos Hídricos e Ambientais da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em outubro de 2007.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
1.1. Importância econômica .....	1
1.2. Propagação .....	3
1.3. Recipientes .....	4
1.4. Substratos .....	4
1.5. Qualidade das mudas .....	5
1.6. Fatores Ambientais.....	5
1.7. Etapas da produção .....	6
2. REFERÊNCIAS.....	12
CAPÍTULO 1 .....	14
DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM VIVEIROS FLORESTAIS .....	14
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
2.1. Caracterização do local .....	18
2.2. Consumo de água .....	19
2.3. Avaliação dos sistemas de irrigação .....	19



	Página
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	21
4. CONCLUSÕES .....	29
5. REFERÊNCIAS .....	30
CAPÍTULO 2 .....	32
ESTUDO DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DE MUDAS DE EUCALIPTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS .....	32
1. INTRODUÇÃO .....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	38
2.1. Caracterização do local .....	38
2.2. Determinação do coeficiente da cultura – Experimento de lâminas ....	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41
4. CONCLUSÕES .....	47
5. REFERÊNCIAS .....	48
CAPÍTULO 3 .....	51
EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO .....	51
1. INTRODUÇÃO .....	51
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	57
4. CONCLUSÕES .....	64
5. REFERÊNCIAS .....	65
CAPÍTULO 4 .....	68
EFEITO DE SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO .....	68
1. INTRODUÇÃO .....	68
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	74
4. CONCLUSÃO .....	91
5. REFERÊNCIAS .....	92

## RESUMO

RODRIGUES, Sandro Batista Santos, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2007. **Análise do uso de água em unidades de produção de mudas de eucalipto.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Co-Orientadores: Haroldo Nogueira de Paiva e Rubens Alves de Oliveira.

Esta pesquisa foi desenvolvida nas unidades de produção de mudas da Companhia Agrícola Florestal Santa Bárbara Ltda. (CAF), nos Municípios de Dionísio e Martinho Campos, em Minas Gerais, no período de julho de 2004 a dezembro de 2006. Objetivou a determinação das necessidades hídricas das mudas de eucalipto, a avaliação dos sistemas de irrigação e a apresentação de alternativas para o manejo da irrigação e de propostas para otimização do consumo de água. No estudo, diagnosticou-se o consumo de água do viveiro e realizaram-se avaliações dos sistemas de irrigação, visando à determinação e adequação das condições de funcionamento, com medições de pressão, vazão, lâmina e uniformidade de distribuição de água em cada setor. O consumo de água nos viveiros florestais estudados é elevado, chegando a  $592 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ , para a produção de 12 milhões de mudas ao ano. Os dois viveiros mostraram grande potencial de redução no consumo de água. Nos minijardins clonais, o volume drenado (excesso) por canaletão é de aproximadamente  $200 \text{ L d}^{-1}$ , cerca de 40% do total aplicado. Nas avaliações de uniformidade, encontrou-se grande variação quanto aos valores de CUC para as mangueiras avaliadas, alternando entre valores considerados inaceitáveis e

excelentes. As praças de crescimento e rustificação são responsáveis por aproximadamente 70% do consumo total de água do viveiro, setor esse que apresenta mais de 80% de perdas. Instalou-se um experimento para determinação do coeficiente da cultura ( $K_c$ ). A  $E_{To}$  foi estimada pelo Irrigâmetro, no intervalo entre duas irrigações consecutivas, sendo o valor diário aferido pelo método de Penman-Monteith. A  $E_{Tc}$  foi considerada como a lâmina aplicada pelos aspersores, pelo tratamento que proporcionou melhor desenvolvimentos das mudas. Dessa forma, a eficiência da irrigação foi englobada no coeficiente determinado. Concluiu-se ser necessária a aplicação de aproximadamente 257% da evapotranspiração de referência para o bom desenvolvimento das mudas. O Irrigâmetro apresentou grande potencial para uso em sistemas de alta frequência de irrigação, como nos viveiros florestais. Avaliou-se o efeito da adição de um polímero hidroabsorvente sobre as características físicas do substrato, bem como a sua interação com diferentes lâminas de irrigação, sobre o desenvolvimento de mudas de eucalipto em tubetes. Observou-se que a adição de hidrogel misturado ao substrato aumentou a capacidade de retenção de água até a dosagem de  $8 \text{ g dm}^{-3}$ . O aumento máximo foi de aproximadamente 33%. O uso do hidrogel não afetou o enraizamento e apresentou potencial para uso na produção de mudas. A maior altura das plantas foi observada na combinação de 500 mg do hidrogel Hidroplan-EB com a lâmina de irrigação de 12 mm. Em um experimento com seis diferentes composições de substratos, observou-se potencial de redução de água com o emprego de substratos com maior capacidade de retenção. No entanto, estes apresentaram menor capacidade de aeração, o que pode afetar o potencial de enraizamento das mudas e prejudicar seu desenvolvimento inicial, dependendo do manejo adotado na casa de vegetação. O desenvolvimento das mudas foi influenciado pela fase de enraizamento, quando não houve diferenciação hídrica. Contudo, foi observado que, sob a menor lâmina ( $7,6 \text{ mm d}^{-1}$ ), os sintomas de estresse hídrico foram maiores no tratamento com substrato-padrão.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Sandro Batista Santos, M. Sc., Universidade Federal Viçosa, October 2007. **Analysis of water use in units of eucalyptus seedling production.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Co-Advisers: Haroldo Nogueira de Paiva and Rubens Alves de Oliveira.

This study was carried out in the seedling production units belonging to CAF (Santa Barbara Ltda - Agro-forestry Company), in the Municipal districts of Dionísio and Martinho Campos, Minas Gerais, from July 2004 to December 2006. The objectives of the study were to determine the water needs of eucalyptus seedlings, evaluate the irrigation systems and present alternatives for irrigation management and proposals for optimization of water consumption. This study carried out the assessment of water consumption in the nursery and evaluations of the irrigation systems for determination and adaptation of the operation conditions by measuring pressures, flow rates, depth of irrigation and uniformity of water distribution for each sector. The water consumption in the studied forest nurseries is high, reaching  $592 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  for the production of 12 million seedlings a year. The two nurseries showed great potential for reduction in water consumption though. In the mini clonal-gardens, the excess volume drained by drainage canals is approximately  $200 \text{ L d}^{-1}$ , about 40% of the total applied. In the evaluations of uniformity, a large variation in CUC values was found for the tested hoses, alternating between values considered as either unacceptable or excellent. The growing and hardening areas are

responsible for approximately 70% of the total water consumption in the nursery, this sector suffers more than 80% in losses. Another experiment was set up to determine the crop coefficient ( $K_c$ ).  $ET_o$  was estimated by using an Irrigameter in the interval between two consecutive irrigations, and the daily value measured by the Penman-Monteith method.  $ET_c$  was considered as the water depth applied by the sprinklers for the treatment that provided the best seedling development. In this way, the efficiency of irrigation was included in the determined coefficient. It was found that the application of approximately 257% of the reference evapotranspiration is needed for a good development of seedlings. The use of the Irrigameter showed a great potential for systems of high irrigation frequency, such as forest nurseries. The effect of addition of a hydroabsorbent polymer on the physical characteristics of the substrate as well as the interaction with different irrigation depths were evaluated on the development of eucalyptus seedlings in tubettes. Hydrogel mixed with the substrate increased the water retention capacity up to the dose of  $8 \text{ g dm}^{-3}$ . The maximum increase was approximately 33%. The use of hydrogel had no effect on rooting and showed great potential for seedling production. Highest plants were obtained with the combination 500 mg of Hidroplan-EB with 12 mm irrigation depth. In an experiment with six different substrate mixtures, the greatest potential for water reduction was found for substrates with higher retention capacity. However, these substrates had lower capacity of aeration, which could affect the potential for rooting and harm the initial development depending on the greenhouse management. Seedling development was influenced by the rooting phase, when there was no water differentiation. However, under the smallest depth ( $7.6 \text{ mm d}^{-1}$ ), the symptoms of water stress were more severe for the treatment with standard substrate.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1. Importância econômica

Nos últimos anos, o agronegócio brasileiro tem-se destacado como o principal agente indutor da economia nacional. De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as exportações brasileiras do agronegócio chegaram a US\$ 48,2 bilhões no período de novembro de 2005 a outubro de 2006, havendo um crescimento de 14,5% em relação ao mesmo período anterior. O superávit foi de US\$ 41,9 bilhões (ANBA, 2006).

O setor florestal brasileiro possui aproximadamente 5,6 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 3,4 milhões com espécies do gênero *Eucalyptus* (SBS, 2006). O país alcançou o posto de maior produtor mundial de celulose de eucalipto, com cerca de 6,3 milhões de toneladas por ano, e o maior índice médio de produtividade, com 40 m<sup>3</sup> por hectare ao ano (MCT, 2006).

O plantio de eucalipto no Brasil se destina basicamente à produção de celulose e papel e ao carvão vegetal que abastece as siderúrgicas. O setor faturou US\$ 27,8 bilhões em 2005 (3,5% do PIB), incluindo celulose, papel, madeira industrializada sob todos os processos, móveis, siderurgia a carvão vegetal e produtos florestais não madeireiros. As receitas de exportações desses produtos florestais chegaram a US\$ 7,4 bilhões em 2005. Foram recolhidos aproximadamente US\$ 4,2 bilhões em impostos pela indústria de base florestal. Estima-se que o setor

de base florestal emprega, respectivamente, 2,5 e 4,0 milhões de pessoas, direta e indiretamente (SBS, 2006).

O eucalipto foi introduzido no Brasil no início do século XX, com o objetivo de ajudar a produção de dormentes para as linhas férreas. O gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália, pertence à família Myrtaceae e possui centenas de espécies, além de grande número de variedades e alguns híbridos.

Segundo Oliveira (2001), o gênero *Eucalyptus* engloba cerca de 720 espécies e subespécies. No entanto, Silva e Matos (2003) afirmaram que apenas quatro espécies e alguns híbridos são responsáveis por aproximadamente 94% dos plantios brasileiros: *Eucalyptus grandis* (55%), *E. saligna* (17%), *E. urophylla* (9%), *E. viminalis* (2%) e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* (11%).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo. Em 2005, a produção nacional foi de 5,5 milhões de toneladas. Desse total, 2,5 milhões de toneladas (46%) foram oriundos de florestas plantadas, cujo principal estado produtor é Minas Gerais, com produção de 1,74 milhão de toneladas (IBGE, 2005).

Da área total do território nacional, cerca de 56% (477,7 milhões de ha) é coberta por florestas naturais, 0,7% por florestas plantadas e o restante (43,2%) por outros usos como agricultura, pecuária, áreas urbanas e infra-estrutura etc. (ABRAF, 2006). Cerca de 22% das espécies da flora e aproximadamente 20% da água doce do planeta estão em território brasileiro (SBS, 2006).

Silva (2005a) relatou que, além das condições naturais favoráveis, o Brasil possui excedentes de mão-de-obra no meio rural, bem como considerável domínio tecnológico nas atividades ligadas à formação de florestas e produção de madeira. Esse mesmo autor afirmou que o eucalipto foi escolhido em função das inúmeras vantagens que possui, destacando-se o rápido crescimento volumétrico e a potencialidade para produzir árvores com boa forma, facilidade a programas de manejo e melhoramento, plasticidade do gênero – que possui grande diversidade de espécies, adaptando-se às mais diversas condições –, elevada produção de sementes e facilidades de propagação vegetativa e, por fim, adequações aos mais diferentes usos industriais, com ampla aceitação no mercado.

Valverde et al. (2005) afirmaram que as exportações brasileiras continuarão crescendo, tendo em vista que o setor florestal brasileiro, principalmente o representado pelas indústrias de celulose e siderurgia, está cada vez mais competitivo

no mercado internacional, e a taxa de câmbio, por questões macroeconômicas favoráveis, tende a continuar desvalorizada. Esses mesmos autores consideraram, ainda, a possibilidade de o país conquistar novos mercados internacionais e o crescimento do consumo doméstico, colaborando com a elevação da demanda por madeira de eucalipto.

Em decorrência dessa alta demanda por madeira, o setor de produção de mudas investiu em pesquisas e alcançou grandes avanços, produzindo elevada quantidade de mudas com qualidade, além da redução de custos e tempo de produção. Dentre esses avanços, podem-se citar a propagação vegetativa e os novos tipos de substrato e recipientes.

## **1.2. Propagação**

As primeiras experiências de clonagem do eucalipto aconteceram em meados do século passado, quando pesquisadores australianos e franceses multiplicaram espécies de *Eucalyptus* por enraizamento de estacas obtidas de mudas seminais. No Brasil, a técnica foi introduzida no início da década de 1970. Desde então, a propagação vegetativa de *Eucalyptus* se desenvolveu muito, apreciando grandes avanços relativos ao método de produção e colheita de brotos para estaquia, tipos de recipientes e substratos, entre outros (ALFENAS et al., 2004).

Xavier e Wendling (1998) afirmaram que a miniestaquia pode ser eficiente para atender ao processo de produção massal de mudas de *Eucalyptus* de forma mais simples e menos onerosa, em virtude de não haver a necessidade de estruturas de laboratório de micropropagação, como no caso da microestaquia. Esses mesmos autores ainda recomendaram essa técnica como alternativa para certos clones que apresentam dificuldades no cultivo *in vitro*.

A miniestaquia tem sido adotada pela maioria das empresas eucaliptocultoras brasileiras, devido ao menor custo e às vantagens de operação. As vantagens desse método, em comparação com a macroestaquia (estaquia tradicional), incluem o maior índice de enraizamento, a qualidade do sistema radicular e a maior facilidade nos tratamentos culturais. No entanto, a microestaquia requer o uso de laboratórios de cultura de tecidos para rejuvenescimento do material *in vitro*. A produção de mudas por miniestaquia pode ser dividida em cinco fases: produção de brotos,



enraizamento, aclimatação à sombra, crescimento e rustificação a céu aberto (ALFENAS et al., 2004).

### **1.3. Recipientes**

O surgimento de recipientes na forma de tubetes plásticos aconteceu no início da década de 1980 e proporcionou grande impulso na otimização da produção de mudas, permitindo a redução na área dos viveiros e no consumo de substrato. Além do maior volume, os sacos plásticos apresentam o inconveniente de provocar enovelamento das raízes (CAMPINHOS JUNIOR; IKEMORI, 1983). Esses mesmos autores afirmaram que recipientes adequados ao desenvolvimento devem apresentar volume suficiente para o crescimento das mudas, além de protegerem as raízes contra desidratação e danos mecânicos. Também, devem proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular e facilidade de manejo no viveiro, no transporte e no plantio.

### **1.4. Substratos**

Acompanhando a evolução da forma de propagação e o surgimento dos tubetes, iniciou-se a busca por materiais que substituíssem o solo na produção de mudas. Dessa forma, inicia-se, portanto, pesquisas com vários tipos de material.

Gomes et al. (1985) afirmaram que um bom substrato é aquele que proporciona condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Para isso, deve apresentar composição uniforme, baixa densidade, alta capacidade de retenção de água, boa aeração e drenagem e alta capacidade de troca catiônica.

Conforme Silva (2005b), os substratos para produção de mudas em tubetes podem ser obtidos através de misturas de substratos orgânicos, dos quais os mais utilizados são esterco de curral curtido, húmus de minhoca, cascas de eucalipto e de pinus decompostas e bagaço de cana decomposto. Geralmente, adicionam-se casca de arroz carbonizada, vermiculita e terra de subsolo arenosa, com o intuito de melhorar as condições de drenagem do substrato.

## 1.5. Qualidade das mudas

Todo esse avanço tem por objetivo a formação de grande quantidade de mudas para atender à demanda crescente por madeira, sendo o objetivo final a formação de florestas de alta produtividade.

A implantação da floresta depende, dentre outros fatores, da utilização de mudas saudáveis. A boa sobrevivência no plantio, o crescimento inicial, a maior resistência aos estresses ambientais e até a qualidade final da floresta dependem da qualidade da muda que deve apresentar bom diâmetro de coleto, raízes bem formadas, adequada relação entre a parte aérea e o sistema radicular e bom estado nutricional (FERRARI, 2003; GOMES; PAIVA, 2004).

A qualidade das mudas é resultado da soma de fatores genéticos e dos procedimentos de manejo do viveiro, sendo fator determinante para a obtenção de povoamentos de alta produtividade. Pode ser expressa por características morfológicas, fisiológicas e nutricionais (SILVA, 1998).

## 1.6. Fatores ambientais

É sabido que fatores ambientais como luminosidade, umidade e temperatura exercem grande influência sobre o enraizamento e desenvolvimento das mudas. No entanto, os estudos dessa relação são raros e pouco contundentes (ALFENAS et al., 2004).

Pereira et al. (2001) estudaram o efeito da aplicação de baixa temperatura ( $4 \pm 1$  °C) sobre o crescimento das brotações micropropagadas de um porta-enxerto de macieira cv. Marubakaido, durante o processo de aclimatização. Eles verificaram a diminuição no peso da matéria seca das raízes, sem afetar o peso da matéria seca da parte aérea e o número de gemas dessas plantas, após 90 dias em casa de vegetação.

Segundo Gomes e Paiva (2004), o tombamento de mudas, também conhecido como *damping off*, é um dos principais problemas de doenças em viveiros, sendo favorecido em condições de alta umidade e temperatura. O tombamento de mudas é típico da propagação sexuada.

O excesso de umidade no substrato pode alterar o desenvolvimento do sistema radicular e induzir um desequilíbrio na absorção de nutrientes, podendo ocasionar toxicidade por ferro e manganês. A anaerobiose pode ainda ocasionar o

geotropismo negativo das raízes, além de favorecer incidências de doenças (ALFENAS et al., 2004).

### 1.7. Etapas da produção

O processo de produção de mudas passa pelas seguintes instalações/etapas: minijardim clonal, galpão de estaqueamento, casas de vegetação, casas de sombra e praças de crescimento e rustificação.

No Minijardim Clonal (Figura 1), as miniestacas são coletadas periodicamente pelas “cortadeiras”, que são as funcionárias responsáveis pela coleta das miniestacas e seu encaminhamento ao galpão de estaqueamento (Figura 2). Logo após o estaqueamento, as mudas são levadas para a casa de vegetação (Figura 3), onde permanecem em temperatura e umidade favoráveis ao enraizamento por aproximadamente um mês, quando são transferidas para as casas de sombra (Figura 4). Na casa de sombra, as mudas ficam por um período de 5-10 dias, sendo selecionadas e levadas para as praças de crescimento e rustificação a céu aberto (Figura 5), onde permanecem até estarem prontas para o plantio.



Figura 1 – Vista geral do jardim clonal (A) e detalhe dos sistemas de plantio e de irrigação (B).



Figura 2 – Vista do galpão de estaqueamento, com detalhe do enchimento de tubetes (A) e do sistema de nebulização (B).



Figura 3 – Vistas frontal (A) e interna (B) da casa de vegetação.



Figura 4 – Casa de sombra e vista externa (A) e do sistema de irrigação (B).



Figura 5 – Praça de crescimento e rustificação (A) com detalhe do sistema de irrigação (B).

Segundo Higashi et al. (2002), nos últimos 20 anos os jardins clonais tiveram uma evolução muito grande na forma, com redução da área, incremento na produtividade e diminuição do tamanho das estacas. Os referidos autores relataram que o minijardim clonal pode ser implantado em diversos tipos de recipientes, que variam desde vasos de polipropileno de diferentes volumes, caixas de fibras de vidro de variadas formas e dimensões ou em canaletões de fibro-cimento, atualmente o mais utilizado em empresas florestais.

Esses mesmos autores afirmaram ainda que, no minijardim clonal, os nutrientes são fornecidos à planta por gotejamento, regulando-se a vazão e a concentração de nutrientes, de modo que se tenha um excedente muito pequeno, que é recolhido por um sistema de drenagem ao fundo do canaletão ou sob o solo e descartado. Os substratos utilizados, por apresentarem características físicas e químicas adequadas para essa finalidade, podem ser areia ou cascalho, sendo a areia lavada o mais utilizado.

Nos viveiros da Companhia Agrícola Florestal (CAF), o Jardim Clonal, ou minijardim clonal, denominação mais aceita para o caso de miniestacas, é constituído por canaletões de amianto suspensos. Coloca-se uma camada de brita recoberta por areia lavada onde são plantadas miniestacas de clones com as características desejadas. A irrigação é por gotejamento, sendo realizada a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação). Em cada canaletão são instaladas sete ou oito linhas de plantas (cepas) e quatro fitas gotejadoras. Cada cepa produz aproximadamente nove miniestacas por mês.

No galpão de estaqueamento ocorre todo o processo de preparação e colocação das estacas nos recipientes, envolvendo também a mistura do substrato e a esterilização dos tubetes.

Os tubetes previamente lavados são colocados manualmente em caixas, que serão conduzidas por uma esteira rolante, nas quais são esterilizados durante a passagem por uma caixa com água quente. Passam por um sistema de enchimento de tubetes, que dispõe de sistema de vibração da caixa para garantir o enchimento adequado dos tubetes. Um funcionário acrescenta uma fina camada de vermiculita expandida, e a caixa segue na esteira para que as funcionárias executem o estaqueamento propriamente dito.

Na Figura 2A é apresentada a linha de estaqueamento, que é uma continuação da esteira rolante e consta de um suporte para as caixas, permitindo que as funcionárias realizem o serviço em pé. Observa-se na Figura 2B o sistema de nebulização, que é utilizado para manter a turgidez das estacas.

Após o estaqueamento, as mudas são levadas imediatamente até a casa de vegetação, para que ocorra o enraizamento (Figura 3).

A casa dispõe de um sistema de nebulização com emissores do tipo FOGGER, possuindo válvulas antigotas. Para garantir condições ideais de enraizamento, há um controle automático de abertura da estufa, além de nebulizações periódicas, que visam manter a umidade relativa do ar próximo a 100%.

Após o processo de enraizamento, aproximadamente 25 dias as mudas são levadas para a casa de sombra, recoberta com sombrite 50% (Figura 4), onde será feita a seleção das mudas enraizadas.

A casa de sombra (Figura 4) é um local que permite a aclimação das mudas, antes de serem levadas para os pátios a pleno sol. Em alguns viveiros, as bandejas com mudas ficam no chão; em outros, são colocadas sobre canteiros. Aqui ocorre um processo permanente de seleção das mudas, em função do enraizamento e do vigor. Após um período de 7 a 10 dias, as mudas selecionadas são levadas para as praças de crescimento.

As praças, ou pátios de crescimento e rustificação, são locais onde as mudas permanecem por um período de aproximadamente dois meses até que cresçam e adquiram as condições necessárias para serem expedidas para o plantio (Figura 5). A estrutura das duas fases é a mesma, e a separação ocorre apenas quanto ao tratamento que é dado à muda.

As mudas entram na praça de crescimento e, em função do seu desenvolvimento, passam para a fase de rustificação, recebendo adubação diferenciada (na rustificação, há redução de nitrogênio e elevação na dosagem de potássio). De acordo com Silveira et al. (2001), a relação N/K adequada está na faixa de 1.4 a 2.0 e 0.6 a 1.0, nas fases de crescimento inicial e de rustificação, respectivamente.

O termo rustificação é o mais utilizado pelas empresas e pesquisadores da área e pode ser compreendido como a adaptação das mudas para o plantio no campo. É uma etapa importante, fundamentada na aplicação de um ou mais tipos de estresse, visando à melhor adaptação, desenvolvimento e sobrevivência das mudas nas condições adversas do campo. No Brasil, os estresses mais comuns são o hídrico e o nutricional (HIGASHI et al., 2000).

O manejo consiste basicamente em irrigação, adubação, controle de pragas e doenças, limpeza (“toilet”) e seleção das mudas por estágio de desenvolvimento; e, por último, há seleção e preparo das mudas a serem expedidas para o campo.

O consumo de água para produção de mudas de eucalipto é considerável, sendo necessários entre 25 e 50 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> para a produção anual de um milhão de mudas. O consumo é diferenciado, dependendo de cada etapa da produção, do período do ano e da região onde está instalado o viveiro de produção de mudas. O consumo se dá em diferentes setores e sistemas de irrigação (gotejamento com fertirrigação, aspersão e nebulização) em diferentes etapas do desenvolvimento das mudas, além dos processos de apoio, como lavagem dos tubetes, instalações de preparo das mudas e consumo humano.

Conforme relatado, o século XX foi marcado por significativos ganhos no que se refere à produtividade do eucalipto, advindo de estudos na área da genética e de formas de produção de mudas. Nota-se, porém, carência de pesquisas referentes ao uso racional dos recursos naturais, sobretudo o consumo de água na produção de mudas. Com o estabelecimento de uma política florestal ambientalmente correta, cresce a pressão sobre os estudos que permitam o racionamento do uso dos recursos naturais.

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se a determinação das necessidades hídricas das mudas de eucalipto, a avaliação dos sistemas de irrigação e a apresentação de alternativas para o manejo da irrigação e de propostas para otimização do consumo de água.

Este trabalho se encontra dividido em quatro capítulos:

Capítulo 1: Diagnóstico do consumo de água e avaliação de sistemas de irrigação em viveiros florestais.

Capítulo 2: Estudo das necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro-oeste de Minas Gerais.

Capítulo 3: Efeito de lâminas de irrigação e doses de hidrogel sobre o desenvolvimento de mudas de eucalipto.

Capítulo 4: Efeito de substratos e lâminas de irrigação na produção de mudas de eucalipto.



## 2. REFERÊNCIAS

AGENCIA DE NOTÍCIAS BRASUL-ÁRABE – **ANBA**. Agronegócio fatura US\$ 48 bilhões com exportações em doze meses. 2006. Disponível em: <<http://www.anba.com.br/noticia.php?id=12813>>. Acesso em: 9 nov. 2006.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – **ABRAF**, 2006.

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.

CAMPINHOS JÚNIOR, E.; IKEMORI, Y.K. Nova técnica pra a produção de mudas de essências florestais. **IPEF**, Piracicaba, v. 23, p. 47-52, 1983.

FERRARI, M.P. **Cultivo do eucalipto**: produção de mudas, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br>>. Acesso em: 16 mar. 2006.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; PEREIRA, A.R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1, p. 58-86, 1985.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 116 p. (Caderno didático, 72).

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.de A.; GONÇALVES, A.N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 192, p. 11, 2000. (Circular Técnica).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **IPEF**, n. 194, p. 21, 2002. (Circular Técnica).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – **IBGE**, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 10 fev. 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – **MCT**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2006.

OLIVEIRA, J.T. da S. Experiência mundial com a madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 54, p. 98-100, fev. 2001.

PEREIRA, J. E. S.; FORTES, G. R. L.; SILVA, J. B. da. Efeito da aplicação de baixa temperatura em plantas de macieira sobre o crescimento durante a aclimatização. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, jan. 2001.

SILVA, J. de C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 92, 2005a.

SILVA, J. de C.; MATOS, J.L.M. de. A madeira de eucalipto na indústria moveleira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 70, p. 36-40, 2003.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. Curitiba: UFPR, 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, P.H.M. **Produção de mudas e recomendações de adubação no viveiro**. IPEF, 2005b. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/producaomudas.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2006.

SILVEIRA, R.L.V. de A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. **Seja doutor do seu eucalipto**. Piracicaba, SP: Potafos, 2001. 32 p. (Potafos – Arquivo do Agrônomo, 12).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – **SBS**. Fatos e números do Brasil florestal. [S.l.: s.n.], 2006.

VALVERDE, S.R.; SOARES, N.S.; da SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.; NEIVA, S. de A. Mercado da madeira de eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 88, 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, setembro 1998. 8 p. (Informativo técnico, 11).

## **CAPÍTULO 1**

### **DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM VIVEIROS FLORESTAIS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, existe certa tradição no emprego dos recursos naturais renováveis, com destaque para a energia hidráulica, a lenha e derivados da cana-de-açúcar. Depois de alguns anos em declínio, o uso da madeira e do carvão vegetal como fonte de energia retoma o crescimento. Em 2005, as fontes renováveis contribuíram com aproximadamente 47% da produção de energia primária, enquanto a lenha e o carvão vegetal, com 11,5% do consumo final de energia no país (BRASIL, 2006).

As questões ambientais estão cada vez mais preocupantes em todo o mundo, e um dos problemas ambientais mais discutidos se refere à utilização dos recursos hídricos. A água, apesar de ocupar cerca de 70% da superfície do planeta, é um recurso limitado; menos de 1% desse total é considerado aproveitável, devido às questões de inviabilidades técnica e econômica.

Atualmente, a seca já é crônica em 26 países. No Brasil, a ocorrência mais frequente de seca reside no Nordeste. No entanto, problemas sérios de abastecimento em outras regiões já são identificados e conhecidos. Organismos internacionais têm alertado para o fato de que cerca de 2,8 bilhões de pessoas poderão viver em regiões

com extrema falta de água, inclusive para o próprio consumo, nos próximos 25 anos (PAZ et al., 2000).

Esses mesmos autores afirmaram que, em média, são necessários 1.000 kg de água para a produção de 1 kg de grão, sem considerar a ineficiência dos métodos e sistemas de irrigação e o seu manejo inadequado. Como agravante, mais da metade da água utilizada pela irrigação se perde antes de alcançar a zona radicular dos cultivos, de acordo com avaliações de projetos de irrigação em todo o mundo.

A irrigação é a principal responsável pelo consumo de água do planeta, apresentando valores em torno de 60%. Apesar de ser grande usuária de água, a irrigação não deve ser vista como vilã, pois, quando fundamentada em bases técnicas e práticas adequadas de manejo, ela aumenta a produção de alimentos e colabora para o desenvolvimento socioeconômico da população.

Brito et al. (2002) afirmaram que aproximadamente 97% do volume destinado às plantas é perdido para a atmosfera através da evapotranspiração das culturas, de forma que de 3 a 5% apenas de toda a água usada para a irrigação é efetivamente retida pelas plantas.

No setor florestal, a irrigação, apesar de necessária em algumas etapas, apresenta poucos dados sobre sua quantificação e qualificação. Entretanto, assim como na agricultura, é capaz de incorporar uma gama de vantagens ao produto final. Apesar de essencial no processo de produção de mudas, o manejo de água, na maioria das vezes, é realizado de forma empírica, reduzindo o potencial de produtividade e favorecendo o surgimento de doenças, além do desperdício de água, energia e nutrientes.

Segundo Augusto et al. (2007), a microaspersão é o sistema de irrigação mais usual em viveiros, sistema que gera grandes desperdícios em razão de fatores como vento, espaços vazios e má distribuição dos aspersores em relação às mudas.

Ferrari (2003) considerou a irrigação como um dos fatores de maior importância em um viveiro de produção de mudas, visto que o excesso e a falta de água podem comprometer qualquer uma das fases de formação das mudas. Segundo esse mesmo autor, a escolha do equipamento adequado deve considerar o manejo do sistema como um todo, abordando o tipo de substrato e recipientes utilizados pelo produtor, a espécie escolhida para a produção de mudas, a fase de desenvolvimento da muda, a época do ano em que se está produzindo, a região onde está instalado o viveiro e a hora do dia em que se está realizando a operação de irrigação.

A aplicação da lâmina adequada está condicionada a um bom projeto do sistema de irrigação, do conhecimento de suas condições reais de funcionamento e da determinação das necessidades reais da cultura. O manejo da água em áreas onde o sistema de irrigação já se encontra em funcionamento deve ser precedido da avaliação do sistema de irrigação.

Segundo Keller e Bliesner (1990), o conceito de eficiência abrange dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas, que podem ocorrer durante a operação do sistema. Dessa forma, torna-se necessário minimizar as perdas durante a operação e maximizar a uniformidade de aplicação e distribuição, a fim de se elevar ao máximo a eficiência da irrigação.

Soares et al. (1993) afirmaram que a uniformidade de aplicação de água influencia, diretamente, a produtividade da cultura e a energia consumida no bombeamento de água.

Christiansen (1942) relatou que o objetivo principal da irrigação por aspersão é distribuir água no solo na forma de chuva de baixa intensidade, de tal maneira que possa ser infiltrada sem escoamento superficial. A uniformidade de distribuição vai depender do perfil de distribuição produzido pelo aspersor que, por sua vez, é função da velocidade do vento, da pressão de serviço, da uniformidade de rotação, da altura de elevação e do diâmetro do bocal e espaçamento entre aspersores.

López et al. (1992) *apud* Cunha et al. (2006) relataram o aumento do volume aplicado em consequência direta da baixa uniformidade de aplicação de água. Consideram que o irrigante tende a aumentar o tempo de aplicação ao constatar a diminuição da vazão média dos gotejadores pelo efeito do entupimento. Assim, as plantas que receberiam menor lâmina de água passam a ser compensadas com o prolongamento do período de tempo de aplicação, e conseqüentemente as plantas que receberiam a lâmina adequada passam a ter problema de aplicação em excesso.

Em viveiros de produção de mudas, sobretudo nos minijardins clonais, onde a irrigação é realizada por gotejamento, é comum a aplicação dos fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação). Esse processo é fundamental para a viabilização da adubação nos canaletões de areia, em que é usual a aplicação diária de produtos; às vezes, são realizadas cinco fertirrigações ao dia, de acordo com as necessidades. A fertirrigação aumenta o potencial de entupimento dos gotejadores, principalmente no caso dos viveiros, onde não existe o hábito da aplicação de água pura para lavagem do sistema após a adubação.

Segundo Fernandes e Testezlaf (2002), grande número de fertilizantes pode ser utilizado para aplicação via água de irrigação, sendo recomendados os de maior solubilidade. Além da solubilidade, os referidos autores citaram compatibilidade, pureza, poder corrosivo, poder acidificante e os custos do produto e da aplicação como fatores a serem analisados na escolha do fertilizante para uso na fertirrigação.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram diagnosticar o consumo de água e avaliar as condições de funcionamento dos sistemas de irrigação de dois viveiros de produção de mudas de eucalipto, considerando-se as etapas de produção de mudas e propondo ações de controle e redução no consumo de água, a fim de otimizar o seu uso.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização do local

O estudo foi realizado nas unidades de produção de mudas (UPM) da Companhia Agrícola Florestal Santa Bárbara Ltda. (CAF) instaladas nos Municípios de Dionísio e Martinho Campos, ambos em Minas Gerais. O período estudado estendeu-se de julho de 2004 a dezembro de 2006.

As UPMs destinam-se à produção de mudas de eucalipto para o plantio em áreas da CAF, sendo produzidas aproximadamente 12 milhões de mudas anualmente, em cada uma.

A reprodução se dá por estaqueamento, a partir de miniestacas produzidas em minijardins clonais dentro dos viveiros. Os clones são originários das espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, bem como de seu cruzamento *E. grandis* x *E. urophylla* (urograndis).

Em razão da etapa do processo de produção das mudas, o viveiro é dividido em quatro setores, a saber: Minijardim Clonal, Casas de Vegetação, Casas de Sombra e Pátios de Crescimento e Rustificação, que possuem diferentes sistemas de irrigação. No Minijardim Clonal é utilizada a irrigação e a fertirrigação por gotejamento. Nas Casas de Vegetação é realizada a nebulização, enquanto nas Casas de Sombra e Pátios de Crescimento e Rustificação a irrigação é feita por aspersão convencional, utilizando-se aspersores de baixa vazão.

## **2.2. Consumo de água**

Diagnosticou-se todo o consumo de água do viveiro, enfatizando a irrigação. O levantamento das principais características de cada sistema de irrigação foi realizado através de verificação *in loco*, análise do projeto de irrigação dos viveiros e de catálogos dos fabricantes do material utilizado.

A setorização do consumo de água foi realizada através dos dados da leitura dos hidrômetros, instalados logo após a saída do conjunto motobomba de cada setor. Em Martinho Campos, não havia hidrômetros em todas as válvulas dos pátios. Assim, o consumo de água foi determinado pela multiplicação do número de aspersores pela sua vazão individual, de acordo com a pressão medida. Mediu-se a vazão de alguns aspersores operando em diferentes pressões, observando-se que a vazão se aproximava dos valores tabelados pelo fabricante.

## **2.3. Avaliação dos sistemas de irrigação**

Foram utilizadas informações gerais fornecidas pelos encarregados dos viveiros e funcionários responsáveis pela irrigação e também aquelas dos projetos de irrigação e de catálogos dos produtos.

Os sistemas de irrigação foram avaliados visando à determinação das condições de funcionamento, como pressão, vazão, lâmina e uniformidade de distribuição de água em cada setor. Nas casas de vegetação foi realizada a avaliação visual, analisando se havia formação de gotas.

No minijardim clonal, onde o sistema de irrigação utilizado era o gotejamento, a avaliação de uniformidade do sistema foi feita de acordo com a metodologia proposta por Deniculi et al. (1980), que recomendaram a coleta em quatro linhas com oito coletores por linha.

A irrigação na casa de sombra e nos pátios é realizada por aspersão. O espaçamento entre os emissores é de 4 m, de forma quadrada. A uniformidade de distribuição de água foi determinada através da coleta em vários pontos, montando-se uma malha de coletores entre quatro aspersores.

Os dados, coletados nas avaliações de uniformidade de distribuição, foram analisados com o auxílio do Avalia, ferramenta do software Irriplus 2.11. Os



resultados foram expressos pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e pelo coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).

A eficiência do uso da água nos pátios foi determinada medindo-se a quantidade total de água aplicada e descontando-se as perdas devido à área de corredores e ao volume percolado. Para quantificar as perdas por percolação, foram feitas avaliações das quantidades aplicada e percolada, fixando-se um plástico sob um vão (3,12 m<sup>2</sup>) do canteiro suspenso. A lâmina aplicada foi determinada colocando-se o plástico sob o canteiro vazio (sem caixas) e a percolada, pondo-se o mesmo plástico sob canteiros contendo caixas com 50 e 70 mudas. A perda por percolação foi considerada como a relação das quantidades percolada e aplicada.

Também foi quantificado o efluente do minijardim, em Martinho Campos, e mediu-se o efluente de 10 canaletões durante 10 dias. Essa quantificação foi realizada colocando-se uma caixa para reter o volume drenado, e mediu-se o total acumulado em 24 h. Foram escolhidos canaletões com diferentes quantidades de massa foliar, variando-se o número de cepas por canaletão, sua idade e altura.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O consumo total de água, para a produção anual de 12 milhões de mudas, atingiu  $592 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ , no período de maior demanda hídrica para o viveiro de Martinho Campos. O consumo do viveiro de Dionísio ficou um pouco abaixo,  $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ . O sistema de irrigação por aspersão, utilizado nas Casas de Sombra e Pátios de Crescimento e Rustificação, é responsável por mais de 80% desse volume. Na Tabela 1, apresenta-se a setorização do consumo máximo nas duas unidades.

Nos dois viveiros, a água é captada de poço artesiano. Em Dionísio, há complementação com água de uma lagoa existente nas proximidades do viveiro. O armazenamento é realizado em reservatórios apropriados, de onde a água é bombeada por motobombas com características específicas de cada setor. A filtração da água é feita por filtros de discos e complementada por filtros de areia nos setores que utilizam emissores com maior potencial de entupimento, como é o caso do minijardim clonal e das casas de vegetação.

Na Tabela 2, apresentam-se os sistemas de irrigação de cada setor, bem como o modelo e a vazão nominal dos emissores. Em Martinho Campos, a utilização de dois tipos de emissores nas praças de crescimento e rustificação e a diferença de quantidade de emissores por válvula causam variação na pressão e vazão dos aspersores. Durante a realização deste trabalho, foi feita a reestruturação desse setor, padronizando-se o número e modelo dos emissores, o que permitiu, assim, o controle da pressão de serviço de acordo com o catálogo do fabricante.

Tabela 1 – Setorização do consumo de água em duas unidades de produção de mudas (UPM), no decêndio de maior demanda no ano de 2005

	Consumo no Período de Maior Demanda			
	UPM – Martinho Campos		UPM – Dionísio	
	m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>	%	m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>	%
Minijardim clonal	35	5,9	20,6	4,9
Casa de vegetação	25	4,2	18,6	4,4
Casa de sombra	100	16,9	52	12,4
Pátio de crescimento e rustificação	400	67,6	319	75,9
Outros*	32	5,4	10,1	2,4
Total	592	100	420,3	100

\*Outros: Galpão de estaqueamento, lavador de tubetes e consumo humano.

Tabela 2 – Finalidade, tempo de permanência das mudas e os sistemas de irrigação utilizados em cada setor, com os modelos de emissores e sua vazão nominal, nos dois viveiros estudados

Setor	Finalidade	Duração (dias)	Sistema de Irrigação	Equipamento	Vazão/emissor (L h <sup>-1</sup> )
Minijardim clonal	Coleta das miniastacas	-	Gotejamento	Tape Chapim ou Acqua Trax	0,75
Casas de vegetação	Enraizamento	25-30	Nebulização	Fogger	7,0
Casas de sombra	Aclimatação	7-10	Aspersão	Big Swivel	260
Pátios	Crescimento e rustificação	40-60	Aspersão	Big Swivel e Sempre Verde	260 e 460

Na UPM – Martinho Campos, o pátio do primeiro patamar possuía oito válvulas equipadas com 56 aspersores Big Swivel ( $260 \text{ L h}^{-1}$ ), e encontraram-se pressão média de 430 kPa e vazão média de  $305 \text{ L h}^{-1}$ , valores maiores que os nominais.

No segundo patamar, o pátio era dividido em 10 parcelas (válvulas), numeradas de 1 a 10, sendo as de números 1 e 2 as mais distantes do conjunto motobomba e as de 9 e 10, as mais próximas.

As válvulas de numeração ímpar (1, 3, 5, 7 e 9) possuíam aspersores nas duas cabeceiras dos canteiros (bordadura), enquanto as de número par (2, 4, 6, 8 e 10), bordadura em um lado apenas. As válvulas 8 e 10 eram equipadas com emissores modelo Big Swivel, enquanto as demais dispunham de dois modelos de aspersores, Sempre Verde e Big Swivel.

Os aspersores das válvulas 1 e 2 apresentaram pressão média de 62 kPa e vazão média de  $380 \text{ L h}^{-1}$ .

As válvulas 7 e 9 tiveram pressão média de 110 kPa e vazão de  $500 \text{ L h}^{-1}$ , valor bem próximo do tabelado para essa pressão.

As válvulas 8 e 10, modelo Big Swivel, exibiram pressão média de 359 kPa e vazão de  $295 \text{ L h}^{-1}$ . A pressão de serviço estava alta, e por isso a vazão se encontrava acima da nominal.

Na UPM de Dionísio não havia mistura de modelos de emissores, e o número de aspersores por válvula era padronizado. Com isso, houve menor variação de pressão entre as válvulas.

Observaram-se valores menores do que a vazão nominal ( $260 \text{ L h}^{-1}$ ) na maioria dos aspersores. As vazões medidas foram de  $245 \text{ L h}^{-1}$  e de  $239 \text{ L h}^{-1}$  no primeiro e último aspersor da linha, respectivamente. A vazão média encontrada foi de  $242 \text{ L h}^{-1}$ , estando 6,9% abaixo da nominal. Tal diferença se deve à menor pressão disponível.

A medição da pressão dos aspersores foi feita com o uso de manômetro metálico e indicou valor médio de 167 kPa. Encontrou-se uma perda de carga de 44 kPa ao longo da linha, o que corresponde a uma redução de 23,7%, sendo o valor médio de pressão encontrado no primeiro aspersor igual a 186 kPa e, no 13º (último), 152 kPa.

Observando a norma básica de dimensionamento que recomenda para aspersão convencional valor máximo de variação ao longo da linha de 10% para

vazão e 20% para pressão, concluiu-se que, nas praças de crescimento e rustificação, a perda de carga foi maior que a máxima recomendada, porém a redução na vazão se encontrava dentro do limite desejado.

Nas casas de vegetação não foi realizada avaliação da distribuição de água, pois o objetivo principal da nebulização era adequar as condições do clima para o bom desenvolvimento das mudas; a taxa de aplicação foi muito baixa, dificultando qualquer processo de avaliação de uniformidade de distribuição.

Na avaliação visual das condições de funcionamento do sistema, foi detectada a formação de gotas, que ao caírem sobre as mudas ocasionavam alguns problemas, como danos à planta, carreamento do substrato, surgimento de doenças devido ao umedecimento exagerado de algumas mudas e a morte de outras por falta de água.

Os nebulizadores utilizados, tipo Fogger com vazão de  $7,0 \text{ L h}^{-1}$ , possuíam válvula antigotas, e a formação das gotas ocorria devido a problemas nas borrachas das válvulas. Os problemas eram maiores na unidade de Martinho Campos e foram reduzidos com a adoção de práticas de manutenção, como lavagem mensal dos emissores e substituição das válvulas danificadas.

No minijardim clonal eram realizadas, diariamente, cinco fertirrigações de 4 min cada, ou uma aplicação de 20 min por dia, resultando em uma aplicação média de 500 L por canaletão a cada dia. Uma vez que a largura do canaletão era igual a 0,80 m, tais valores indicam um consumo médio de  $12,5 \text{ mm d}^{-1}$ , entre evapotranspiração e percolação.

Existia grande variabilidade no efluente dos canaletões, em função da quantidade de água aplicada (tempo de irrigação e condição de entupimento dos gotejadores), do número de cepas por canaletão e da massa foliar das minicepas (idade das cepas, material genético e tamanho das brotações). Pelas medições realizadas, concluiu-se que o volume drenado por canaletão é de aproximadamente  $200 \text{ L d}^{-1}$ , cerca de 40% do total aplicado. Os valores variaram de 60 a  $380 \text{ L d}^{-1}$ .

A irrigação nos pátios e nas casas de sombra era realizada, em Dionísio e na maior parte do viveiro de Martinho Campos, com aspersores modulares, modelo Big Swivel, operando com vazão nominal de  $260 \text{ L h}^{-1}$  e pressão de serviço de 200 kPa, com jato direcional do tipo “bailarina”. A altura média dos aspersores era de 1,5 m do chão, aproximadamente 0,25 m acima do dossel das plantas.

Em Martinho Campos, havia emissores dos modelos Sempre Verde e Big Swivel, com a ressalva de que havia ainda dois bocais de vazões diferentes deste

último. Assim, existiam bocais de três vazões diferentes, 120, 260 e 460 L h<sup>-1</sup>, causando diferenças pontuais de aplicação que resultavam em “manchas” de mudas com sintomas de estresse hídrico. A pressão de funcionamento era excessiva na maioria das válvulas dos pátios desse viveiro, chegando a 500 kPa.

As Praças de Crescimento e Rustificação (pátios) merecem atenção especial nos projetos de irrigação de viveiros florestais, uma vez que aproximadamente 70% de toda a água consumida são gastas nesse setor dos viveiros (Tabela 1). As perdas ocorrem basicamente por percolação e irrigação de áreas livres (corredor e cabeceiras), e os corredores correspondem a 40% da área irrigada.

Na avaliação de distribuição de água dos pátios foram encontrados excelentes resultados em todas as avaliações, indicando que o espaçamento entre os aspersores está adequado. Entretanto, as avaliações não foram realizadas em momentos de vento forte, quando se observava visualmente forte deriva, sobretudo, nos pontos em que a pressão de serviço estava acima da recomendada.

As avaliações indicavam também que, apesar da boa uniformidade de distribuição, a eficiência nesse setor era inferior a 20%. Apenas 60% da água atingia os canteiros, e 70% dessa mesma água era perdida por “percolação”.

A peculiaridade da irrigação em canteiros suspensos faz que a eficiência da irrigação fique abaixo da recomendada para sistemas de irrigação por aspersão. Nesse método de irrigação, a eficiência deve ser superior a 60% (KELLER; BLIESNER, 1990; MAROUELLI, 1998).

Tendo em vista a grande quantidade de água perdida em espaços livres nos pátios, foi projetado um novo *layout* para as praças de crescimento e rustificação, visando à otimização da área e do consumo de água no setor. Alargaram-se os canteiros e reduziram-se os corredores, aumentando a capacidade de produção de mudas e diminuindo as perdas de água por muda. Na Tabela 3, apresentam-se os principais resultados da reestruturação do pátio. Observa-se, nessa tabela, que o número de mudas irrigadas por um mesmo aspersor subiu de 2.244 para 2.927, reduzindo o gasto de água por muda.

Com o novo *layout* das praças, aumentou-se em 33% o número de bandejas por canteiro e reduziu-se em 7,4% o número de aspersores necessários, o que otimizou o uso da área e do equipamento de irrigação. A quantidade de mudas produzidas aumentou em 20,7%, sem alterar a área do pátio e a quantidade total de água aplicada.

Tabela 3 – Alteração do *layout* dos canteiros visando à otimização da área e do consumo de água

<i>Layout</i>	Número de Canteiros	Bandejas por Canteiro	Mudas	Aspersores	Mudas por Aspersor
Antes	106	147	1.090.740	486	2.244
Depois	96	196	1.317.120	450	2.927
Alteração (%)	-9,43	33,33	20,75	-7,41	30,42

A determinação da uniformidade de distribuição de água, no minijardim clonal, apontou grande variação quanto aos valores de CUC das mangueiras avaliadas, variando entre valores considerados inaceitáveis e excelentes. Esses resultados apontaram o entupimento de algumas mangueiras e evidenciaram a necessidade de avaliações periódicas dos sistemas, permitindo a determinação da frequência de troca das mangueiras. Observou-se a necessidade de complementação da irrigação em alguns canaletões, uma vez que as plantas apresentavam sintomas de estresse hídrico, confirmando os baixos valores de uniformidades encontrados. A Tabela 4 contém alguns resultados da avaliação realizada nos dois viveiros, em meados de 2005. Em Martinho Campos, foram detectados maiores problemas de entupimento, cujo motivo foi associado à retirada do filtro que ficava localizado após a injeção dos fertilizantes. Um funcionário do setor revelou que foi tirado o filtro de tela porque havia manutenção freqüente.

A Figura 5 ilustra o perfil de distribuição de água de um canaletão com baixa uniformidade de distribuição. Pode-se observar, nessa figura, que 60% da área recebia uma lâmina inferior à média, enquanto os outros 40%, uma lâmina superior. Observou-se ainda que 18% da área não recebeu irrigação alguma, o que se deveu ao entupimento dos gotejadores.

Na Tabela 5, apresentam-se alguns valores de CUC e CUD das avaliações realizadas em canaletões do viveiro de Dionísio. Ao todo, foram executadas 12 avaliações mensais em oito canaletões, entre setembro de 2005 e agosto de 2006. Pôde-se observar que a situação ficava crítica quando o CUC abaxava para 60%. Quando isso acontecia, os sintomas de estresse hídrico podiam ser observados em plantas de algumas partes dos canaletões.

Tabela 4 – Avaliação de uniformidade dos gotejadores no minijardim clonal dos dois viveiros

Canaletão	Vazão Média (L h <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> )	CUC (%)	CLASSE
Dionísio – Região do Vale do Rio Doce			
1	6,4	85,07	Bom
2	7,7	95,54	Excelente
3	5,9	87,74	Bom
4	5,6	91,07	Excelente
5	8,3	97,07	Excelente
Martinho Campos – Região Centro-Oeste de Minas			
1	3,3	11,31	Inaceitável
2	4,1	45,52	Inaceitável
3	4,3	75,82	Razoável
4	4,5	76,19	Razoável
5	4,1	63,32	Ruim

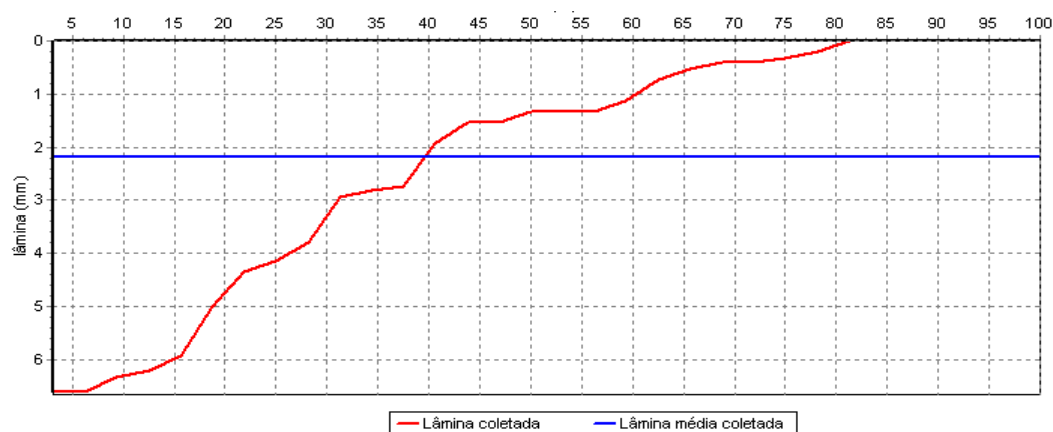


Figura 5 – Distribuição de água no canaletão 1, minijardim clonal do viveiro de Martinho Campos (região Centro-Oeste de Minas).



Tabela 5 – Evolução da uniformidade de distribuição no minijardim de Dionísio

Canaletão	CUC-CUD (%)					
	Setembro 2005	Outubro 2005	Novembro 2005	Dezembro 2005	Janeiro 2006	Agosto 2006
8	70,8 – 47,9	56,7 – 30,0	61,5 - 35,0**	68,0 – 44,0	55,9 – 23,0*	92,7 – 88,2
31	87,5 – 75,0	79,7 – 59,4	79,2 – 58,6	78,4 – 56,8	80,7 – 62,0	76,9 – 66,3
32	71,9 – 46,6	56,7 – 18,1	57,2 - 19,5**	75,8 – 56,4	68,0 – 44,6	56,3 – 40,1
57	65,4 – 35,1*	86,7 – 75,1	86,8 – 75,6	76,2 – 54,9	82,9 – 67,7	70,7 – 54,9
64	89,9 – 83,0	77,5 – 55,0	79,7 - 59,5**	86,5 – 75,6	77,7 – 55,6	75,1 – 63,0

\* Troca por mangueiras novas e \*\*troca por mangueiras usadas.

Ressalta-se que a substituição das fitas gotejadoras do canaletão 64, em novembro de 2005, foi realizada antes de se detectarem sintomas visuais de estresse hídrico nas cepas. A troca da mangueira ocorreu em conjunto com a substituição do material genético no canaletão.

O problema só não foi maior porque a aplicação era excessiva e havia a redistribuição da lâmina, facilitada pelo fato de o substrato ser de areia.

Houve grande variabilidade quanto à vida útil das mangueiras avaliadas, sendo necessário realizar avaliações periódicas para determinar a necessidade de troca.

Merriam e Keller (1978) apresentaram um critério geral para interpretação dos valores de CUD para sistemas de irrigação por gotejamento: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; 70 e 80%, regular; e menor que 70%, ruim ou inaceitável.

Os resultados deste trabalho permitem, entretanto, a recomendação da substituição das mangueiras quando as avaliações de uniformidade de distribuição apresentarem CUC inferior a 60%, pois apenas abaixo desse valor são visualizados sintomas de déficit hídrico nas plantas.

#### 4. CONCLUSÕES

O consumo de água nos viveiros florestais estudados era elevado, variando de 420 a 592 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>, para a produção de 12 milhões de mudas ao ano.

Os dois viveiros possuíam grande potencial para redução no consumo de água.

As praças de crescimento e rustificação eram responsáveis por aproximadamente 70% do consumo total de água do viveiro, e esse setor apresentava mais de 80% de perdas.

Alterações no *layout* dos viveiros permitiam aumentar a eficiência do uso da água.

A padronização dos emissores permitia a operação do sistema de acordo com a pressão recomendada pelo fabricante, garantindo maior uniformidade da lâmina aplicada.

As fitas gotejadoras devem ser trocadas quando os valores de CUC ficarem abaixo de 60%.

## 5. REFERÊNCIAS

AUGUSTO, D.C.C.; GUERRINI, I.A.; ENGEL, V.L.; ROUSSEAU, G.X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *eucalyptus grandis* Hill. ex. maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília-DF, 2006. 154 p.

BRITO, R.A.L.; COUTO, L.; SANTANA, D.P. Agricultura irrigada, recursos hídricos e produção de alimentos. **ITEM**, n. 55, p. 64-69, 2002.

CUNHA, F.F. da; MATOS, A.T. de; BATISTA, R.O.; Lo MÔNACO, P.A. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 143-147, 2006.

CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of Califórnia, 1942. 124 p. (Bulletin, 670).

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

FERNANDES, A.L.T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2002.

FERRARI, M.P. **Cultivo do eucalipto**: produção de mudas, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br>>. Acesso em: 16 mar. 2006.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405 p.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças**. Brasília: Embrapa, 1998. 15 p.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

SOARES, A.A.; RAMOS, M.M.; LUCATO JÚNIOR, J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô-central no estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus, BA: SBEA, 1993. p. 2688-2702.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDO DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DE MUDAS DE EUCALIPTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O setor florestal brasileiro apresenta grande importância para a balança comercial do país, sendo responsável por aproximadamente 3,5% do PIB, tendo faturado US\$ 27,8 bilhões em 2005 (SBS, 2006).

A maioria das empresas eucaliptocultoras tem optado pela produção de mudas por miniestaquia, utilizando-se tubetes plásticos como recipientes. O substrato é frequentemente composto por uma mistura de material que permite alta capacidade de retenção de água sem, no entanto, comprometer a aeração. A preferência pela miniestaquia se deve às vantagens de operação e ao menor custo. A microestaquia tem sido utilizada apenas para o rejuvenescimento de alguns clones de difícil enraizamento (TITON et al., 2002; ALFENAS et al., 2004).

A irrigação tem sido uma importante estratégia para otimização da produção mundial de alimentos e de fibras e para outros fins, como é o caso de viveiros florestais, proporcionando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável.

A irrigação não deve ser entendida, única e exclusivamente, como um procedimento artificial para atender às condições de umidade do solo, visando à

melhoria da produção agrícola, tanto em quantidade quanto em qualidade ou oportunidade. O sucesso depende de sua interpretação como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura ou muda, com adequado manejo dos recursos naturais, devendo ser levado em conta os diversos aspectos que interferem no processo, bem como eliminar seus excessos, que transcendem à relação solo-água-planta, pura e simplesmente.

A escolha do melhor sistema de irrigação, seu dimensionamento e o manejo devem considerar a interação do solo, da água e do clima com a planta cultivada. Dessa forma, é imprescindível que se tome cuidado com generalizações e transposições de critérios e recomendações. Uma simplificação metodológica pode redundar em grandes limitações na precisão e continuidade do processo. No entanto, deve-se considerar que o emprego da metodologia será de campo (em condições de fazenda), e o sucesso do processo de implantação dependerá das análises e decisões diárias, realizadas no local, com pessoal nem sempre qualificado para esse trabalho. Nesse ponto é fundamental considerar que, qualquer que seja a proposta de manejo, ela deverá levar em conta os aspectos técnicos e operacionais. Essas considerações parecem óbvias, mas se observa que muitos insucessos em programas de manejo advêm da falta de compreensão dessas questões operacionais, que são importante alerta para o especialista responsável pelo sistema de produção.

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário. Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 1993), se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas, sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para irrigação.

Além disso, o excesso hídrico causa o encharcamento do substrato, dificulta a aeração e atrapalha as atividades de microrganismos, provocando a lixiviação de nutrientes essenciais, o surgimento de doenças, principalmente fúngicas, e provocando desperdício do recurso natural. Entretanto, o déficit hídrico reduz a

capacidade metabólica do vegetal, podendo levar a planta a atingir o ponto de murcha permanente, acarretando a sua morte.

É importante frisar que implementar um programa de manejo significa, entre outras coisas, implantar um sistema de monitoramento, que pode ser via solo, clima, planta, ou a associação entre dois deles.

A água é essencial ao metabolismo vegetal, participando da constituição celular e do processo de fotossíntese. Contudo, a planta transfere à atmosfera mais de 95% da água retirada do solo. Dessa forma, o consumo de água nos cultivos pode ser entendido como a quantidade evaporada pela superfície do solo somada ao processo de transpiração das plantas.

A evapotranspiração é importante para o balanço hídrico de uma bacia como um todo e, principalmente, para o balanço hídrico agrícola, que poderá envolver o cálculo da necessidade de irrigação. Praticamente, toda a água de que as plantas necessitam é extraída pelo sistema radicular e perdida para a atmosfera por meio do processo de evapotranspiração, sendo necessário que ela seja devolvida à planta, na forma de precipitação ou irrigação, sob pena de comprometer o desenvolvimento e produção da cultura.

Varejão-Silva (2006) afirmou que o termo evapotranspiração é utilizado para expressar a transferência de vapor d'água de superfícies vegetadas para a atmosfera, englobando a evaporação da umidade no substrato e a transpiração resultante das atividades biológicas dos seres vivos que o habitam. Esse autor considerou ainda que a evaporação depende do saldo de energia, do vento e da umidade relativa do ar. A passagem de água para o estado gasoso requer energia da superfície-fonte, no entanto a difusão do vapor d'água formado depende da pressão parcial de vapor da camada atmosférica vizinha. Se essa camada estiver saturada, a evaporação é virtualmente nula, pois a quantidade de água que passa para o estado gasoso se iguala à quantidade que retorna ao estado líquido. Assim, o vento possui a função de remover o vapor d'água produzido, impedindo a saturação da camada próxima à superfície-fonte.

Em se tratando de solo úmido, o albedo e a rugosidade também interferem, por afetarem o balanço de energia e a turbulência provocada pelo vento. Finalmente, quando a superfície-fonte é vegetada, devem ser incluídas as características biológicas, como a espécie da planta, a sua idade e a fase de desenvolvimento, o

índice de área foliar, o estado fitossanitário e a densidade de população (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Bonomo (1999) considerou a determinação das necessidades hídricas da cultura fator de suma importância, por se tratar de um parâmetro de referência quando da realização de balanços hídricos, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação.

O conhecimento da evapotranspiração de uma cultura, ao longo de seu ciclo, e de seu coeficiente de cultura é de grande importância para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação. Isso contribui para o aumento da produtividade e para a otimização do uso dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos de irrigação (MIRANDA et al., 1999).

A lâmina de água aplicada afeta a energia necessária ao recalque e o custo de operação de um projeto de irrigação. Dessa forma, faz-se necessário implementar práticas que permitam a racionalização da quantidade de água a ser reposta à cultura, a qual depende de estimativa adequada da evapotranspiração. Aplicações insuficientes ou excessivas resultam em perdas ou prejuízos consideráveis para as plantas e o solo, diminuindo a eficiência de uso da água de irrigação (DOS REIS et al., 2005).

Devido à dificuldade da determinação da evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ) no campo, é comum determinar a evapotranspiração de uma cultura de referência ( $E_{To}$ ) com base nos dados do clima e, posteriormente, ajustar os valores para as condições reais da cultura através de determinado coeficiente de cultivo ( $K_c$ ).

De acordo com Allen (1986) e Allen et al. (1989), o modelo de Penman-Monteith apresenta estimativas confiáveis e consistentes de  $E_{To}$ . Segundo Smith (1991), esse modelo foi considerado como aquele de melhor desempenho entre os métodos combinados, sendo recomendado como método-padrão para obtenção da  $E_{To}$ .

Jensen et al. (1990) definiram  $E_{To}$  como a taxa com que a água, se disponível, seria removida da superfície do solo e de uma planta específica, arbitrariamente chamada de cultura de referência. Dentro desse contexto, o  $K_c$ , razão entre a evapotranspiração real da cultura e a evapotranspiração de referência ( $E_{Tc}/E_{To}$ ), é de grande importância para a realização do balanço de água e para a aplicação da lâmina necessária de irrigação.



O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) deve, preferencialmente, ser determinado para as condições locais, nas quais será utilizado por ser um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas. Todavia, a sua determinação, sob condições de campo, exige grande esforço de pessoal técnico, equipamentos e custos devidos à quantidade de informações e a controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico numa área irrigada (MEDEIROS et al., 2004; CARVALHO et al., 2006).

As pesquisas relacionadas ao consumo de água para a produção de mudas se limitam à determinação da lâmina média necessária durante o ciclo e a sua relação com o substrato utilizado, sem considerar a influência do clima na variação diária da necessidade hídrica da planta.

Lopes (2004) afirmou que lâminas de irrigação de 12 e 14 mm  $d^{-1}$ , associadas aos substratos compostos por 70% de casca de *Pinus* e vermiculita e 30% ou 100% de fibra de coco, são as que mais contribuem para o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*.

A quantidade de água a ser aplicada depende do período do ano, do tipo de substrato e da embalagem utilizada. No caso dos tubetes, no verão, recomenda-se que a aplicação de água não deve ultrapassar 13 mm  $d^{-1}$  (FERRARI, 2003).

Wendling e Gatto (2002) consideraram que as irrigações de maior intensidade são mais eficazes, ao passo que as irrigações frequentes e de baixa intensidade molham apenas a camada superficial do substrato. Entretanto, o excesso de água pode lixiviar nutrientes móveis no solo ou no substrato, especialmente o nitrogênio e o potássio.

A rustificação é processo fundamental na questão de qualidade da muda, tendo por objetivo adaptar a muda às condições de plantio no campo. Contudo, a determinação dos níveis de estresse é bastante complexa devido à coexistência de muitos fatores, entre eles o material genético, o recipiente e o substrato utilizado e os fatores climáticos.

Ferreira et al. (1999), estudando a aclimatação através de tratamentos hídricos, afirmaram que as mudas de *Eucalyptus citriodora* apresentaram desenvolvimento de algumas adaptações à deficiência hídrica, como o rápido fechamento estomático, quando em condições de altas taxas de déficit de pressão de vapor.

Segundo Silva (1998), o empirismo na irrigação das mudas dificulta a aplicação do estresse hídrico, e as consequências desses manejos hídricos inadequados para a muda ainda são pouco estudadas.

Diante do exposto, verificou-se a importância de um estudo que vise à determinação das necessidades hídricas das mudas de eucalipto, que é o objetivo deste trabalho.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização do local**

O estudo foi realizado em uma unidade de produção de mudas (UPM) da Companhia Agrícola Florestal Santa Bárbara Ltda. (CAF), no Município de Martinho Campos, região Centro-Oeste de Minas Gerais.

A UPM produz aproximadamente 12 milhões de mudas de eucalipto ao ano. A reprodução se dá por estaqueamento, a partir de miniestacas produzidas em minijardins clonais dentro dos viveiros. Os dois clones avaliados foram o CAF 907 (*Eucalyptus urophylla*) e o CAF 1117 (*E. grandis* x *E. urophylla*).

### **2.2. Determinação do coeficiente da cultura – Experimento de lâminas**

Para determinação do coeficiente da cultura ( $K_c$ ), foi instalado um experimento, visando correlacionar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) com a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). A  $ET_c$  foi considerada como a lâmina aplicada pelos aspersores, no tratamento que proporcionou melhor desenvolvimento das mudas. Dessa forma, a eficiência da irrigação foi englobada no coeficiente determinado.

A  $ET_o$  foi estimada por um equipamento desenvolvido pela UFV, o Irrigâmetro. Estimou-se a  $ET_o$  no intervalo entre duas irrigações consecutivas, sendo o valor diário aferido pelo método de Penman-Monteith, a partir dos dados de uma

estação meteorológica da marca Metos, instalada nas proximidades do experimento. O aferimento da ETo diária foi realizado pelo método de Penman-Monteith, sendo as variáveis meteorológicas utilizadas no cálculo, provenientes de uma estação meteorológica automática instalada no viveiro.

O Irrigâmetro é um aparelho evapopluiométrico que fornece diretamente a lâmina evapotranspirada, o momento de irrigar e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. Estima diretamente, a partir da evaporação ocorrida num evaporatório apropriado, a evapotranspiração de referência (ETo) e a evapotranspiração da cultura (ETc) em cada um dos estádios de desenvolvimento, sem a necessidade de cálculos. O momento de irrigar e o tempo de funcionamento são indicados pela posição do nível da água num tubo transparente em relação a régua existentes no aparelho. Essas régua são elaboradas a partir de características da cultura, do solo e do equipamento de irrigação.

Neste trabalho, o Irrigâmetro foi utilizado apenas para determinação da ETo entre duas irrigações consecutivas, visto que o objetivo era a correlação entre a evapotranspiração de referência e a demanda hídrica das mudas.

Foram adotadas cinco lâminas de irrigação (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub>), equivalendo a 150, 200, 250, 300 e 350% da ETo, respectivamente. O estudo englobou também a lâmina usual do viveiro, determinada empiricamente (L<sub>0</sub>). Foram avaliados dois clones plantados pela empresa (CAF 49 e CAF 1117). A lâmina diária foi dividida em seis aplicações (07:15, 09:15, 11:15, 13:15, 15:05 e 16:20 h).

O substrato utilizado foi a mistura adotada na produção comercial de mudas da empresa, constituída de 30% de casca de arroz carbonizada, 35% de vermiculita e 35% do substrato comercial da marca Mecplant (casca de pinus decomposta).

A intensidade de aplicação dos aspersores era de 18 mm h<sup>-1</sup>. A diferenciação da lâmina requerida em cada tratamento foi feita pelo tempo de irrigação.

A Tabela 1 ilustra o tempo de irrigação necessário em cada tratamento, de acordo com a ETo medida pelo Irrigâmetro.

Os testes foram realizados nas fases de crescimento e rustificação das mudas e, até então, receberam os tratos culturais usuais do viveiro. Foram selecionadas 54 bandejas de mudas com desenvolvimento similar para dois clones. O estaqueamento foi realizado no dia 11 de setembro de 2006. As mudas foram selecionadas e transferidas para o pátio no dia 20 de outubro. Foram realizadas três avaliações, nos dias 30 de outubro e 10 e 22 de novembro desse ano.

Tabela 1 – Tempo (s) de irrigação por tratamento em função da ETo (mm) determinada pelo irrigâmetro

ETo Irrigâmetro (mm)	T 150%	T 200%	T 250%	T 300%	T 350%
Tempo de Irrigação por Tratamento (s)					
0,1	30	40	50	60	70
0,2	60	80	100	120	140
0,3	90	120	150	180	210
0,4	120	160	200	240	280
0,5	150	200	250	300	350
0,6	180	240	300	360	420
0,7	210	280	350	420	490
0,8	240	320	400	480	560
0,9	270	360	450	540	630
1	300	400	500	600	700

As mudas retiradas para avaliação foram repostas, a fim de manter a densidade inicial de produção, as quais tiveram seus tubetes marcados para evitar sua coleta nas próximas avaliações.

O experimento foi instalado no esquema de parcelas subdivididas. As seis lâminas constituíam as parcelas. Nas subparcelas, foram dispostos os dois clones no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em que cada bandeja correspondeu a uma repetição.

As variáveis avaliadas foram: altura das mudas, diâmetro de coleto, massa seca da parte aérea e massa seca da parte radicular. Foram retiradas três mudas aleatórias de cada bandeja e sua média, considerada como o valor da unidade experimental. Também foi realizada uma análise visual dos sintomas de deficiência hídrica. A análise estatística foi executada com o auxílio do software SAEG 9.1, 2006.

Para determinar a massa seca da parte aérea e da parte radicular, procedeu-se à secagem do material em estufa de ventilação forçada a 75 °C, por 48 h. A massa foi determinada em balança de precisão. A altura foi medida com uma régua e o diâmetro do coleto, com um paquímetro.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O período do experimento foi bastante chuvoso, 158 mm, distribuídos em 12 dos 34 dias de experimento. As temperaturas mínima, média e máxima no período foram de 14,7; 22; e 32,8°, respectivamente. A radiação solar média no período foi de 124,3 W.m<sup>-2</sup> (média de 24 h), e a ETo totalizou 79,42 mm.

Apesar do alto índice pluviométrico, acredita-se que seus efeitos sobre os resultados sejam pequenos, visto que a maioria das chuvas ocorreu em pequenos intervalos de tempo e quase sempre no período noturno. Deve-se considerar, também, que a capacidade de retenção de água dos tubetes é pequena e se esgota em poucas horas.

Na Tabela 2, apresenta-se a quantidade de água recebida por tratamento, distinguindo-se irrigação e precipitação. Os valores de precipitação são diferentes, porque os tratamentos foram cobertos com plástico durante algumas chuvas. A lâmina aplicada foi bem próxima do valor planejado para todos os tratamentos, e a diferença se deve às divergências entre os valores de ETo medidos pelo Irrigâmetro e estimados pela equação de Penman-Monteith, já que a irrigação era realizada de acordo com a leitura do Irrigâmetro.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos e quantidade de água aplicada

Tratamentos	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Descrição	12 mm.d <sup>-1</sup>	150% ETo	200% ETo	250% ETo	300% ETo	350% ETo
Lâmina planejada (mm)	367,2	119,13	158,84	198,55	238,26	277,97
Precipitação (mm)	158,0	85,2	91,0	96,3	102,5	109,1
Irrigação (mm)	284	122,5	162,3	204,4	247,1	286,2
Irrigação (% ETo)	357,8	154,3	204,6	257,4	311,1	360,4

Observa-se, na Tabela 2, que o volume total de irrigação na testemunha ou tratamento de rotina do viveiro (L0) se aproximou daquele do tratamento de maior lâmina (L5). Contudo, a precipitação foi maior na testemunha, uma vez que os outros cinco tratamentos eram cobertos durante as chuvas ocorridas durante o dia. A testemunha não foi coberta, pois o objetivo era comparar a aplicação usual de água do viveiro com a dos tratamentos propostos.

A Tabela 3 ilustra a divisão das irrigações de acordo com as determinações da evapotranspiração de referência pelo Irrigâmetro. Nesse exemplo, com dados reais, a ETo medida no Irrigâmetro foi de 3,3 mm, bem próximo do valor calculado pelo método de Penman-Monteith (3,16 mm).

Tabela 3 – Exemplo da divisão da irrigação de acordo com a ETo determinada pelo Irrigâmetro (27 de outubro)

Horário	07:15	09:15	11:15	13:15	15:05	16:20	Total (mm)
ETo (mm)	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,4	3,3
% ETo	Irrigação Realizada (mm)						
150	0,75	0,75	0,75	1,05	1,05	0,6	4,95
200	1	1	1	1,4	1,4	0,8	6,6
250	1,25	1,25	1,25	1,75	1,75	1	8,25
300	1,5	1,5	1,5	2,1	2,1	1,2	9,9
350	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	10,8
Testemunha	1,8	1,8	1,8	2,1	2,1	2	11,6

A ETo medida pelo Irrigâmetro era corrigida diariamente pelo método-padrão e a correção da lâmina, feita no dia seguinte.

O Irrigâmetro permite calibração, ressaltando-se que neste trabalho se iniciou a calibragem do aparelho com 10 dias de antecedência. Assim, as diferenças entre os dois métodos eram mínimas, com algumas exceções, em que houve problemas com o Irrigâmetro.

A análise visual apontou sintomas de déficit hídrico nos tratamentos L1 e L2. Foi observado seca dos ponteiros, de galhos e da haste principal, bem como necrose nas folhas em forma de “V” invertido. No tratamento L1, 17% das mudas não sobreviveram. No tratamento L2, a mortalidade foi de 10%. Nos demais tratamentos, o índice de sobrevivência foi de 100%.

Nas Tabelas 4 a 7, apresentam-se os resultados da análise estatística das quatro variáveis estudadas nas três avaliações. Em média, o tratamento L3 apresentou resultados semelhantes aos das lâminas maiores e superou o desenvolvimento das mudas irrigadas com menores lâminas.

Tabela 4 – Altura das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Média dos Tratamentos – Altura das Plantas (cm)						
Lâmina	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L0	17,76 AB	19,06 B	20,91 A	23,29 A	24,57 A	27,33 A
L1	15,91 B	18,73 B	17,57 B	19,41 B	20,04 B	20,16 C
L2	17,09 AB	21,93 A	18,22 B	20,98 B	20,59 B	24,16 B
L3	18,53 A	21,08 AB	20,59 A	24,03 A	24,02 A	27,38 A
L4	17,72 AB	19,59 AB	21,04 A	23,37 A	25,03 A	27,33 A
L5	18,89 A	20,86 AB	21,38 A	23,82 A	23,99 A	26,78 A

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).



Tabela 5 – Diâmetro do coleto das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Média dos Tratamentos – Diâmetro de Coleta (mm)						
Lâmina	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L0	2,11 A	2,09 AB	2,27 A	2,29 A	2,44 A	2,39 A
L1	2,11 A	2,10 AB	2,19 A	2,21 AB	2,20 BC	2,29 A
L2	2,15 A	2,26 A	2,17 A	2,30 A	2,18 C	2,38 A
L3	2,23 A	2,16 AB	2,28 A	2,31 A	2,39 AB	2,36 A
L4	2,18 A	1,99 B	2,27 A	2,20 AB	2,38 AB	2,36 A
L5	2,04 A	2,11 AB	2,29 A	2,17 B	2,42 A	2,31 A

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 6 – Massa seca da parte aérea das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Média dos Tratamentos – Massa Seca Parte Aérea (g)						
Lâmina	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L0	0,42 A	0,45 A	0,59 A	0,58 A	0,73 A	0,71 A
L1	0,41 A	0,48 A	0,47 B	0,52 BC	0,49 B	0,50 B
L2	0,43 A	0,45 A	0,54 A	0,51 C	0,68 A	0,53 B
L3	0,43 A	0,43 A	0,58 A	0,56 ABC	0,72 A	0,68 A
L4	0,45 A	0,45 A	0,58 A	0,58 AB	0,70 A	0,76 A
L5	0,43 A	0,44 A	0,58 A	0,58 A	0,68 A	0,73 A

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 7 – Massa seca da parte radicular dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Média dos Tratamentos – Massa Seca Parte Radicular (g)						
Lâmina	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L0	0,11 A	0,12 A	0,19 A	0,20 A	0,23 A	0,27 AB
L1	0,10 A	0,12 A	0,15 B	0,16 B	0,20 B	0,19 C
L2	0,11 A	0,13 A	0,16 AB	0,18 AB	0,22 A	0,21 C
L3	0,12 A	0,13 A	0,19 A	0,19 A	0,22 A	0,24 B
L4	0,11 A	0,12 A	0,18 AB	0,21 A	0,22 A	0,28 A
L5	0,11 A	0,12 A	0,18 AB	0,20 A	0,23 A	0,28 A

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Na primeira avaliação, houve diferença estatística na altura das plantas, mas não houve sentido lógico e nem deve estar relacionada aos tratamentos hídricos, pois havia pouco tempo de diferenciação. Na segunda e terceira avaliações, os tratamentos L1 e L2 resultaram em menor crescimento, evidenciando-se que essas lâminas provocaram redução no desenvolvimento das plantas. Não houve diferença significativa entre os outros tratamentos (Tabela 4). Entretanto, as mudas de todos os tratamentos superaram a altura mínima recomendada de 15 cm (GOMES et al., 1996; SILVA, 2003).

O diâmetro de coleto foi pouco influenciado pelas lâminas de irrigação. No clone 1 houve diferença estatística apenas na última avaliação, com L0 e L5 apresentando maiores diâmetros. No clone 2, essa tendência não se repetiu, e os resultados não foram explicáveis pelo tratamento hídrico (Tabela 5).

Freitag (2007), estudando o efeito de frequências de irrigação em *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro, também não encontrou diferença significativa quanto ao desenvolvimento do diâmetro de coleto.

Outros autores encontraram diferenças significativas no desenvolvimento do diâmetro de coleto de mudas submetidas a manejo hídrico diferenciado (SASSE et al., 1996; SILVA, 1998). Apesar da diferença significativa encontrada no trabalho de Silva (1998), não houve definição de tendência do nível de estresse hídrico sobre o diâmetro das mudas.

Todas as mudas avaliadas superaram o valor mínimo de 2 mm, conforme recomendação de Silva (2003).

Na Tabela 6, pode-se observar que a massa seca da parte aérea apresentou comportamento parecido ao da altura das plantas. Não houve diferença estatística na primeira avaliação, mas nas outras duas avaliações se observou que a massa seca da parte aérea era menor nos tratamentos de menor lâmina, independentemente do material de origem. No clone 1, apenas a menor lâmina reduziu a massa aérea das mudas. Já no clone 2 as duas menores lâminas proporcionaram redução na massa da parte aérea.

Durante a primeira avaliação não foi constatado diferença estatística entre os tratamentos da massa seca da parte radicular. Na segunda avaliação já se observou essa diferença no clone 2, em que os dois tratamentos de menor lâmina apresentaram menor desenvolvimento; os tratamentos L4 e L5 foram os de maior massa seca da parte radicular. Com relação ao clone 1, pode-se afirmar que a menor lâmina resultou em redução na parte radicular e que os tratamentos L0 e L3 se destacaram (Tabela 7).

No geral, os tratamentos L1 e L2 foram os piores. Entre os demais tratamentos não houve diferença estatística. Assim, o tratamento L3 destacou-se por ser o de menor lâmina e por ter apresentado desenvolvimento semelhante aos de lâmina maior. Conclui-se, portanto, ser necessária a aplicação de aproximadamente 257% da evapotranspiração de referência para o bom desenvolvimento das mudas.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitiram as seguintes conclusões:

- a) O tratamento com aplicação de 257% da ETo pode ser recomendado, por ter proporcionado o mesmo desenvolvimento dos tratamentos de maior lâmina com a vantagem da economia de água.
- b) O diâmetro do coleto mostrou-se menos afetado pelo estresse hídrico que a altura das plantas.
- c) Os tratamentos L1 e L2 (150 e 200% da ETo) reduziram o desenvolvimento das mudas e provocaram morte de algumas mudas, sendo visíveis sintomas de déficit hídrico na maioria delas.
- d) O Irrigâmetro apresenta grande potencial para uso em sistemas de alta frequência de irrigação, como nos viveiros florestais.

## 5. REFERÊNCIAS

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 442 p.

ALLEN, R.G. A penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 12, n. 4, p. 348-368, 1986.

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L.; BURMAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agron. J.**, v. 81, p. 650-662, 1989.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, D.F. de; CRUZ, E.S. da; SILVA, W.A. da; SOUZA, W. de J.; SOBRINHO, T.A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 112-118, 2006.

CEMIG. **Estudo de otimização energética**: setor irrigação – pivô central. Belo Horizonte, 1993. 22 p.

DOS REIS, E.F.; BARROS, F.M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J.E.M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 74-81, 2005.

FERRARI, M.P. **Cultivo do eucalipto**: produção de mudas, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br>>. Acesso em: 16 mar. 2006.

FERREIRA, C.A.G.; DAVIDE, A.C.; de CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.

FREITAG, A.S. **Frequências de irrigação para eucalyptus grandis e pinus elliottii em viveiro**. Santa Maria, RS: UFSM, 2007. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 15-22, 1996.

JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; E ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requeriments**. New York: ASCE, 1990. 332 p. (Manuals and Reports on Engineering Praticce, 70).

LOPES, J.L.W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. Botucatu, SP: UNESP, 2004. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MEDEIROS, G. A. de; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 513-519, 2004.

MIRANDA, F.R.; SOUZA, F.; RIBEIRO, R.S.F. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. **Engenharia Agrícola**, v. 18, p. 63-70, 1999.

SAEG – **Sistema para análise estatística**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2006. v. 1.

SASSE, J.; SANDS, R.; WHITEHEAD, D.; KELLIHER, F.M. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. **Tree Physiology**, v. 16, p. 287-294, 1996.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requeriments**. Rome, Italy: Land and Water Development Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991. 21 p.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. Curitiba: UFFPR, 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, M.R. da. **Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. Botucatu, SP: UNESP, 2003. 110 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Fatos e números do Brasil florestal**. [S.l.]: SBS, 2006.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 665-673, 2002.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão Digital 2. Recife, 2006. 449 p.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

## **CAPÍTULO 3**

### **EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O setor florestal tem contribuído significadamente para o crescimento do Brasil, com participação em torno de 4% do PIB nos últimos anos. Para suprir a crescente demanda por madeira, as plantações de eucalipto se espalham por diversas regiões do país. Pesquisas na área de genética e produção de mudas são fundamentais para a formação de maciços florestais de alta produtividade e qualidade.

A qualidade das mudas é de grande importância para o sucesso dos projetos de implantação de povoamentos florestais, afetando o percentual de sobrevivência das mudas após o plantio e a frequência dos tratos culturais de manutenção do povoamento recém-implantado (CARNEIRO, 1995).

Silva (1998) relatou que a qualidade das mudas é resultado da soma de fatores genéticos e dos procedimentos de manejo do viveiro, sendo fator determinante para a obtenção de povoamentos de alta produtividade. Pode ser expressa por características morfológicas, fisiológicas e nutricionais.

O manejo da irrigação na produção de mudas em tubetes apresenta algumas particularidades, em função do pequeno volume de substrato que limita a quantidade



de armazenamento de água para as mudas. Dessa forma, as irrigações exigem maior frequência e menor intensidade, em comparação com os cultivos agrícolas em solos.

Uma forma de reduzir a necessidade de altas frequências de irrigação, sem alterar o volume dos recipientes, consiste em aumentar a capacidade de retenção de água dos substratos. Esse aumento pode ser conseguido através da substituição do substrato por outro que apresente maior capacidade de retenção de água ou através da adição de polímeros hidroabsorventes, também conhecidos como polímeros hidrorretentores ou hidrogéis.

Quimicamente, os polímeros podem ser definidos como substâncias constituídas de macromoléculas formadas a partir da repetição de unidades estruturais menores, os monômeros.

Polímeros hidroabsorventes são produtos naturais (derivados do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo), que apresentam grande capacidade em absorver e estocar água. Quando secos, são granulares e de cor branca; quando hidratados, assumem a forma de gel transparente (Figura 1). Morais (2001) citou que os hidrorretentores mais frequentemente usados são os polímeros sintéticos propenamidas (poliacrilamida ou PAM) e os co-polímeros propenamida-propenoato (poliacrilamidaacrilato, ou PAA).



Figura 1 – Polímero hidrorretentor, seco e hidratado.  
Fonte: <[www.stockosorb.com](http://www.stockosorb.com)>.

Segundo Hidroplan-EB (2003) *apud* Faria (2004), quando se adicionou água em quantidade suficiente, esta se incorpora aos grãos e estes se expandem (100 vezes o volume original e até 400 vezes o seu peso em água), formando um gel insolúvel. O fabricante relatou ainda que o gel não causa danos ao homem ou aos animais. O produto não é volátil, apresentando-se na forma de um “farelado”.

Algumas empresas eucaliptocultoras já utilizam os hidrogéis para aumentar a sobrevivência de mudas no campo e reduzir as irrigações pós-plantio, porém não há relatos de seu uso em viveiros de produção de mudas de eucalipto. Os resultados do uso de polímeros na agricultura são bastante contraditórios.

Nimah et al. (1983) relataram que o uso de condicionadores sintéticos tem contribuído para aumentar a capacidade de retenção de água, reduzindo a frequência de irrigação e permitindo a utilização mais efetiva dos recursos solo e água, além de contribuir para o rendimento das culturas. Entretanto, esses autores afirmaram que são poucos os estudos sobre os polímeros hidroabsorventes.

Wang e Gregg (1990) alertaram para o fato de que a quantidade de água retida pelos hidrorretentores pode ser negativamente afetada por químicos ou íons presentes na água. Cátions como Na, Ca e Mg são danosos a todos os tipos de hidrorretentores, reduzindo seu poder de absorção.

Tittonell et al. (2002) observaram que a adição de polímero no substrato permitiu melhorar a precocidade, uniformidade e tamanho de plantas de pimentão, especialmente em solos carentes de nutrientes. Esses mesmos autores afirmaram que a melhora dos parâmetros de qualidade das plantas ocorreu por maior retenção hídrica, maior capacidade de trocas iônicas ou por ambas as razões.

Estudando a eficiência do polímero poliacrilamida adicionado ao substrato de transplântio no armazenamento de água para o cafeeiro e utilizando quatro doses de polímero e quatro turnos de rega, Azevedo et al. (2002) concluíram que a altura e peso de matéria seca das plantas aumentaram com a adição do polímero. A presença deste também permite aumentar o intervalo entre as irrigações sem comprometer o crescimento, o acúmulo e a matéria seca do cafeeiro.

Mendonça et al. (2002) e Ferreira et al. (2002) não obtiveram resultados positivos com o uso de polímeros hidrorretentores na produção de mudas de cafeeiro.

Avaliando o crescimento e composição mineral de porta-enxerto de tangerina em substrato acrescido de polímeros hidrorretentores, Vichiato et al. (2004) observaram que o crescimento foi prejudicado pelo incremento do hidrorretentor. Os

referidos autores atribuíram os resultados à menor aeração do substrato, prejudicando a absorção.

Sita et al. (2005) afirmaram que o polímero agrícola tem grande potencial de uso como condicionador de solo para a produção de mudas. Contudo, pouco conhecimento existe sobre seu uso e sua interação com fertilizantes. Estudando o efeito do polímero com diferentes fontes de adubações nitrogenadas e potássicas no crescimento e nutrição do crisântemo, os citados autores observaram ligeiro aumento na condutividade elétrica, com a elevação das doses de polímero. Este reduziu o desenvolvimento das plantas. Isso provavelmente ocorreu devido ao impedimento da absorção de nutrientes provocado pelos polímeros, já que estes adsorvem os cátions da solução do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de doses de um polímero hidrorretentor ao substrato, bem como a sua interação com diferentes lâminas de irrigação, sobre o desenvolvimento de mudas de eucalipto em tubetes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no Município de Martinho Campos, Minas Gerais, em um viveiro da Companhia Agrícola Florestal Ltda. – CAF, grupo Arcelor. Os trabalhos de campo foram realizados nos meses de outubro a dezembro de 2006.

Primeiramente, foram realizados ensaios de laboratório, visando a uma aproximação da dosagem de hidrogel que deveria ser utilizada, através da capacidade de retenção de água informada pelo fabricante do hidrogel e da porosidade do substrato, determinada em outro experimento.

A capacidade de retenção de água foi determinada em um método prático, descrito a seguir. Diferentes quantidades de hidrogel foram misturadas ao substrato-padrão do viveiro, e procedeu-se ao enchimento e compactação de tubetes para o ensaio. Adicionou-se água lentamente aos tubetes, com o auxílio de uma seringa, até que todos fossem saturados. Os tubetes foram colocados verticalmente para o escoamento do excesso de água por aproximadamente 15 min. Em seguida, o substrato foi seco em estufa a 80 °C por 24 h, tendo sua massa medida antes e depois da secagem, para determinação da capacidade de retenção de água.

Estudaram-se o enraizamento das miniestacas e o desenvolvimento das mudas no pátio. Consideraram-se enraizadas todas as mudas em que podia ser observada a ponta da raiz na extremidade inferior do tubete.

Foram usadas 30 bandejas com 140 miniestacas do clone CAF 1117 para cada dose de hidrogel, totalizando-se 150 bandejas. Avaliou-se o enraizamento das mudas 27 dias após o estaqueamento, quando as mudas foram transferidas para a

casa de sombra. Após seis dias na casa de sombra, foram selecionadas 12 bandejas, referentes a cada dose de gel, com mudas de mesmo tamanho e vigor, para comporem o experimento em que foi estudado o efeito de lâminas de irrigação e doses de hidrogel no desenvolvimento das mudas.

No pátio, o experimento foi instalado no esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram formadas por três lâminas de irrigação (7,2; 9,6; e 12,0 mm d<sup>-1</sup>). Nas subparcelas foram dispostas as cinco doses do hidrogel Hidroplan-EB (0,0; 500; 1.000; 1.500; e 2.000 mg dm<sup>-3</sup> de substrato) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

As avaliações foram realizadas aos 42, 55 e 65 dias após o estaqueamento. As variáveis avaliadas foram: altura das mudas (H), diâmetro de coleto (DC), massa seca da parte aérea (MA) e massa seca da parte radicular (MR).

A altura das plantas foi medida com uma régua e o diâmetro do coleto com um paquímetro. A massa seca da parte aérea e da parte radicular foi determinada em balança de precisão após a secagem por 48 h em estufa de ventilação forçada a 75 °C.

A análise estatística foi efetuada com o auxílio do software SAEG-Versão 9.1. Os dados foram submetidos a análises de variância, e os efeitos significativos foram apresentados em formas de equações e gráficos (superfície de resposta).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de laboratório evidenciou o potencial do uso de gel como retentor de água. Observa-se, no gráfico da Figura 1, o ajuste da equação quadrática da retenção de água em função da dose de hidrogel, assim como maior relação entre a retenção de água e o aumento da quantidade de hidrogel misturada ao substrato até a dosagem de  $8 \text{ g dm}^{-3}$ . Após esse valor, a retenção se estabiliza, provavelmente por preencher todo o espaço poroso do tubete. A adição de  $8 \text{ g dm}^{-3}$  de hidrogel aumentou a disponibilidade total de água em aproximadamente 33%.

A capacidade de retenção de água dos hidrorretentores também foi relatada por Oliveira et al. (2004), que estudaram a influência do polímero Terracottem<sup>®</sup> sobre a retenção de água no solo. Afirmaram que a concentração de  $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$  aumentou a umidade no potencial matricial de  $-0,03 \text{ MPa}$  em cerca de 41% no solo franco-argilo-arenoso e em 37% no solo argiloso, em relação às respectivas testemunhas, com aumento na disponibilidade total de água (DTA) correspondente a 123 e 135%, respectivamente.

Balena (1998) estudou os efeitos da adição de polímero hidrorretentor nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos, areia marinha e solo argiloso. No solo argiloso, a retenção de água foi acrescida em duas vezes, enquanto na areia marinha aumentou 7,5 vezes. Também, foi observado aumento da umidade e porosidade do solo com o incremento de polímero nos solos, enquanto a massa específica e a condutividade hidráulica decresceram progressivamente.

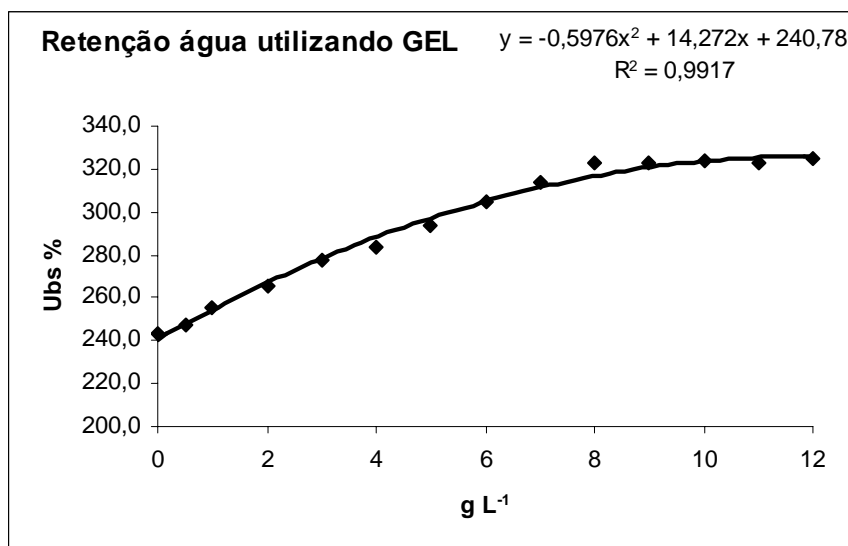


Figura 2 – Curva de retenção de água em função da dose de hidrogel.

Considerando a capacidade de retenção de água do hidrogel informada pelo fabricante (400 g de água por g de gel) e a porosidade total do substrato (42,7% em volume), instalou-se o experimento de campo com dosagem de 0 a 2 g de gel por dm<sup>3</sup> de substrato.

O uso do hidrogel não afetou o enraizamento, e o índice oscilou entre 85,23 e 86,74%, nas diferentes dosagens. Esse resultado indica que, apesar de aumentar a capacidade de retenção de água, o hidrogel não prejudicou a aeração a ponto de reduzir o enraizamento.

Das três avaliações de desenvolvimento realizadas, houve diferença estatística apenas na última. No entanto, foram observados sintomas de deficiência hídrica a partir do 40º dia após o estaqueamento. Os sintomas de déficit hídrico foram mais visíveis no substrato sem hidrogel e submetido à lâmina de 7,2 mm d<sup>-1</sup>. Observaram-se seca dos ponteiros, de galhos e da haste principal e necrose nas folhas em forma de “V” invertido. Na ausência de gel, a porcentagem de sobrevivência foi de 85, 96 e 100%, respectivamente nos tratamentos L1, L2 e L3. Em todas as dosagens de gel, a porcentagem de sobrevivência foi de aproximadamente 95% em L1 e de 100% em L2 e L3.

Adams e Lockaby (1987) *apud* Azevedo et al. (2002), estudando o efeito de polímeros em sementeiras de espécies florestais, observaram que, 18 dias após a

primeira irrigação, 100% das mudas utilizadas como testemunha murcharam, enquanto as que receberam o hidrogel permaneceram túrgidas.

Apresenta-se, na Tabela 1, o resumo das análises de variância das variáveis na terceira avaliação, realizada aos 65 dias após o estaqueamento. A lâmina de irrigação apresentou efeito significativo sobre todas as variáveis, enquanto a dosagem de hidrogel não foi significativa apenas para diâmetro do coleto.

Tabela 1 – Resumo das análises de variância da altura das plantas (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MA) e massa seca da parte radicular (MR), no esquema de parcelas subdivididas

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio			
		H	DC	MA	MR
Lâmina (L)	2	32,936**	0,1368**	0,142**	0,0063**
Resíduo (a)	6	1,911	0,0133	0,0132	0,0010
Gel (G)	4	21,168**	0,0737 <sup>ns</sup>	0,0309**	0,0003**
L x G	8	1,029**	0,0309**	0,0055 <sup>ns</sup>	0,0008**
Resíduo (c)	24	1,446	0,0313	0,0037	0,0010
CV (%) parcela		5,161	4,798	17,206	14,901
CV (%) subparcela		4,489	7,351	9,086	14,543

\*\* , \* e <sup>ns</sup> F significativos a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo a 5% de probabilidade, respectivamente. CV - coeficiente de variação.

Na variável H, verificou-se que as fontes de variação lâmina (L) e gel (G) e a interação (L x G) foram significativas a 1% de probabilidade. Os valores dos coeficientes de variação foram de 5,2 e 4,5% na parcela e na subparcela, respectivamente.

Quanto à variável diâmetro do coleto, a fonte de variação L e a interação L x G foram significativas a 1% de probabilidade, enquanto a dosagem de gel foi não-significativa a 5% de probabilidade. Os coeficientes de variação da parcela e subparcela foram de 4,8 e 7,4%, respectivamente.

Na variável MA, verificou-se que as fontes de variação L e G foram significativas a 1% de probabilidade, enquanto a interação L x G foi não-significativa a 5% de probabilidade. Os valores dos coeficientes de variação da parcela e subparcela foram de 17,2 e 9,1%, respectivamente.



Na variável MR, verificou-se que as fontes de variação L, G e L x G foram significativas a 1% de probabilidade. Os valores dos coeficientes de variação da parcela e subparcela foram de 14,9 e 14,5%, respectivamente.

Em vista dos resultados das análises de variância, procedeu-se ao desdobramento dessa interação por meio de análises de regressão (Tabela 2). As variáveis DC e MR apresentaram baixa correlação com as fontes de variação ( $R^2 < 50\%$ ). Assim, suas equações não foram apresentadas, e a estimativa dessas variáveis foi considerada como sua média geral. As equações de altura e massa seca da parte aérea evidenciam a significância do efeito do hidrogel e da lâmina de irrigação sobre essas duas variáveis.

Tabela 2 – Equações de regressão ajustadas às variáveis da altura das plantas (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MA) e massa seca da parte radicular (MR), em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de gel (G)

Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
$\hat{H} = 41,167 - 4,125 \times L + 0,243 L^2 + 0,005 G - 0,000005 G^2$	0,58
$\hat{DC} = 2,406$	-
$\hat{MA} = 1,658 - 0,262 \times L + 0,015 L^2 + 0,00004 G$	0,56
$\hat{MR} = 0,216$	-

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Os tratamentos aplicados proporcionaram efeitos sobre as variáveis altura das plantas e massa seca da parte aérea, sendo insignificante a alteração sobre o diâmetro do coleto e a massa seca da parte radicular (Tabela 2).

Analisando as equações, observou-se a que maior altura das plantas ocorre na combinação de 500 mg de gel e de 12 mm de irrigação.

Esses resultados conferem com os encontrados por Azevedo et al. (2002). Esses autores, utilizando quatro doses de polímero e quatro turnos de rega, observaram acréscimo na altura das plantas e na massa seca da parte aérea, em mudas de cafeeiro. Afirmaram ainda que a presença do polímero permitiu aumentar o intervalo entre as irrigações sem comprometer o crescimento, o acúmulo e a matéria seca do cafeeiro.

Mendonça et al. (1999) também encontraram efeitos significativos do uso do condicionador Terracottem em mudas de cafeeiro produzidas em tubetes. Os referidos autores constataram que a adição do polímero influenciou positivamente a altura das plantas, diâmetro de caule e massa seca da parte aérea

No gráfico da Figura 3 é apresentada a superfície de resposta para a variável altura das plantas em função da lâmina de irrigação e da dose de gel hidrorretentor. Observa-se, nessa figura, que o crescimento das plantas é menor na maior dose de gel, sendo o ponto ótimo em 500 mg dm<sup>-3</sup>, aproximadamente. Acredita-se que doses maiores de hidrogel reduzem a capacidade de aeração dos substratos, prejudicando a absorção e, conseqüentemente, o desenvolvimento das mudas.

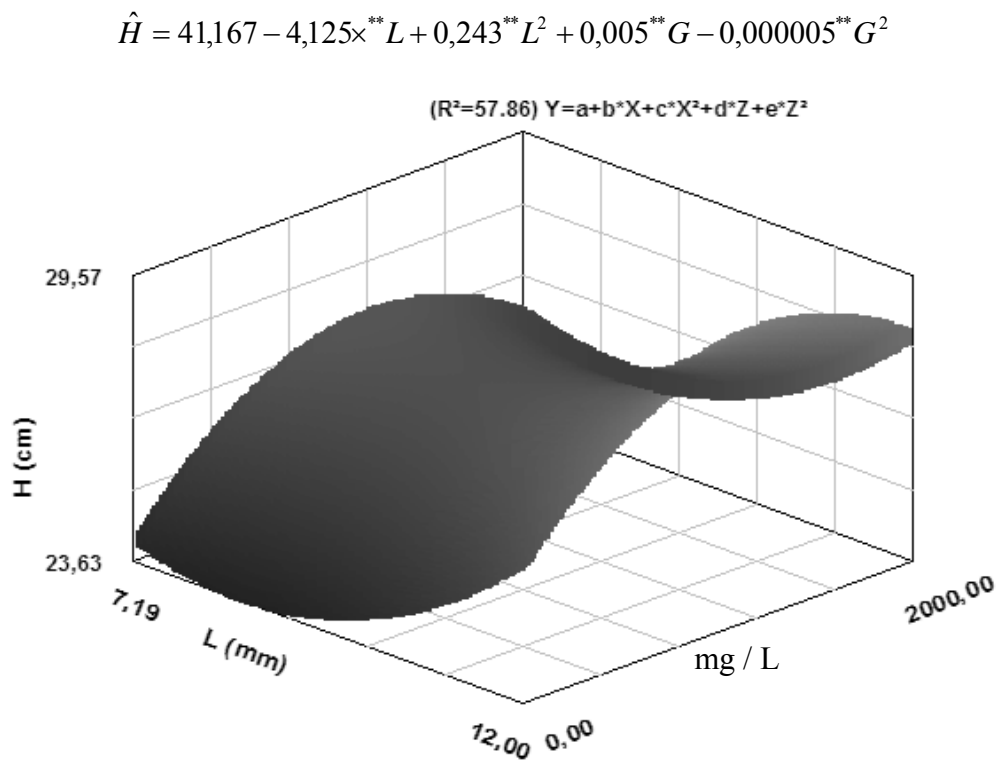


Figura 3 – Superfície de resposta para a variável altura das plantas em função da lâmina de irrigação e da dose de gel.

Essa constatação também foi feita por Vichiato et al. (2004), avaliando o crescimento e a composição mineral de porta-enxerto de tangerina em substrato acrescido de polímeros hidrorretentores. Esses autores observaram que o crescimento foi prejudicado pelo incremento do hidrorretentor e atribuíram os resultados à menor aeração do substrato, prejudicando a absorção de nutrientes. Entretanto, não se observou redução no desenvolvimento radicular em função da redução da aeração provocada pela adição do hidrogel.

Flannery e Busscher (1982) ressaltaram que, apesar da contribuição oferecida pelo polímero em relação à capacidade de retenção de água, o mesmo foi prejudicial à planta de azaléia, pela falta de aeração no sistema radicular devido à presença do polímero hidratado no substrato, e isso foi mais evidente à medida que se aumentou a dosagem de polímero no substrato.

Buzetto et al. (2002), estudando a eficiência do hidrogel no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio, constataram que o polímero reteve a água de irrigação por maior período de tempo, disponibilizando-a de maneira gradativa para as plantas, o que resultou na diminuição da mortalidade das mudas cultivadas com o hidrogel sem, contudo, acelerar o crescimento em altura destas.

Observa-se, no gráfico da Figura 4, que a massa seca da parte aérea cresce com o aumento da lâmina de irrigação e da dosagem de hidrogel. No entanto, observa-se, pela equação desse gráfico, que o crescimento em função da dose de gel é pequeno.

Bruxel et al. (2002) estudaram os efeitos da adição de doses do condicionador de solos Hidroplan-EB<sup>®</sup> em substrato comercial sobre a produção de mudas de tomate industrial em bandejas, sob diferentes lâminas de irrigação. O estudo foi constituído de quatro lâminas de irrigação (1,7; 2,6; 3,4; e 4,3 mm d<sup>-1</sup>, por bandeja) e quatro doses do condicionador de solo Hidroplan – EB (0,0; 1,0; 2,0; e 3,0 g kg<sup>-1</sup> de substrato comercial Plantimax<sup>®</sup>). As maiores médias de altura de mudas, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz foram obtidas utilizando-se 1,0 g de condicionador por kg de substrato e a lâmina de irrigação de 4,3 mm d<sup>-1</sup>.

De modo geral, o efeito do polímero foi mais evidente nas variáveis altura das plantas e massa seca da parte radicular. O diâmetro do coleto e a massa seca da parte radicular não sofreram variação significativa pelo teste t a 5% de significância.

$$\hat{MA} = 1,658 - 0,262 \times L + 0,015 \times L^2 + 0,00004 \times G$$

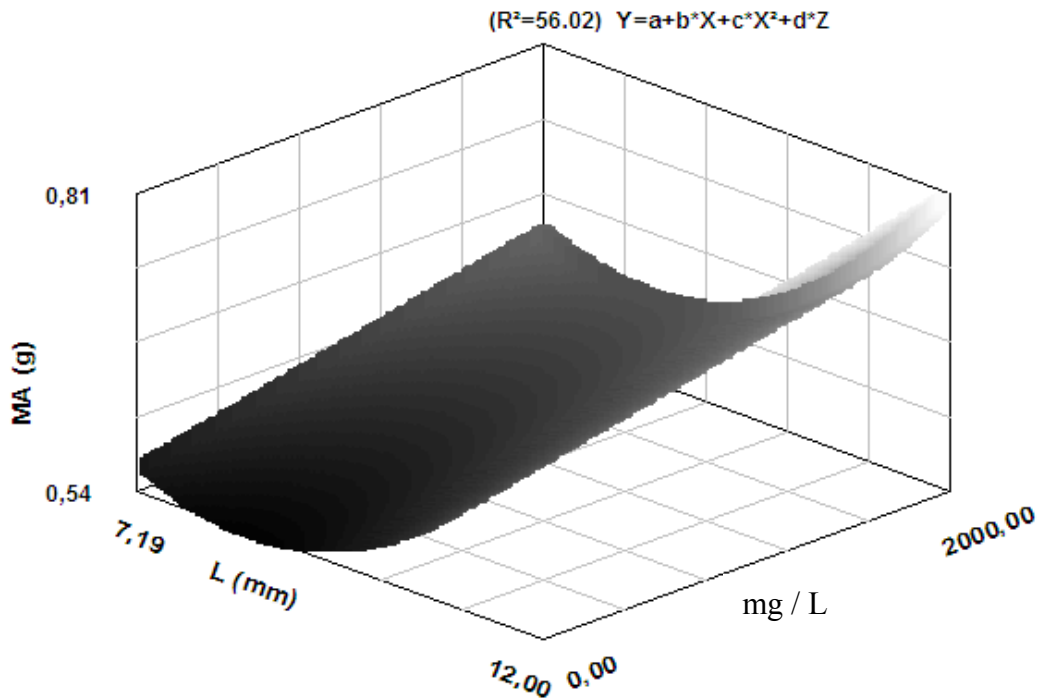


Figura 4 – Superfície de resposta para a variável massa seca da parte aérea (H em cm) em função da lâmina de irrigação (L em mm) e da dose de gel (G em  $\text{mg L}^{-1}$ ).

Commar (1999) obteve resultado semelhante utilizando o condicionador Terracottem na produção de mudas de alface. Ele verificou que a dose de  $1,15 \text{ g L}^{-1}$  de substrato melhorou as características altura da muda e peso da massa fresca da parte aérea, não influenciando a massa das matérias fresca e seca das raízes nem o número de folhas.

#### 4. CONCLUSÕES

A adição de  $8 \text{ g dm}^{-3}$  de hidrogel aumenta a disponibilidade total de água do substrato em aproximadamente 33%.

O uso do hidrogel não afeta o enraizamento das miniestacas de eucalipto e tem potencial para uso na produção de mudas.

A maior altura das plantas ocorre na combinação de  $500 \text{ mg dm}^{-3}$  do hidrogel Hidroplan-EB e de 12 mm de irrigação.

A massa seca da parte aérea das mudas de eucalipto cresce com o aumento da lâmina de irrigação e da dosagem de hidrogel.

Com relação às variáveis diâmetro de coleto e massa seca da parte radicular, não houve diferença significativa.

## 5. REFERÊNCIAS

ADAMS, J.C.; LOCKABY, B.G. Commercially produced super absorbent material increase water – holding capacity of soil medium. **Tree-Planters**, v. 38, p. 24-25, 1987.

AZEVEDO, T.L. de F.; BERTONHA, A.; Gonçalves, A.C.A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Florestal**, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

BALENA, S.P. **Efeito do polímero hidrorretentores nas propriedades físicos e hidráulicos de dois meios porosos**. Curitiba: UFPR, 2004. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BRUXEL, D.; SILVA, F.C.; LIMA, L.M.L.; LUZ, J.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. Lâminas de irrigação e doses de um condicionador de solo para produção de mudas de tomateiro grupo agroindustrial. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, jul. 2002.

BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. **Avaliação de polímero adsorvente à base from acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio**. Piracicaba, SP: IPEF, abril, 2002. 5 p. (Circular Técnica, 195).

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

COMAR, E.M. **Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes lâminas d'água e doses do condicionador de solo terracottem<sup>®</sup>**. Uberlândia, MG: ICIAG/UFU, 1999. (Monografia apresentada ao Curso de Agronomia).

FARIA, A.B. de C. **Monitoramento do pulgão-do-pinus e seu controle com aplicação de Imidacloprid**. Curitiba: UFPR, 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FERREIRA, R. de S.; VALLONE, H.S.; GUIMARÃES, R.J.; MELO, L.Q. de; CARVALHO, J. de A. Efeito de poliacrilato superabsorvente no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação sob diferentes níveis de déficit hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Caxambu, MG, 2002. p. 202-204.

FLANNERY, R.L.; BUSSCHER, W.J. Use of a synthetic polymer in potting soil to improve water holding capacity. **Communication in Soil Science Plant**, v. 13, n. 2, p. 103-111, 1982.

HIDROPLAN-EB. **Informações do fabricante.** Disponível em: <<http://www.ebase.com.br>>. Acesso em: 18 dez. 2003.

MENDONÇA, F. C.; SANTOS, C. M.; ZAGO, R.; SANTOS, V.L.M. do. Uso do condicionador terracottem na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 2., 1999, Araguari. **Anais...** Araguari, MG, 1999.

MENDONÇA, C.M.; TEODORO, R.E.F.; LIMA, L.M.L. de; FERNANDES, D.L.; CORDEIRO, M.G.; NOVAES, Y.N. Produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.) cv. Acaíá em tubetes com polímero hidroabsorvente adicionado ao substrato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari. **Anais...** Araguari, MG, 2002.

MORAIS, O. **Efeito do uso de polímero hidrorretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.).** Piracicaba, SP: ESALQ, 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiróz, Piracicaba.

NIMAH, N.M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M.A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 742-745, 1983.

OLIVEIRA, R.A.; REZENDE, L.G.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, V.G. Influência de um polímero hidrorretentor sobre a retenção da água no solo. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004.

SAEG – **Sistema para análise estatística** – Versão. 9.1. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2006.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação.** Curitiba: UFPR, 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SITA, R.C.M.; REISSMANN, C.B.; MARQUES, R.; OLIVEIRA, E. de; TAFFAREL, A.D. Effect of polymers associated with N and K fertilizer sources on *Dendrathera grandiflorum* growth and K, Ca and Mg relations. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, Curitiba, v. 48, n. 3, 2005.

TITTONELL, P.A.; GRAZIA, J. de; CHIESA, A. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, 2002.

VICHIATO, M. et al. Crescimento e composição mineral do porta-enxerto de tangerina Cleópatra cultivado em substrato acrescido de polímero hidrorretentor. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 748-756, 2004.

WANG, Y. T.; GREGG, L. L. Hydrophilic polymers: their response to amendments and effect on properties of a soilless potting mix. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, p. 943-948, 1990.



## **CAPÍTULO 4**

### **EFEITO DE SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A crescente demanda por produtos florestais tem feito com que as empresas do setor invistam em pesquisas e tecnologias de alto nível na produção de mudas, plantio e manejo das florestas, na busca constante de alta produtividade e qualidade do produto final.

A produtividade dos maciços florestais está diretamente relacionada com a qualidade das mudas produzidas. O substrato utilizado para a produção das mudas deve proporcionar boa formação do sistema radicular, bem como o desenvolvimento da parte aérea. O material utilizado deve ser inerte, garantir boa retenção de água, oxigênio e nutrientes e não possuir elementos químicos em níveis tóxicos, além de apresentar pH e condutividade elétrica adequados.

Cunha et al. (2006) afirmaram que o substrato tem a finalidade de garantir o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em curto período de tempo, e baixo custo. Para esses autores, na fase de mudas a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico. Assim, o substrato deve reunir características físicas e químicas que promovam, respectivamente, a retenção de

umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta.

Gervásio (2003) considerou que as características físicas de um substrato são mais importantes que as químicas, uma vez que as relações entre água e ar não podem ser alteradas durante o cultivo. Esse mesmo autor ressaltou que as propriedades químicas, como concentração de sais, teores de nutrientes, pH e condutividade elétrica, podem ser modificadas por intermédio da irrigação e da fertirrigação.

O excesso de umidade no substrato pode alterar o desenvolvimento do sistema radicular e induzir desequilíbrio na absorção de nutrientes, podendo ocasionar toxicidade por ferro e manganês. A anaerobiose pode ainda ocasionar o geotropismo negativo das raízes, além de favorecer a incidência de doenças (ALFENAS et al., 2004).

Um bom substrato é aquele que proporciona condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Para isso, deve apresentar composição uniforme, baixa densidade, alta capacidade de retenção de água, boa aeração e drenagem e alta capacidade de troca catiônica (GOMES et al., 1985).

O uso do solo puro como substrato para viveiros vem decaindo, devido a vários fatores, destacando-se o problema ambiental criado com a retirada do solo, principalmente em grandes quantidades, e a dificuldade de manuseio do solo no viveiro, por causa de sua densidade relativamente alta, o que o torna impróprio para a utilização em recipientes como os tubetes plásticos. Outro inconveniente é a possibilidade de carregar sementes de plantas invasoras e esporos de patógenos. Dessa forma, tem crescido a produção de substratos a partir de componentes como a vermiculita, casca de arroz carbonizada, moinha de carvão vegetal, turfa, bagaço de cana decomposto, fibra de coco, esterco de bovinos, aves e suínos, cascas de *pinus* ou eucaliptos, compostos derivados de resíduos orgânicos etc. (FERRARI, 2003).

Conforme Silva (2005), os substratos para produção de mudas em tubetes podem ser obtidos através de misturas de substratos orgânicos, dos quais os mais utilizados são esterco de curral curtido, húmus de minhoca, cascas de eucalipto e *pinus* decompostas e bagaço de cana decomposto. Geralmente, adicionam-se casca de arroz carbonizada, vermiculita e terra de subsolo arenosa, com o intuito de melhorar as condições de drenagem do substrato.

Lopes (2004), avaliando diferentes lâminas de água na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando fibra de coco pasteurizada como substrato, constatou a influência das lâminas no desenvolvimento das mudas, com a ressalva de que, com as lâminas de 12 e 14 mm d<sup>-1</sup>, os resultados foram melhores. O uso da fibra de coco como substrato foi considerado satisfatório.

Freitas et al. (2006), estudando a qualidade de mudas de híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* produzidas a partir de miniestacas, em tubetes de 50 cm<sup>3</sup> de capacidade e em blocos prensados, concluíram que ambos os clones tiveram maior porcentagem de enraizamento quando foi utilizado o sistema de tubete, com o substrato casca de arroz carbonizada e casca de eucalipto decomposta. Os referidos autores relacionaram o menor enraizamento encontrado no substrato formado pela mistura de bagaço de cana e torta de filtro com a alta capacidade de absorção e retenção de água, observada visualmente.

Carrijo et al. (2002), estudando o uso da fibra de coco verde em uma plantação de tomate, na comparação com outros sete substratos, constataram leve superioridade da fibra de coco, em termos absolutos, na produção comercial de tomate.

A literatura tem apontado diversas composições de substratos para a produção de mudas, cada uma apresentando peculiaridades relacionadas à disponibilidade de ar e água, o que influencia diretamente o manejo da irrigação a ser utilizado.

Diante do exposto, neste trabalho procurou-se avaliar o efeito de diferentes composições de substrato no enraizamento e desenvolvimento de mudas de eucalipto submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em um viveiro de produção de mudas da Companhia Agrícola Florestal (CAF), localizado em Martinho Campos, Minas Gerais. A produção gira em torno de 12 milhões de mudas ao ano, pelo método da miniestaquia.

Foram estudadas seis diferentes composições de substrato (Tabela 1). Avaliou-se o enraizamento de cinco clones, sendo três clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (CAF 47, CAF 49, CAF 1117) e dois de *E. urophylla* (CAF 907 e CAF 1211). Avaliou-se também o desenvolvimento de dois clones irrigados sob três lâminas distintas (7,2; 9,6; e 12,0 mm d<sup>-1</sup>).

Tabela 1 – Composição dos substratos utilizados no experimento com a porcentagem de cada componente

Porcentagem dos Componentes nas Misturas					
Substrato	Casca Arroz	Mecplant*	Vermiculita	Fibra de Coco	Bioplant*
1	30	35	35	-	-
2	30	-	35	35	-
3	30	15	35	20	-
4	15	20	35	30	-
5	25	45	30	-	-
6	-	50	-	-	50

\*Substrato comercial.

Determinaram-se as características físicas dos diferentes substratos através de um método prático em laboratório de pesquisa existente na Unidade de Produção de Mudanças da CAF.

Foram utilizados recipientes plásticos com capacidade volumétrica de 180 cm<sup>3</sup>. Após serem feitos pequenos furos no fundo desses recipientes, completou-se o volume com a amostra do substrato, saturando-o em seguida com água destilada, quando se determinou a massa do substrato saturado (M1). Os recipientes foram dispostos sobre uma bancada, de forma a permitir o escoamento do excesso de água através dos furos. Determinou-se novamente a sua massa (M2), após uma hora. Posteriormente, o substrato foi seco em estufa de ventilação forçada a 80 °C por 24 h, sendo efetuada uma nova medição de sua massa (M3).

Para determinar os atributos físicos, foram usadas as seguintes fórmulas:

$$CA = [(M1-M2) / V] \times 100$$

$$CRA = [(M2-M3) / V] \times 100$$

$$PT = CA + CRA$$

em que CA (%) = capacidade de aeração ou macroporosidade; CRA (%) = capacidade de retenção de água ou microporosidade; PT (%) = porosidade total; M1 = massa do substrato encharcado; M2 = massa do substrato drenado; M3 = massa do substrato seco; e V = volume do recipiente.

Foram enviadas amostras para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa, onde se determinou a capacidade de retenção de água da fibra de coco e de cada mistura utilizada no experimento. As análises foram realizadas utilizando-se a mesa de tensão e a câmara de pressão de Richards.

O estaqueamento foi realizado no dia 22 de setembro de 2006. Foram usadas 2.800 estacas (20 bandejas) de cada um dos cinco clones da empresa. As mudas foram retiradas da casa de vegetação aos 28 dias, quando foram levadas para a casa de sombra. Nesse mesmo dia, realizou-se a avaliação do enraizamento em cinco bandejas aleatórias de cada clone. Consideraram-se enraizadas todas as mudas em que podia ser observada a ponta da raiz na extremidade inferior do tubete.

Posteriormente, foram selecionadas 36 bandejas com 70 mudas, sendo 18 bandejas de cada um dos dois clones (CAF 49 e CAF 1117), para o estudo do desenvolvimento sob diferentes lâminas de irrigação, nas fases de crescimento e rustificação. Foram selecionadas mudas semelhantes quanto à altura e ao vigor.

O experimento foi instalado no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as lâminas e nas subparcelas um esquema fatorial 2x6 (2 clones e 6 substratos), no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Avaliaram-se a altura (H), o diâmetro do coleto (DC), a massa seca da parte aérea (MA) e a massa seca da parte radicular (MR), aos 45, 56 e 74 dias após o estaqueamento.

Utilizaram-se uma régua e um paquímetro, para medir a altura das mudas e o diâmetro do coleto, respectivamente. A massa seca da parte aérea e da parte radicular foi determinada em balança de precisão após a secagem por 48 h, em estufa de ventilação forçada a 75 °C.

A análise estatística foi efetuada com o auxílio do software SAEG – Versão 9.1, 2006.

Os dados foram submetidos a análises de variância e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey (5%). Foram ajustados modelos de regressão do comportamento das mudas de cada característica avaliada nos diferentes tratamentos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As curvas de retenção de água determinadas em laboratório são apresentadas na Figura 1 e evidenciam a grande capacidade de retenção de água da fibra de coco. Observa-se, nessa figura, que os substratos 2, 3 e 4, que contêm fibra de coco, apresentaram retenção maior que os demais.

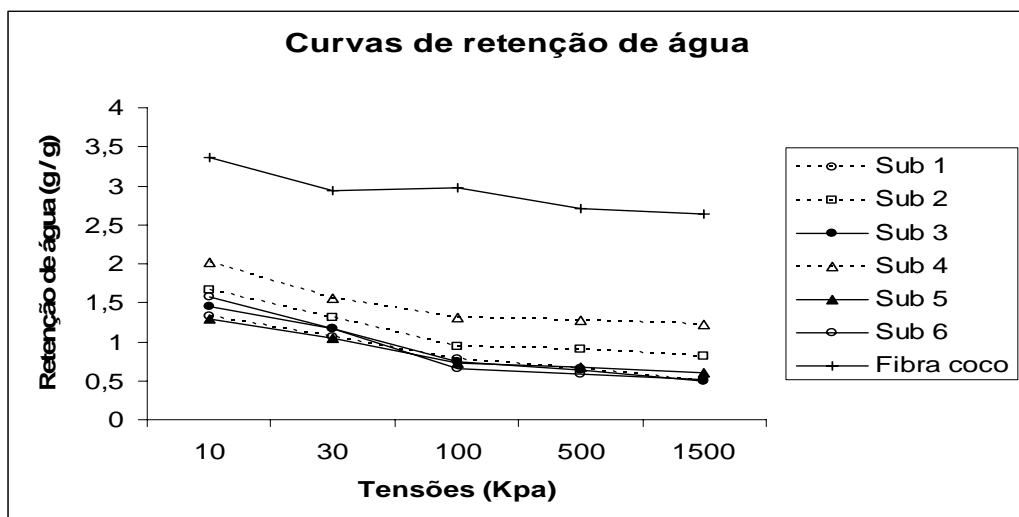


Figura 1 – Curvas de retenção de água dos seis substratos analisados e da fibra de coco.

Na Tabela 2, apresentam-se os resultados do método prático. Pode-se observar, nessa tabela, que os valores da capacidade de retenção de água (CRA) também são maiores nas misturas que contêm fibra de coco. A capacidade de aeração é menor nesses substratos, e a porosidade total pouco difere entre as seis misturas. O substrato 6 apresentou maior capacidade de aeração que os demais. Os que contêm fibra de coco exibiram os menores valores.

Tabela 2 – Capacidades de aeração (CA) e de retenção de água (CRA) e porosidade total (PT) dos substratos utilizados no experimento

Substrato	CA (%V)	CRA (%V)	PT (%V)
1	10,8	31,9	42,7
2	8,1	35,4	43,6
3	7,3	36,4	43,8
4	7,6	34,8	42,3
5	9,1	32,2	41,3
6	12,4	30,3	42,8

A maioria das espécies cultivadas em recipientes necessita de um espaço de aeração entre 10 e 20% (BIX, 1973) e entre 10 e 30% (BALLESTER-OLMOS, 1992). De acordo com esses autores, apenas os substratos 1 e 6 apresentam aeração recomendada para o desenvolvimento das mudas.

A pequena capacidade de aeração pode afetar o potencial de enraizamento das estacas e prejudicar seu desenvolvimento inicial, dependendo do manejo adotado na casa de vegetação. Entretanto, a retenção de água é importante por permitir maiores intervalos entre as irrigações e reduzir as perdas por percolação.

A Figura 2 apresenta o gráfico do índice de enraizamento dos cinco clones em cada tratamento. Observa-se, nessa figura, que o substrato 1 proporcionou o melhor enraizamento para quatro clones, a exceção ficou por conta do CAF 1211, que enraizou melhor quando estaqueado no substrato 6. Os substratos com fibra de coco proporcionaram os menores índices de enraizamento, independentemente do material



de propagação. Esses resultados contrariam a tendência de uso da fibra de coco como substratos em várias empresas do setor florestal, tendo a maioria obtido sucesso e satisfação com o seu uso.

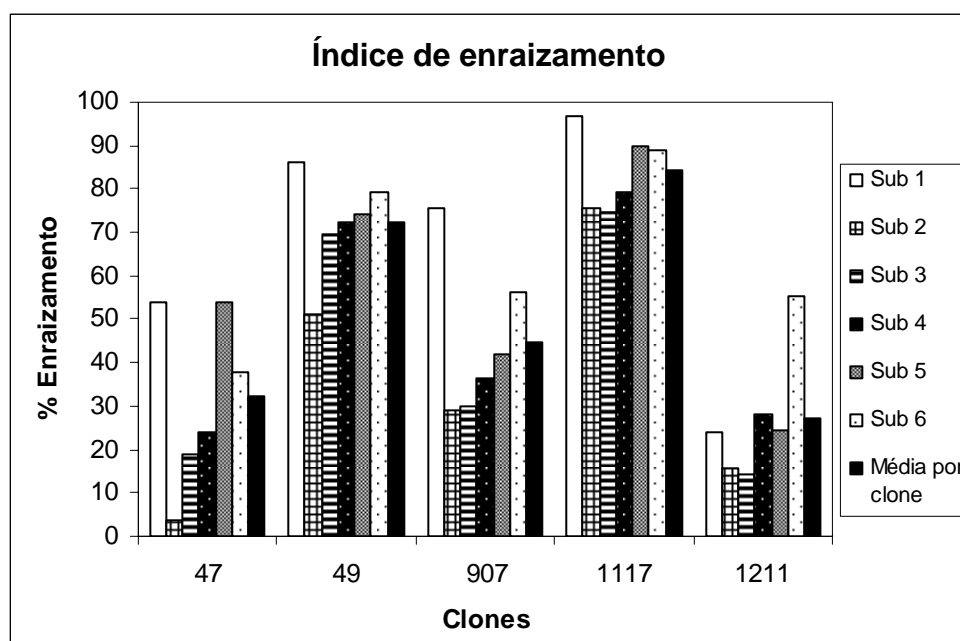


Figura 2 – Índice de enraizamento (%) por clone nas seis composições de substrato.

Vários pesquisadores têm apontado o sucesso do uso da fibra de coco como substrato para formação de mudas, porém, na literatura, não há relatos do uso de fibra de coco para enraizamento de estacas de eucalipto. Pio et al. (2005) recomendaram a fibra de coco como substrato na propagação de estacas herbáceas de figueira. Lacerda et al. (2006) recomendaram o uso de pó de coco como componente para substratos, pois suas propriedades físicas e químicas, aliadas à sua estrutura e durabilidade, apresentaram condições para a produção de mudas de sabiá.

O baixo enraizamento das miniestacas pode, assim, ser o resultado de um erro no manejo da irrigação. Todos os substratos foram submetidos às mesmas condições de manejo na casa de vegetação. Devido à menor capacidade de aeração da fibra de coco, acredita-se que misturas que contenham esse componente necessitam de menor aplicação de água para melhor enraizamento.

Outra justificativa, sustentada pelos baixos valores de aeração dos substratos com fibra de coco, é que o material utilizado não apresentaria as características desejadas. Sabe-se que tanto a origem do material quanto o processo industrial aplicado em sua obtenção influenciam as características e as propriedades do produto final.

A composição química da casca de coco varia amplamente, conforme a fonte, época do ano e quantidade de chuvas. A análise da casca de coco verde apresentou alta concentração de sais, o que provoca condutividade elétrica (CE) alta. A lavagem com água, entretanto, mostrou ser um procedimento adequado para reduzir a quantidade de sódio e potássio presentes, que podem ser facilmente lixiviados. O procedimento de lavagem mostrou-se adequado também na redução do teor de taninos. Isso é importante, pois taninos solúveis muito concentrados são fitotóxicos e inibem o crescimento da ponta das raízes (KÄMPF; FERMINO, 2000).

Recomenda-se, então, a realização de novas pesquisas, analisando a composição química e características físicas da fibra de casca de coco, adequando o manejo da irrigação ao substrato utilizado.

As Tabelas de 3 a 14 apresentam os resultados do teste de Tukey das três avaliações realizadas durante a condução do experimento. As quatro primeiras contêm os resultados da primeira avaliação realizada 45 dias após o estaqueamento. Nessa avaliação, o desenvolvimento foi fortemente influenciado pelas fases anteriores, quando não houve diferenciação hídrica, prejudicando o desenvolvimento das mudas nos substratos com fibra de coco, devido à sua menor aeração. No entanto, os sintomas de déficit hídrico eram mais visíveis nos tratamentos de menor lâmina, utilizando-se o substrato-padrão. Esse substrato foi o único que não apresentou 100% de sobrevivência.

Observa-se na Tabela 3 que, independentemente da lâmina e do clone, os tratamentos com fibra de coco apresentaram menor desenvolvimento, em altura da parte aérea. O baixo desenvolvimento deve ter sido influenciado pelo excesso de água na casa de vegetação, indicando que substratos com maior retenção de água, como é o caso da fibra de coco, devem receber menos água. Nos substratos 1 e 5, o clone 2 (CAF 1117) se desenvolveu melhor. Nos substratos 2, 3, 4 e 6, não houve diferenças entre os dois clones, não existindo tendência entre os dois materiais genéticos.

Tabela 3 – Altura das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na primeira avaliação realizada aos 45 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Altura das Plantas (cm)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	17,59 A a	18,30 A a	19,00 A b	20,84 A a	17,68 AB b	20,73 A a
S2	13,44 B a	14,72 B a	15,41 CD a	14,28 C a	15,18 D a	15,65 B a
S3	15,08 B a	14,77 B a	14,84 D a	15,46 C a	15,49 CD a	15,63 B a
S4	15,25 B a	14,83 B a	16,41 BCD a	15,99 C a	15,88 BCD a	14,59 B a
S5	14,22 B b	18,03 A a	16,87 BC b	18,40 B a	17,30 ABC b	19,76 A a
S6	17,59 A a	18,75 A a	18,40 AB a	18,39 B a	18,06 A a	19,28 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Com relação ao diâmetro do coleto, não houve destaque em nenhum dos substratos. A diferença entre os clones não seguiu nenhuma tendência. Esses resultados indicam que a variável diâmetro de coleto é menos afetada pela baixa aeração no sistema radicular (Tabela 4).

Assim como na altura, a massa seca da parte aérea foi menor nos substratos com fibra de coco, mostrando-se afetada pela pequena aeração do substrato (Tabela 5).

A massa seca da parte radicular também foi menor nos substratos com fibra de coco, possivelmente pela sua baixa capacidade de aeração (Tabela 6).

As Tabelas 7 a 10 apresentam os resultados da segunda avaliação realizada 56 dias após o estaqueamento. Ainda nessas tabelas se observa forte influência da fase de enraizamento nos resultados, quando não se diferenciou a lâmina de irrigação.

Observa-se, na Tabela 7, que a altura das plantas, no geral, também foi menor na segunda avaliação. Contudo, independentemente do tratamento, todas as mudas avaliadas já apresentavam tamanho mínimo para plantio (15 cm), conforme recomendação de Silva (2003).

Tabela 4 – Diâmetro de coletor dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na primeira avaliação realizada aos 45 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Diâmetro de Coletor (mm)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	1,98 A a	1,83 A b	1,78 AB b	1,93 A a	1,82 A a	1,73 A a
S2	1,80 AB a	1,61 B b	1,58 C a	1,70 B a	1,80 A a	1,70 A a
S3	1,75 B a	1,60 B b	1,68 BC a	1,65 B a	1,68 A a	1,67 A a
S4	1,70 B a	1,70 AB a	1,82 AB a	1,68 B a	1,72 A a	1,65 A a
S5	1,73 B a	1,72 AB a	1,82 AB a	1,75 AB a	1,78 A a	1,77 A a
S6	1,73 B a	1,68 AB a	1,90 A a	1,67 B b	1,75 A a	1,77 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5 – Massa seca da parte aérea dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na primeira avaliação realizada aos 45 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Massa Seca da Parte Aérea (g)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	0,44 A a	0,43 A a	0,50 A a	0,44 A b	0,52 A a	0,54 A a
S2	0,35 C a	0,33 B a	0,35 D a	0,33 B a	0,38 C a	0,37 BC a
S3	0,33 C a	0,30 B a	0,41 BC a	0,33 B b	0,37 C a	0,32 CD b
S4	0,34 C a	0,32 B a	0,37 CD a	0,32 B b	0,39 C a	0,30 D b
S5	0,36 BC a	0,40 A a	0,42 B a	0,41 A a	0,41 BC a	0,37 BC a
S6	0,40 AB b	0,44 A a	0,45 AB a	0,45 A a	0,45 B a	0,40 B b

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 6 – Massa seca da parte radicular dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na primeira avaliação, realizada aos 45 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Massa Seca da Parte Radicular (g)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	0,15 A a	0,16 A a	0,20 A a	0,19 A b	0,17 A a	0,17 A a
S2	0,13 B a	0,13 BC a	0,16 BC a	0,13 B b	0,15 ABC a	0,13 B b
S3	0,13 B a	0,14 ABC a	0,14 C a	0,12 B a	0,14 C a	0,12 B a
S4	0,14 AB a	0,12 C b	0,14 C a	0,13 B a	0,14 BC a	0,13 B b
S5	0,14 AB a	0,13 BC a	0,17 B a	0,17 A a	0,14 BC a	0,13 B a
S6	0,16 A a	0,14 AB b	0,15 BC a	0,14 B a	0,16 AB a	0,14 B b

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 7 – Altura das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na segunda avaliação, realizada aos 56 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Altura das Plantas (cm)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	20,34 AB a	21,73 A a	21,90 A a	23,70 A a	20,07 A b	23,17 A a
S2	15,90 C a	17,47 B a	17,83 B a	17,00 C a	18,27 A a	17,37 B a
S3	17,33 BC a	16,70 B a	17,27 B a	18,43 BC a	18,50 A a	16,80 B a
S4	17,70 BC a	17,20 B a	18,90 AB a	19,20 BC a	18,10 A a	17,57 B a
S5	16,70 C b	21,30 A a	19,63 AB a	21,27 AB a	19,93 A b	22,83 A a
S6	20,80 A a	22,43 A a	21,10 A a	20,43 B a	20,53 A a	22,23 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Observa-se, na Tabela 8, que o diâmetro do coleto apresentou resultados distintos nos tratamentos. No clone 1, houve diferença estatística apenas em L2, quando os substratos S1 e S2 apresentaram resultados inferiores. No clone 2, S1 se destacou quando submetido às lâminas 1 e 2; em L3, a diferença foi não-significativa.

Tabela 8 – Diâmetro de coleto dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na segunda avaliação, realizada aos 56 dias após o estaqueamento

Substrato	Média dos Tratamentos – Diâmetro de Coleto (mm)					
	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	2,07 A b	2,28 A a	2,22 A b	2,43 A a	2,07 A a	2,00 A a
S2	1,88 A a	1,75 D a	1,78 C a	1,93 B a	1,98 A a	1,90 A a
S3	1,87 A a	1,82 CD a	1,85 BC a	1,85 B a	1,88 A a	1,88 A a
S4	1,92 A a	1,98 BCD a	2,02 ABC a	1,83 B b	2,00 A a	1,82 A b
S5	1,88 A b	2,12 AB a	2,03 AB a	2,05 B a	1,98 A a	1,97 A a
S6	2,00 A a	2,03 BC a	2,12 A a	2,00 B a	2,05 A a	1,97 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

A massa seca da parte aérea foi menor nos substratos com fibra de coco, também nessa segunda avaliação (Tabela 9).

São apresentados na Tabela 10 os resultados da massa seca da parte radicular. Em L1, as mudas do clone 1 tiveram melhor desenvolvimento em S6 e nos substratos com fibra de coco (S2, S3 e S4). O substrato 1 foi melhor em C2 x L1 e nos dois clones submetidos às lâminas de 9,6 e 12 mm.

Tabela 9 – Massa seca da parte aérea dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na segunda avaliação, realizada aos 56 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Massa Seca da Parte Aérea (g)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	0,50 A a	0,48 A a	0,57 A a	0,49 A b	0,57 A b	0,63 A a
S2	0,40 B a	0,35 B b	0,41 D a	0,37 B b	0,41 B a	0,40 CD a
S3	0,40 B a	0,34 B b	0,46 BCD a	0,39 B b	0,41 B a	0,35 D b
S4	0,38 B a	0,37 B a	0,43 CD a	0,35 B b	0,42 B a	0,35 D b
S5	0,43 B b	0,49 A a	0,50 B a	0,51 A a	0,44 B a	0,43 BC a
S6	0,49 A a	0,49 A a	0,47 BC b	0,53 A a	0,54 A a	0,45 B b

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 10 – Massa seca da parte radicular dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na segunda avaliação, realizada aos 56 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Massa Seca da Parte Radicular (g)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	0,16 B b	0,18 A a	0,24 A a	0,23 A a	0,19 A b	0,21 A a
S2	0,17 AB a	0,14 BC b	0,16 CD a	0,15 C a	0,17 AB a	0,14 C b
S3	0,18 AB a	0,13 C b	0,15 D a	0,13 C b	0,15 B a	0,12 C b
S4	0,17 AB a	0,14 C b	0,16 CD a	0,14 C b	0,16 B a	0,14 C b
S5	0,16 B a	0,16 ABC a	0,20 B a	0,21 A a	0,17 B a	0,17 B a
S6	0,19 A a	0,17 AB b	0,18 BC a	0,18 B a	0,19 A a	0,17 B b

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

As Tabelas 11 a 14 apresentam os resultados da terceira avaliação realizada 74 dias após o estaqueamento. Pode-se observar, nessas tabelas, que os substratos com fibra de coco melhoraram sua “performance” em relação às primeiras avaliações, quando havia maior influência da fase de enraizamento em casa de vegetação.

De acordo com Silva (2003), em todos os tratamentos as mudas estavam aptas a irem a campo, apresentando diâmetro de colo mínimo de 2 mm e altura entre 15 e 35 cm.

Os substratos com fibra de coco apresentaram resultados semelhantes ao da testemunha, em termos de altura, indicando que se adaptam melhor às condições de menores lâminas do que o substrato-padrão. A vantagem de maior capacidade de retenção pode ter sido ofuscada pela menor capacidade de aeração. Acredita-se que esses substratos poderiam se destacar caso a lâmina de irrigação tivesse sido menor na casa de vegetação. É interessante ressaltar que na primeira avaliação a altura das plantas era significativamente menor nos substratos com fibra de coco. Assim, houve maior crescimento das plantas no período entre a primeira e a terceira avaliação. Nas lâminas maiores, os substratos 1 e 6 foram os melhores, e as misturas com fibra de coco tiveram seu crescimento reduzido pelo excesso de água (Tabela 11).

O diâmetro de coleto não apresentou diferença estatística entre os substratos, com exceção do clone 2, quando submetido à lâmina 2, e do clone 1, submetido à lâmina 3. Essa variável mostrou-se menos afetada pelo efeito dos substratos, não sendo significativamente alterada pelas suas condições físicas (Tabela 12).

A análise da Tabela 13 apontou superioridade do substrato 1 quando submetido às lâminas de 9,6 e 12 mm d<sup>-1</sup>. No entanto, na menor lâmina as plantas do clone 1 não apresentaram diferenças. No clone 2, o substrato 3 exibiu menor MA.

Os resultados da variável matéria seca da parte aérea dos clones foram semelhantes aos da altura das plantas e evidenciaram a reação das mudas nos substratos com fibra de coco, deixando a expectativa de superioridade desse substrato quando utilizado o manejo correto de irrigação para suas características de maior capacidade de retenção e menor aeração.

Observa-se na Tabela 14 que nas lâminas L<sub>1</sub> e L<sub>3</sub> não houve diferença significativa na massa seca da parte radicular. Na lâmina L<sub>2</sub>, o substrato 1 apresentou maior desenvolvimento do sistema radicular.



Tabela 11 – Altura das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na terceira avaliação, realizada aos 74 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Altura das Plantas (cm)						
Substrato	$L_1 = 7,2 \text{ mm d}^{-1}$		$L_2 = 9,6 \text{ mm d}^{-1}$		$L_3 = 12 \text{ mm d}^{-1}$	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	26,13 AB a	27,00 AB a	30,20 A b	33,13 A a	28,63 A a	27,73 BC a
S2	25,40 AB a	26,60 AB a	19,80 C a	22,50 C a	24,53 ABC a	26,03 C a
S3	23,73 AB a	22,90 B a	24,97 B a	24,13 BC a	21,30 C b	24,73 C a
S4	24,00 AB a	25,13 AB a	24,33 B a	26,10 BC a	23,80 BC a	26,57 BC a
S5	22,33 B a	25,03 AB a	26,60 AB a	27,67 B a	23,73 BC b	30,27 AB a
S6	27,17 A a	28,57 A a	27,93 AB a	27,97 B a	26,67 AB b	33,27 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 12 – Diâmetro de coleto dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na terceira avaliação, realizada aos 74 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Diâmetro de Coleto (mm)						
Substrato	$L_1 = 7,2 \text{ mm d}^{-1}$		$L_2 = 9,6 \text{ mm d}^{-1}$		$L_3 = 12 \text{ mm d}^{-1}$	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	2,65 A a	2,40 A a	2,85 A a	2,82 A a	2,88 A a	2,60 A a
S2	2,81 A a	2,33 A b	2,38 A a	2,17 B a	2,45 AB a	2,37 A a
S3	2,63 A a	2,15 A b	2,50 A a	2,60 AB a	2,35 B a	2,43 A a
S4	2,30 A a	2,42 A a	2,52 A a	2,33 AB a	2,38 AB a	2,50 A a
S5	2,55 A a	2,37 A a	2,65 A a	2,52 AB a	2,52 AB a	2,43 A a
S6	2,65 A a	2,60 A a	2,73 A a	2,30 AB b	2,40 AB a	2,67 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 13 – Massa seca da parte aérea dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) em diferentes substratos e lâminas de irrigação na terceira avaliação, realizada aos 74 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Massa da Parte Aérea (g)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	0,30 A a	0,33 A a	0,37 A a	0,40 A a	0,35 A a	0,31 AB a
S2	0,31 A a	0,28 AB a	0,23 C a	0,20 B a	0,27 AB a	0,26 B a
S3	0,28 A a	0,21 B b	0,28 ABC a	0,24 B a	0,20 B a	0,21 B a
S4	0,25 A a	0,24 AB a	0,25 BC a	0,28 B a	0,22 B a	0,26 B a
S5	0,25 A a	0,26 AB a	0,34 AB a	0,27 B b	0,29 AB a	0,27 B a
S6	0,32 A a	0,33 A a	0,34 AB a	0,24 B b	0,29 AB b	0,38 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 14 – Massa seca da parte radicular de dois clones em diferentes substratos e lâminas de irrigação na terceira avaliação, realizada aos 74 dias após o estaqueamento

Média dos Tratamentos – Massa Seca da Parte Radicular (g)						
Substrato	L <sub>1</sub> = 7,2 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>2</sub> = 9,6 mm d <sup>-1</sup>		L <sub>3</sub> = 12 mm d <sup>-1</sup>	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
S1	0,11 A a	0,10 A a	0,13 A a	0,11 A a	0,09 A a	0,09 A a
S2	0,12 A a	0,07 A b	0,08 B a	0,068 B a	0,08A a	0,07 A a
S3	0,08 A a	0,07 A a	0,08 B a	0,08 AB a	0,07 A a	0,06 A a
S4	0,10 A a	0,08 A a	0,09 AB a	0,08 AB a	0,08A a	0,07 A a
S5	0,10 A a	0,08 A a	0,10 AB a	0,09 AB a	0,09 A a	0,08 A a
S6	0,11 A a	0,10 A a	0,11 AB a	0,07 B b	0,11 A a	0,09 A a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

No geral, o desenvolvimento das mudas apresentou pequena diferença entre as lâminas em relação aos clones e substratos estudados. Contudo, os sintomas de déficit hídrico foram mais visíveis no substrato-padrão submetido à lâmina de 7,2 mm d<sup>-1</sup>. Acredita-se que a diferença no desenvolvimento poderia ser maior se a diferenciação das lâminas tivesse iniciada na casa de vegetação.

A Tabela 15 apresenta as equações de regressão do clone 1 (CAF 49), utilizando-se as seis misturas (substratos). No geral, os valores de R<sup>2</sup> foram baixos; quando este é inferior a 50%, a equação se resume à média da variável.

Tabela 15 – Equações de regressão ajustadas às variáveis H, DC, MA e MR, em função da lâmina de irrigação (L)

	<b>C=1 e S=1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$\hat{H} = - 19,867 + 9,910^*L - 0,489^*L^2$		0,67
DC = 2,794		-
MA = - 0,531 + 0,178 <sup>*</sup> L - 0,009 <sup>*</sup> L <sup>2</sup>		0,69
MR = - 0,230 + 0,079 <sup>*</sup> L - 0,004 <sup>*</sup> L <sup>2</sup>		0,53
	<b>C=1 e S=2</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$\hat{H} = 104,200 - 17,403^{**}L - 0,897^{**}L^2$		0,91
DC = 7,017 - 0,891 <sup>*</sup> L + 0,043 <sup>*</sup> L <sup>2</sup>		0,66
MA = 12,332 - 0,199 <sup>*</sup> L - 0,010 <sup>*</sup> L <sup>2</sup>		0,54
MR = 0,440 - 0,068 <sup>*</sup> L + 0,003 <sup>ns</sup> L <sup>2</sup>		0,65
	<b>C=1 e S=3</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$\hat{H} = 23,33$		-
DC = 2,49		-
MA = - 0,135 + 0,104 <sup>ns</sup> - 0,006 <sup>ns</sup> L <sup>2</sup>		0,70
MR = 0,08		-
	<b>C=1 e S=4</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$\hat{H} = 24,04$		-
DC = 2,40		-
MA = 0,24		-
MR = 0,09		-
	<b>C=1 e S=5</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$\hat{H} = - 33,267 + 12,181^*L - 0,619^*L^2$		0,57
DC = 2,57		-
MA = 0,29		-
MR = 0,10		-
	<b>C=1 e S=6</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$\hat{H} = 27,26$		-
DC = 2,59		-
MA = 0,32		-
MR = 0,11		-

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> e <sup>ns</sup> significativos a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

O gráfico da Figura 3 ilustra a curva de altura da planta do CAF 49, estaqueado no substrato 1, em função da lâmina de irrigação. Observa-se, nessa figura, que a lâmina ótima é estimada em aproximadamente 10 mm d<sup>-1</sup>.

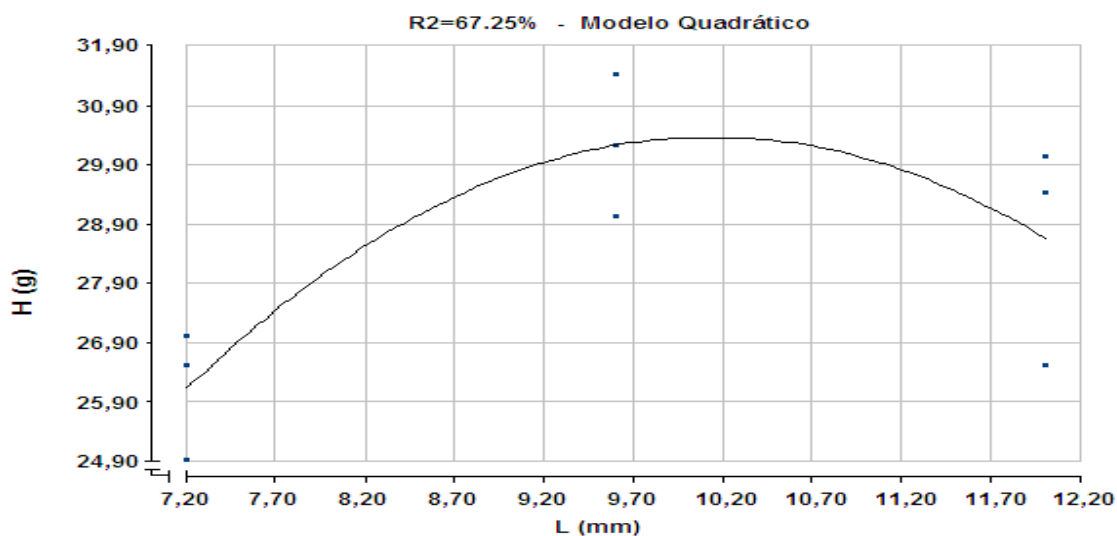


Figura 3 – Altura das plantas em função da lâmina diária de irrigação ao final do experimento do clone 1 e do substrato 1.

No substrato 5 (Figura 4), a altura das plantas cresce linearmente com a lâmina de irrigação. Assim, o melhor resultado foi encontrado na maior lâmina (12 mm).

Observa-se, pela Figura 5, que a massa seca da parte aérea reduz com o aumento da lâmina, nos substratos que contêm fibra de coco na mistura. Nesses substratos, não apareceram sintomas de estresse em nenhum tratamento hídrico. No caso do substrato 3, a lâmina ótima foi de aproximadamente 8 mm d<sup>-1</sup>.

No gráfico das Figuras 6 e 7, encontram-se as curvas da massa seca da parte radicular dos substratos 1 e 2, podendo ser observado que a massa é menor no tratamento de maior lâmina. No substrato 1, a lâmina ótima se encontra por volta de 9 mm, já no substrato 2 há redução com o aumento da lâmina, sendo o melhor resultado encontrado na menor lâmina (7,2 mm). A diferença entre os dois substratos deve estar associada às suas características físicas.

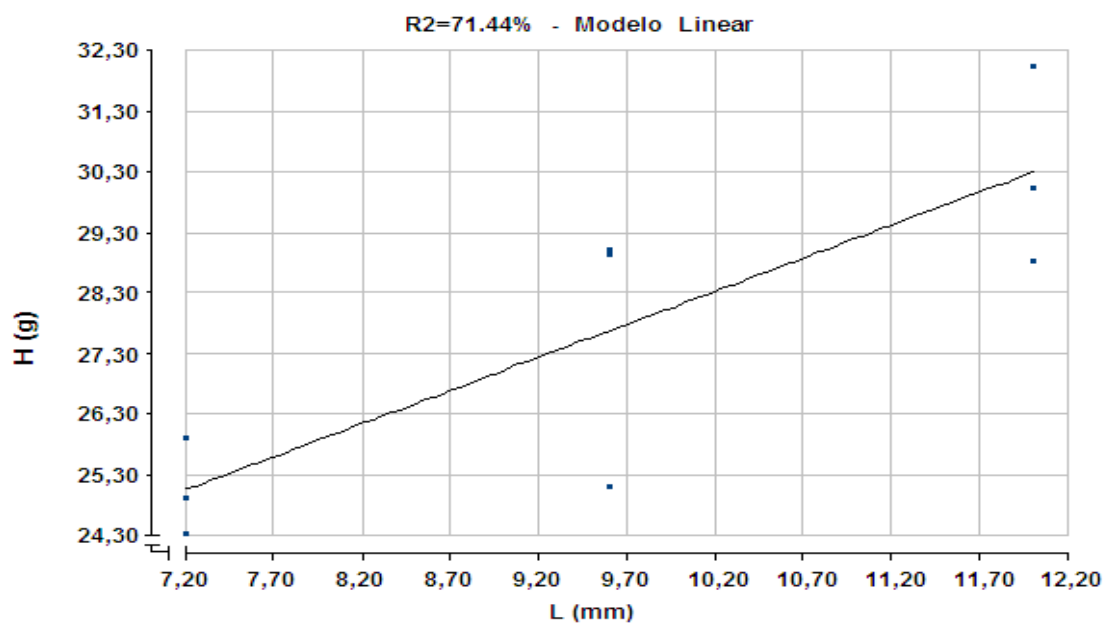


Figura 4 – Altura das plantas em função da lâmina de irrigação ao final do experimento do clone 2 e do substrato 5.

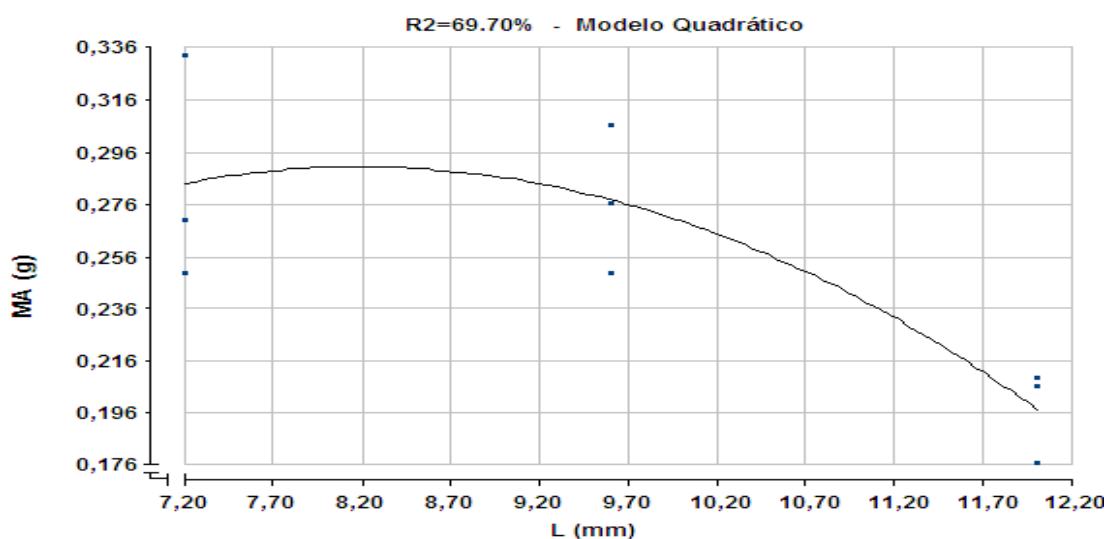


Figura 5 – Massa seca da parte aérea em função da lâmina de irrigação ao final do experimento do clone 1 e do substrato 3.

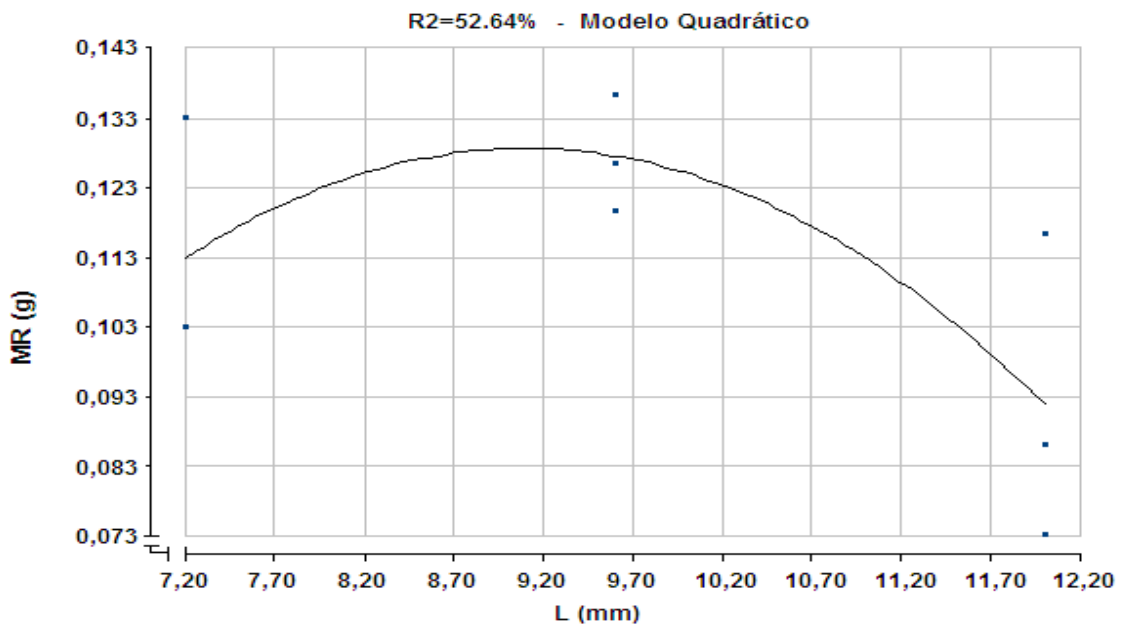


Figura 6 – Massa seca da parte radicular em função da lâmina de irrigação ao final do experimento do clone 1 e do substrato 1.

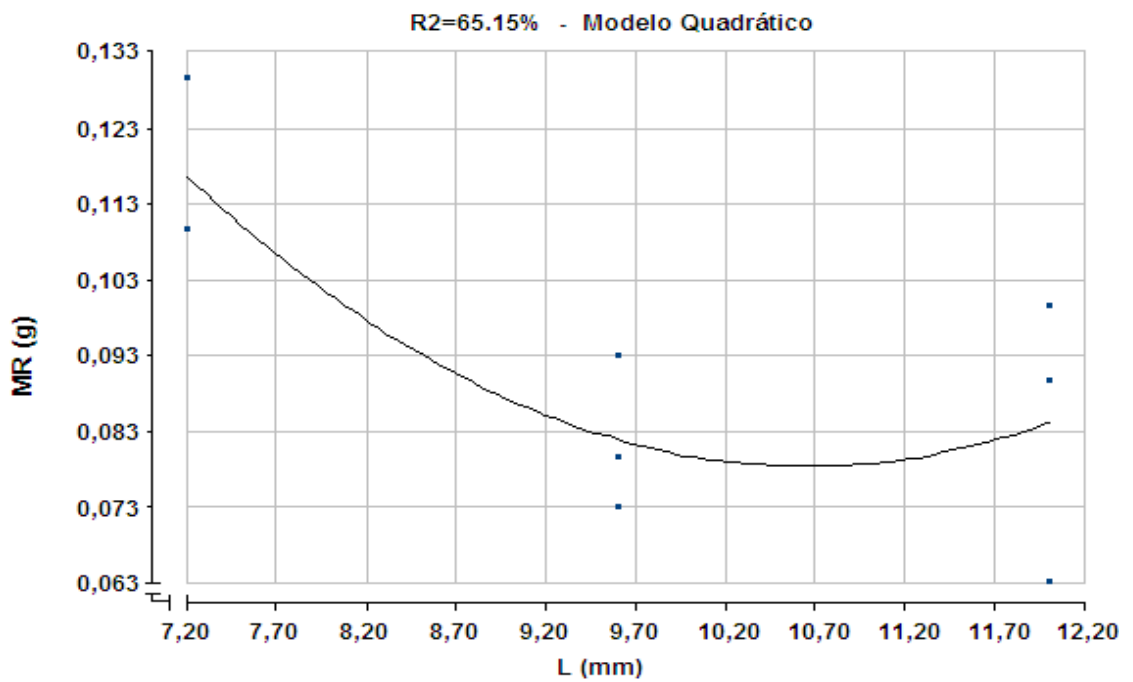


Figura 7 – Massa seca da parte radicular em função da lâmina de irrigação ao final do experimento do clone 1 e do substrato 2.

Os resultados deste trabalho diferem dos obtidos por Lopes (2004) e Carrijo et al. (2002), que obtiveram sucesso com o uso da fibra de coco na produção de mudas de eucalipto e tomate, respectivamente.

A fibra de coco tem sido aprovada como substrato em diversas empresas do setor florestal e também de hortaliças em todo o Brasil. O desempenho da fibra de coco neste trabalho foi prejudicado pelo manejo inadequado da irrigação na fase de enraizamento. Recomenda-se a realização de um trabalho que estude a melhor lâmina de irrigação, desde a fase de enraizamento, para melhor avaliar a eficiência do uso da fibra de coco como substrato. É necessário, ainda, determinar as características químicas do material, pois é sabido que as concentrações são fortemente afetadas pelo processo de produção do substrato.

Freitas et al. (2006) também obtiveram redução no índice de enraizamento em substratos com alta capacidade de retenção de água. Esses autores estudaram a qualidade de mudas de híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* produzidas a partir de miniestacas, em tubetes de 50 cm<sup>3</sup> de capacidade e em blocos prensados, concluindo que ambos os clones tiveram maior porcentagem de enraizamento quando foi utilizado o sistema de tubete, com o substrato constituído por casca de arroz carbonizada e casca de eucalipto decomposta. Os referidos autores relacionaram o menor enraizamento encontrado no substrato formado pela mistura de bagaço de cana e torta de filtro, com a alta capacidade de absorção e retenção de água, observada visualmente.

#### 4. CONCLUSÃO

A fibra de coco possui maior capacidade de retenção de água e menor capacidade de aeração, comparativamente aos demais materiais analisados.

Houve menor índice de enraizamento nos substratos com fibra de coco, cuja causa deve estar associada às características físico-químicas da fibra de coco e ao excesso de água aplicado na fase de enraizamento.

O desenvolvimento das mudas foi influenciado pela fase de enraizamento, quando não houve diferenciação hídrica.

A menor lâmina (7,6 mm d<sup>-1</sup>) provocou maiores sintomas de estresse hídrico no tratamento com substrato-padrão.

Recomenda-se a repetição do experimento, analisando as características físicas e químicas do substrato e diferenciando a lâmina de irrigação também na fase de enraizamento.



## 5. REFERÊNCIAS

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 442 p.

BALLESTER-OLMOS, J.F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias, 1992. 44 p. (Hojas Divulgadoras, 11).

BIX, R.A. Some thoughts on the physical properties of substrate with a special reference to aeration. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 31, p. 149-160, 1973.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CUNHA, A. de M.; CUNHA, G. de M.; SARMENTO, R. de A.; CUNHA, G. de M.; AMARAL, J.F.T do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

FERRARI, M.P. **Cultivo do eucalipto**: produção de mudas, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br>>. Acesso em: 16 mar. 2006.

FREITAS, T.A.S. de; BARROSO, DEBORAH, G.; CARNEIRO, J.G. de A.; PENCHEL, R.M.; FIGUEIREDO, F.A.M. de A. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 519-528, 2006.

GERVÁSIO, Eliezer Santurbano. **Efeito da lâmina de irrigação e doses de condicionadores, associados a diferentes tamanhos de tubos, na produção de mudas de cafeeiro**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2003. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; PEREIRA, A.R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 9, n. 1, p. 58-86, 1985.

KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Genesis, 2000. 312 p.

LACERDA, M.R.B.; PASSOS, M.A.A.; RODRIGUES, J.J.V.; BARRETO, L.P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.

LOPES, J.L.W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. Botucatu, SP: UNESP, 2004. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PIO, R.; ARAÚJO, J.P.C. DE; BASTOS, D.C.; ALVES, A.S.R.; ENTELMANN, F.A.; SCARPARE FILHO, J.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Substratos no enraizamento de estacas herbáceas de figueira oriundas da desbrota. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 604-609, maio/jun. 2005.

SAEG – **Sistema para análise estatística**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2006. v. 1.

SILVA, M.R. da. **Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. Botucatu, SP: UNESP, 2003. 110 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

SILVA, P.H.M. Produção de mudas e recomendações de adubação no viveiro. **IPEF**, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/producaomudas.asp>>. Acesso em: 20 jun. 2006.