

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis*
vs. *Eucalyptus urophylla*, SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES
HÍDRICOS**

JANE LUÍSA WADAS LOPES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutora em Agronomia –
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP

Maio - 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis*
vs. *Eucalyptus urophylla*, SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES
HÍDRICOS**

JANE LUÍSA WADAS LOPES

Engenheira Florestal

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Co - Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutora em Agronomia –
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP

Maio - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L864q Lopes, Jane Luísa Wadas, 1963-
Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos / Jane Luísa Wadas Lopes. - Botucatu : [s.n.], 2008.
v, 171 f. : il. color., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008

Orientador: Iraê Amaral Guerrini

Co-orientador: João Carlos Cury Saad

Inclui bibliografia.

1. Viveiros florestais. 2. Plantio (Cultivo de plantas). 3. Florestas. 4. Eucalipto. 5. Stress (Fisiologia). I. Guerrini, Iraê Amaral. II. Saad, João Carlos Cury. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "QUALIDADE DE MUDAS CLONAIAS DO HÍBRIDO *Eucalyptus grandis*
vs. *Eucalyptus urophylla* SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES
HÍDRICOS".

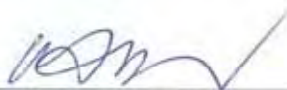
ALUNO: JANE LUISA WADAS LOPES

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAÉ AMARAL GUERRINI

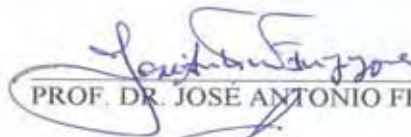
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. IRAÉ AMARAL GUERRINI



PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR



PROF. DR. JOSÉ ANTONIO FRIZZONE



PROF. DR. JOSÉ LUIZ STAPE



PROF. DR. JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES

Data da Realização: 26 de maio de 2008.

DEDICO E OFEREÇO

Aos Bens mais preciosos que Deus me concedeu,

meus queridos

Cristiano e

Gustavo.

"Os espíritos protetores nos ajudam com os seus conselhos, através da voz da consciência, que fazem falar em nosso íntimo - mas como nem sempre lhes damos a necessária importância, oferecem-nos outros mais diretos, servindo-se das pessoas que nos cercam."

Allan Kardec

AGRADECIMENTOS

Agradeço as instituições e pessoas que contribuíram para a minha evolução profissional, principalmente:

- À Deus e aos bons espíritos, sempre presentes e atuantes.
- Aos meus orientadores, professores Drs. Iraê Amaral Guerrini e João Carlos Cury Saad pela acolhida, orientação, confiança, amizade, liberação de recursos e apoio em todos os momentos.
- À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, juntamente com a coordenação do Curso de Irrigação e Drenagem, pela oportunidade de realização do curso.
- Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de estudos e taxa de bancada.
- Aos professores Drs. José Leonardo de Moraes Gonçalves, José Luiz Stape, José Antônio Frizzone e Antônio Evaldo Klar, pelas sugestões.
- Aos Departamentos de Recursos Naturais (Ciências Florestais e Ciência do Solo) e de Engenharia Rural (Área de Irrigação e Drenagem).
- Aos meus amigos e ajudantes nas empreitadas que envolveram esta pesquisa, Cristiano Freitas Lopes, Magali Ribeiro da Silva, Talita Angelico dos Santos e João Carlos Cury Saad.
- Aos Técnicos do Departamento de Engenharia Rural, Gilberto Winkler e J. Israel Ramos.
- Às empresas Camará-Mudas Florestais, Eucatex Agro, Eucatex Florestal e Imirá Agro Florestal Ltda., principalmente à Henrique L. Perigo, Carlos N. de Souza Jr., José C. Madashi, Cláudio Ribeiro da Silva, Vítor Camargo, Marco Antônio F. Lopes e Maria Célia N. Lopes.
- Aos Professores Drs. Antônio E. Klar, João C. Cury Saad, Carmen S. F. Boaro, Edmar J. Scaloppi, João Domingos Rodrigues, Magali Ribeiro da Silva, Antônio R. Rodella e Manuel Henrique Salgado, pelas valiosas conversas e esclarecimentos.
- Aos amigos e ex colegas, Francisco Bertolani, José Augusto M. Taveira, José L. da S. Maia, Raul Chaves, Valério C. Sales T., Edson Dionísio e Cristiano Freitas Lopes, pelo pronto atendimento às minhas dúvidas e pela disposição em ajudar-me.
- A Cristiano e Gustavo, pelo amor que nos une, pela paciência e compreensão.
- Aos meus pais Armando Alberto Bittmann Wadas e Elli Olinda Lindner Wadas, pelo apoio em todas minhas decisões, e aos meus irmãos Jorge Luís Wadas e Joecí Lucí Wadas Balim.

- À Duratex Florestal, pela minha experiência profissional nas atividades de proteção - pragas, doenças e incêndios, silvicultura e produção de mudas e aos Diretores, Eng^{os}. Antônio Rensi Coelho, Francisco Bertolani e Antônio Joaquim de Oliveira, pelas oportunidades.
- À todos os funcionários e ex funcionários da empresa Duratex, que atuaram sob minha subordinação, no período de 1990 à 2002.
- Aos amigos do Centro Espírita André Luiz, de Agudos, por todo aprendizado, o que vem fazendo com que eu procure me tornar uma pessoa melhor, que é o que todos nós precisamos buscar.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	Página
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 O eucalipto	7
4.2 Clonagem do eucalipto	10
4.3 Qualidade na produção das mudas de eucalipto	11
4.4 Substratos	13
4.5 Água na planta	16
4.6 Estresse	18
4.7 Irrigação de mudas de eucalipto em viveiro	22
4.8 Irrigação de plantio de mudas de eucalipto	24
4.9 Plantio de eucalipto	26
4.10 Nutrição de mudas de eucalipto	29
4.11 Nutrição dos plantios de eucalipto	30
CAPÍTULO I CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE UM CLONE DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS.....	34
CAPÍTULO II CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS	52
CAPÍTULO III COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO, EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS	72
CAPÍTULO IV ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTIO DE <i>Eucalyptus grandis</i> vs. <i>Eucalyptus urophylla</i> , EM FUNÇÃO DO SOLO, SUBSTRATO E MANEJO HÍDRICO DE VIVEIRO.....	89

CAPÍTULO V	INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NA SOBREVIVÊNCIA DE PLANTIO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO SOLO E DOS MANEJOS DE VIVEIRO.....	106
CAPÍTULO VI	DESENVOLVIMENTO DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO SOLO, SUBSTRATO E MANEJO HÍDRICO DE VIVEIRO.....	124
5.	CONCLUSÕES	140
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
7.	ANEXOS.....	161
7.1	Registro fotográfico.....	162
7.2	Dados metereológicos.....	171

1 RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos do manejo hídrico na rustificação e no desenvolvimento em campo em dois solos, um arenoso e outro argiloso, das mudas do clone H13 selecionado para deficiência hídrica de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, produzidas em dois diferentes substratos. Os experimentos foram conduzidos no estado de SP: Bofete, Ibaté, Patrocínio Paulista e Guará, com mudas produzidas por miniestaquia no substrato Plantmax estacas® (PLX) e em casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC), em iguais proporções, constituindo um delineamento inteiramente casualizado e manejadas durante a fase de rustificação (dos 60 aos 90 dias após estaquia - DAE), com cinco diferentes frequências de irrigação por subsuperfície, restabelecendo a condição de capacidade de campo (F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação), até o plantio em campo, aos 90 DAE. Foram avaliados nas mudas: altura de parte aérea, diâmetro de colo, relação altura da parte aérea / diâmetro de colo, número de pares de folhas, número de ramos, área foliar, matéria seca da haste e ramos, das folhas e seca radicular, transpiração, resistência estomática, potencial hídrico foliar, temperatura, luz incidente e número de estômatos. Também foram realizadas análises químicas dos substratos e análises dos teores e acúmulos nutricionais nas folhas, haste e ramos e nas raízes,

bem como um censo da sobrevivência em todas as parcelas de viveiro. Essas mudas foram enviadas para o plantio em campo, sendo que os solos foram preparados para o plantio seguindo os princípios do cultivo mínimo. O delineamento de campo foi constituído de blocos ao acaso, com 96 plantas por parcela. Aos 15 e aos 30 dias após o plantio, foram efetuados censos e avaliados os efeitos do estresse hídrico das plantas em todas as parcelas, nos dois locais de cultivo, bem como o levantamento dos demais fatores abióticos e bióticos que afetaram a sobrevivência. Aos 6 meses após o plantio, foi avaliada a altura média das árvores das parcelas úteis de cada local e, aos 13 meses, além da medição da altura, foi realizada a medição do diâmetro à altura do peito (DAP). Os resultados das pesquisas nas fases de viveiro e campo possibilitam concluir que os dois substratos avaliados, CAC e PLX, e o manejo hídrico por subsuperfície aplicado durante a fase de rustificação das mudas, não influenciaram, de modo geral: a transpiração diária e o número de estômatos; os níveis de estresse hídrico em campo e demais fatores abióticos e bióticos levantados aos 15 e aos 30 dias após o plantio. Fatores estes, que por sua vez, afetaram significativamente a sobrevivência indicando a necessidade de replantio nos dois solos (argiloso e arenoso). Ainda, o manejo de viveiro (substrato e manejo hídrico durante a rustificação) não influenciaram o desenvolvimento da floresta, aos seis e aos treze meses de idade, nos dois solos em que as mudas foram plantadas. Contudo, os substratos e o manejo hídrico influenciaram significativamente as características morfológicas e nutricionais das mudas, o potencial hídrico foliar e a resistência estomática. O substrato CAC mostrou-se ligeiramente superior ao PLX para os macronutrientes e micronutrientes avaliados, embora o aumento da frequência de irrigação (para ambos os substratos) não tenha possibilitado teores e acúmulos crescentes nos diferentes órgãos das plantas. Às mudas produzidas nos dois substratos foi atribuído alto padrão de qualidade morfológica e nutricional. Concluiu-se que o período conhecido como de rustificação não é suficiente para aclimatar as mudas de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* por meio do manejo hídrico, de modo a possibilitar maior resistência em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse hídrico, viveiro, plantio, floresta.

QUALITY OF *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* CLONAL SEEDLINGS, UNDER DIFFERENT WATER MANagements. Botucatu, 2008. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JANE LUÍSA WADAS LOPES

Adviser: Iraê Amaral Guerrini

Co – Adviser: João Carlos Cury Saad

2 SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the effects of the water management during the hardening and in the grassland development of the H13 hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings selected to be dry resistant, produced in different substratum and soils, one of medium texture and other of sandy texture. The experiment was conducted in two places located in São Paulo state: Bofete, Ibaté, Patrocínio Paulista and Guará, with seedlings produced with the Plantmax estacas® (PLX) substrate and, with the equal quantities mix of rice carbonized husks and vermiculite (CAC) and managed, during the hardening (from 60 at 90 days after the mass propagation - DAE) with five subsurface irrigations, restoring the field condition (F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated) until the planting at 90 days. Evaluations on the seedling were done: as collar diameter, air part height / collar diameter relation, numbers of pairs of leaves, number of branches, dry material of stems and branches, dry material of the leaves and of the roots and leaf area, the potential water, temperature, light incidence, stomatic resistance, transpiration and the stomat number. Were also determined nutrients contents in the substratum and, the contents and the accumulation of the leaves, stems, branches and the seedlings root system and census of survival in all plots of nursery. The soils were prepared following minimum cultivation system principles. The grassland layout was constituted by four repetitions on random blocks outlining, with 96 plants by plot. After 15 and 30 days after planting, census and evaluated water stress level of the plants in all plots in both places by grassland been made, as well the survey the other biotical and abiotical factors wich affected the survival. Shoot height at six and thirteen months after planting and the diameter at breast height (DAP) at 13 months after planting

were assessed. The results from nursery and from grassland allowed conclude that two substratum, CAC and PLX and the underwater management during the hardening, did not influence, in a general mood: the transpiration and the stomat number, the water stress in grassland and the other biotical and abiotical factors evaluated 15 and 30 days after planting. Factors such, witch in turn, affected significantly the survival, exhibiting the necessity of repeat the planting in the two soils (clay and sandy soil) and the forest development at 6 and 13 months in the two places of planting. Still, the nursery management (substratum and the water management during the hardening), does not influenced the forest development at 6 and 13 months in the two places of planting. However, the substratum and the water management influenced significantly the morphological and mineral nutrition characteristics, the potential water and the stomatic resistance. The CAC substrate showed itself superior to the PLX substrate, for the register of the contents and accumulation in the different organs. However, the water management had influence, although there was neither increase nor decrease of the nutrients registers, due to the daily average quantity of water applied. He was assigned high standard of quality morphological and nutrition for seedlings produced in the two substrates. Thus, it is concluded that the period known as hardening, is not enough for seedlings acclimatization of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings, by water management, to allow greater resistance in the grassland.

KEYWORDS: Water stress, nursery, planting, forest.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de intrínseca vocação florestal, sendo as florestas, que ocupam 64% do território nacional, o maior elemento de identidade natural da nação. Trata-se do único país do mundo cujo nome deriva de uma árvore e que teve como primeiro produto uma madeira, explorada à exaustão por portugueses e franceses, o pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) (Queiroz & Barrichelo, 2007). Alguns outros países também receberam seus nomes em homenagem às florestas, como por exemplo, a Guatemala, cujo nome indígena "Goathemala" significa "terra das árvores", a Holanda, cujo nome originário do germânico "holt" significa "coberto de árvores", e "land", "terra", bem como o nome "Nederland" também originário do germânico e que significa "terras baixas"; e a Jamaica, cujo nome origina-se da palavra indígena taíno / arawak "Xaymaca" ou "Hamaica", que significa "terra da água e da madeira" (http://pt.wikipedia.org/wiki/Etimologia_dos_nomes_dos_pa%C3%ADses).

O setor de base florestal brasileiro já representa quase 5% do Produto Interno Bruto e, no tocante aos aspectos sociais, garante a empregabilidade (somados os empregos diretos e indiretos) de 10,5% da população economicamente ativa (Pacheco, 2006). A produtividade do eucalipto atualmente atinge números de 38 a 54 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (Stape, 2008). Esta alta produtividade das florestas brasileiras, não só do eucalipto, deve-se às condições

favoráveis do solo e do clima e ao alto nível tecnológico da silvicultura (Stape, 2008). Introduzido possivelmente em 1865 no RS, com sementes trazidas do Uruguai (Martini, 2004), começou a ser cultivado em larga escala em 1916, quando, em 1965 ocorreram os subsídios governamentais para o plantio. Atualmente, dos 5,24 milhões de hectares ocupados com florestas plantadas, 69% são de eucalipto, sendo Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Paraná os estados que respondem por 75% da área plantada (ABRAF, 2007).

As tecnologias evoluíram muito e o Brasil é referência mundial em eucalipto (EMBRAPA, 2004). Dos viveiros no chão às modernas estruturas suspensas, das embalagens de saco plástico e torrão paulista (usando solo como substrato) aos tubetes (usando como substrato produtos elaborados), das mudas por sementes aos clones selecionados para dadas características, há uma contínua busca por novas técnicas e tecnologias dada à importância econômica da cultura. Por exemplo, os estudos envolvendo rusticidade de mudas buscando reduzir as irrigações de plantio e possibilitando o êxito da implantação florestal, que começa, segundo Carneiro (1995), pela obtenção de mudas de boa qualidade, garantida em boa parte pelo substrato e pelos manejos nutricional e hídrico.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi o de testar em duas formulações de substrato, qual o melhor manejo diário de irrigação por subsuperfície que possibilite qualidade morfofisiológica e nutricional de mudas, para garantia de sobrevivência e desenvolvimento em duas diferentes classes texturais de solo, do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, selecionado para déficit hídrico, no primeiro ano de formação da floresta.

Como hipótese principal deste trabalho, sustenta-se que a rusticidade de mudas, em função do manejo hídrico de viveiro, exerce pouca influência na sua sobrevivência no campo, não sendo o fator preponderante para o estabelecimento da floresta.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 O Eucalipto

Desde 1908 até os dias atuais, 3,5 milhões de hectares das terras brasileiras vêm sendo recobertos por florestas cultivadas de eucalipto. Como outros vegetais exóticos, à exemplo do café, da cana e da soja, o eucalipto encontrou no solo e no clima brasileiro as condições ideais para produção em escala, de tal modo que praticamente todas as grandes indústrias de celulose e madeira do mundo estão presentes no Brasil. Aliado à preservação das florestas nativas, absorvem 196 milhões de toneladas de carbono, contribuindo para que o planeta continue habitável e se livre do pernicioso efeito estufa (Queiroz & Barrichelo, 2007).

A linha de pesquisa não é mais a mesma do passado, quando Navarro de Andrade iniciou as pesquisas com eucalipto. O que se busca hoje é o maior rendimento, sustentabilidade e a integração da floresta plantada com a mata nativa, o que inclusive pressupõe o estudo do sub-bosque do eucaliptal (Queiroz & Barrichelo, 2007).

Os mitos do passado já não mais se sustentam. O eucalipto resseca o solo, mas não é um vilão no consumo de água. As evidências científicas disponíveis indicam que o

regime da água no solo e da água subterrânea sob plantações de eucalipto não diferem marcadamente daquele observado em plantações de outras espécies florestais (Lima, 1993). Quando em idade de corte, por volta dos 6 a 7 anos, o híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, por exemplo, o mais cultivado hoje no País, absorve bem menos água do que consome um canavial, por exemplo, (Lima, 2007, apud Queiroz & Barrichelo, 2007). No entanto, as raízes de alguns clones de eucalipto aos 6 meses de idade já se aproximam de 1m de profundidade (Reis et al., 2006), o que no entanto, não significa maior consumo de água, uma vez que a maior concentração das raízes responsáveis pela absorção de água e nutrientes ocorre nos primeiros 60 cm de solo (Silva, J. C., 2003). Também é falso afirmar que o eucalipto forma “desertos verdes”, pois conforme estudos realizados por biólogos coordenados pelo Professor Jacques Viellard nos estados da Bahia, Espírito Santo e São Paulo, o eucalipto é importante para 300 espécies de aves, que se alimentam, procriam e nidificam nos eucaliptais. O eucalipto não “estraga a terra”; é recomendado para recuperar solos erodidos, degradados e cansados como os de campos e pastos que perderam há muito sua cobertura arbórea. Igualmente é falsa a acusação de que causa alelopatia, já que é comum se observar em eucaliptais antigos, sub-bosques que lembram florestas típicas da região (Queiroz & Barrichelo, 2007).

De 1909 até 1965 haviam sido plantados 470 mil ha de eucalipto no Brasil, sendo que o estado de SP respondia por 80% das terras cultivadas com a cultura (Couto, 2002). Dados do último levantamento publicados no Anuário Brasileiro da Silvicultura (2007) mostram que a cultura expandiu-se de modo significativo em todo território brasileiro; em 2005 a área cultivada com a espécie foi de 3.407.204 ha, sendo que em 2006 foi de 3.549.148 ha. Minas Gerais é o maior produtor da cultura, respondendo por 30,54% do total cultivado, seguido por SP com 23,02% do total cultivado, e Bahia com 15,22% do total cultivado (ABRAF, 2007).

A realidade florestal brasileira entrou numa nova era, como demonstram os números que vêm sendo publicados pela ABRAF (ABRAF, 2007), com a triplicação na participação dos pequenos e médios produtores na área plantada, responsáveis em 2006 por 25% do total plantado contra 7,8% em 2002. Ainda, a área de floresta natural certificada aumentou de 300 mil ha em 2002, para 2,8 milhões em 2006. Também, foi aprovada a Lei de Gestão de Florestas Públicas, marco legal que regulamentou o manejo e a conservação das florestas pertencentes à União, aos estados e municípios, que equivalem a mais de 60% das áreas florestais brasileiras (ABRAF, 2007). Atualmente a demanda anual brasileira por produtos florestais é de

390 milhões de metros cúbicos de madeira e, destes, cerca da metade são supridos com florestas plantadas de eucaliptos (73%) e pinus (27%), segundo a ABRAF (2007).

O eucalipto apresenta como características altas taxas de crescimento, plasticidade, variações nas propriedades da madeira e outros. Trata-se da espécie folhosa mais usada para obtenção de celulose, pela sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas e regionais, com tempo de crescimento até a idade de corte bem menor que o pinus em idade de corte e pelo fato de que a madeira de folhosas deslignifica-se mais rapidamente que a de coníferas, possuindo também menor quantidade de lignina (Olivetti Neto, 2007).

A maioria das espécies de eucalipto são originárias da Austrália, como é o caso do *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, nativo do Norte de Nova Gales do Sul e da Costa Sul de Queensland. Conhecido popularmente por eucalipto-rosa, pertencente às Angiospermae - Myrtaceae, que como descrevem Lorenzi et al. (2003), trata-se de uma árvore perenifólia de tronco retilíneo, com casca pulverulenta, ramagem longa e robusta, formando copa aberta ou alongada e que pode atingir de 20 a 40 m de altura. Existem restrições sobre seu poder de rebrota depois de dois cortes periódicos, conforme descrevem Mora & Garcia (2000) e, apesar de ser muito versátil e para fins múltiplos, apresenta problemas de empenamento, contrações e rachaduras no desbobo e na secagem. Para estes mesmos autores, trata-se da espécie que supera as outras em incremento volumétrico, quando em condições adequadas; assim, é a mais plantada no Brasil e muito usada na obtenção de híbridos e para multiplicação clonal de árvores selecionadas.

O *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, conhecido popularmente com o nome de eucalipto-do-timor e eucalipto-tropical, pertencente às Angiospermae - Myrtaceae, é nativo de algumas ilhas orientais do arquipélago de Sonda: Timor, Flores, Adonara, Lomblem, Pantar, Alor e Wetar, situadas ao norte da Austrália (Mora & Garcia, 2000). Pertencente ao Subgênero *Symphyomyrthus*, que, como descreve Ferreira (1992), apresenta fuste com boa forma, podendo atingir de 30 a 60 m de altura, com densidade básica ao redor de $0,5 \text{ g cm}^{-3}$ e lignotubérculo que é responsável pela sua capacidade de rebrota. O *Eucalyptus urophylla*, espécie rústica (Gouvêa et al., 1997), responde ao espaçamento e à adubação, possuindo resistência ao déficit hídrico, o que o tornou significativamente importante para os programas de melhoramento genético (Ferreira, 1992), aliado ao fato comprovado de que é resistente ao cancro do eucalipto (Mora & Garcia, 2000). Foi introduzido no Brasil em 1919, em Rio Claro, SP, por Navarro de Andrade, sob o

nome de *Eucalyptus alba*, tendo sido as sementes adquiridas de uma empresa francesa, que cometeu um erro de identificação trocando o nome de *urophylla* por *alba*, o que pode ser explicado pelo fato de que no estágio inicial de desenvolvimento é muito fácil a confusão entre estas espécies (Pryor, 1971).

Atualmente o Brasil possui a melhor tecnologia de implantação, condução e colheita de florestas de eucalipto (Couto et al., 2002), que estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (Silva & Matos, 2003). Pode-se esperar também que o setor contribua para potencializar a balança comercial brasileira, com o aumento das exportações de produtos de base florestal, ou que deles se utilizam como o ferro-gusa, assim como diminuir as importações de produtos que podem ser substituídos pela madeira, principalmente os energéticos (Couto et al., 2002).

4.2 Clonagem do Eucalipto

A reprodução de uma planta idêntica à planta-mãe, usando qualquer parte destacada desta é o objetivo primordial da propagação vegetativa. A este processo biológico denomina-se clonagem, que pode ocorrer naturalmente, especialmente em estruturas vegetativas como bulbos, tubérculos e rizomas, podendo também ser conduzida pela ação humana, como na enxertia, mergulhia, alporquia e na estaquia, um dos mais importantes métodos de propagação vegetativa (Zuffellato-Ribas & Rodrigues, 2001). Para reverter ou manter a juvenilidade das plantas pode-se usar a propagação vegetativa seriada, método este que consiste em micropropagar, enxertar ou estaquear sucessivamente propágulos adultos até que se obtenha o rejuvenescimento, bem como se pode obtê-la através das podas sucessivas (Eldridge et al., 1994).

Em 1974 iniciaram-se os trabalhos de propagação vegetativa a partir de estacas coletadas de brotações de cepas de eucalipto. A primeira plantação clonal foi estabelecida em 1979 em 1000 ha no estado do Espírito Santo, pela Cia Aracruz (Ruy, 1998), que dominou a técnica de propagação vegetativa do eucalipto, sendo a primeira empresa a obter em suas florestas produtividades de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ com o híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* (Mora & Garcia, 2000). Desde então, a silvicultura clonal se baseia na seleção de árvores superiores em populações de espécies/procedências e nas técnicas de produção assexuada, usando a variação genética existente e com os ganhos genéticos sucessivos,

propiciando produção de madeira de maior qualidade, no menor tempo por unidade de área (Ferreira, 1992). Sendo assim, a clonagem é extremamente útil para consolidar os ganhos obtidos com o melhoramento genético e com a hibridação, possibilitando homogeneizar as características tecnológicas da madeira, com benefícios para a qualidade do produto final (Silva & Matos, 2003).

Inicialmente tímida na década de 1980, a clonagem do eucalipto deslanchou na década de 1990, sendo que o híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* foi o grande impulsionador do ritmo de crescimento florestal, bem como da qualidade mais homogênea das florestas plantadas, tendo se constituído na base da clonagem silvicultural brasileira, a partir de matrizes oriundas de outros continentes. Atualmente a prática é usada para diversos tipos de híbridos ou para espécies puras, sendo que em paralelo, as empresas mantêm bancos genéticos para que novos genes possam ser acionados quando requeridos (Foelkel, 2007), e, desta forma, alterar suas características físico-químicas e anatômicas, principalmente pela sua capacidade de hibridação (Olivetti Neto, 2007). Obter plantas com um bom crescimento (característica do *Eucalyptus grandis*) e com um leve aumento da densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades físicas da celulose (características do *Eucalyptus urophylla*) é o objetivo do cruzamento destas duas espécies (Carvalho, 2000), que, segundo Ikemori & Campinhos (1983), é de grande importância para produção de polpa celulósica devido à sua alta produtividade e boa qualidade das fibras.

4.3 Qualidade na produção das mudas de eucalipto

Para que uma muda seja considerada de boa qualidade deve possuir a constituição genética esperada para o plantio: ser bem formada, com todas as características desejáveis para a espécie, ser sadia, livre de pragas, doenças, danos mecânicos ou físicos, de fácil transporte e manuseio (Minami, 1995), o que, contudo, é o resultado das numerosas características fisiológicas e morfológicas (que controlam as possibilidades de desenvolvimento e de crescimento de um vegetal), do manejo de viveiro (sombreamento, irrigações deficitárias ou em excesso, nutrição inadequada e competição com ervas daninhas) e das influências genéticas (Rubira & Bueno, 1996). A qualidade das mudas pode ser também atribuída à capacidade de produção de um viveiro (Silva, 2003), relacionada com a qualidade dos insumos usados, com a

localização geográfica e com as técnicas de produção e manejo adotadas, conforme menciona Lopes (2004).

O conceito de qualidade não pode ser absoluto, pois fatores como a espécie e o lugar do plantio das mudas influenciam na qualidade (Rubira & Bueno, 1996). Para Silva (2003), uma muda de boa qualidade para uma determinada região pode não ser apropriada para outra. Assim, para uma conífera não se pode estabelecer o mesmo critério de qualidade que para uma folhosa, pois, entre outros fatores, o controle da transpiração e o potencial de regeneração do sistema radicular são muito distintos. Para Carneiro (1995), o aumento da porcentagem de sobrevivência decorre do uso de mudas de melhor qualidade e, segundo Silva (2003), a produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais. Para Stape et al. (2001) e Lopes (2004), sendo a qualidade da muda definida em função da condução adotada no viveiro, o plantio no campo deve assegurar as condições para que as mudas se desenvolvam adequadamente. Os tratos culturais que antecedem a implantação, a subsolagem ou coveamento, a correção da fertilidade do solo, o tempo de permanência das mudas encaixotadas, o plantio propriamente dito, e a irrigação no momento do plantio, podem colocar em risco todo o trabalho de melhoria de qualidade das mudas produzidas (Lopes, 2004). O produtor não pode aumentar o crescimento das plantas mais do que a capacidade que o sítio comporta, sem que a qualidade das plantas seja afetada (Silva, 2003).

No Brasil, uma das mais abrangentes obras sobre mudas e sua qualidade é a de Carneiro (1995). Nesta obra o autor aborda importantes aspectos da produção, citando Wakely (1954), o qual se fundamenta nos aspectos fenotípicos, os denominados morfológicos e nos “internos” das mudas, os denominados fisiológicos, para determinar a qualidade de uma muda. Cita também Barnett (1981), o qual se refere à baixa sobrevivência de mudas de má qualidade quando as condições do campo, principalmente às edafoclimáticas, forem adversas. Cita ainda Schmidt-Vogt (1966), que classificou como variáveis morfológicas que determinam a qualidade de mudas, a altura da parte aérea, atributos de vigor, capacidade de enraizamento, capacidade de assimilação e outras variáveis como, comprimento de acículas e comprimento de raízes.

As empresas florestais brasileiras, para classificação da qualidade das mudas de eucaliptos fundamentam-se praticamente, na altura média, de 15 a 30 cm, diâmetro do colo acima de 2 mm,

sistema radicular bem desenvolvido e agregado, haste rígida, com no mínimo três pares de folhas, ramificações, sem sintomas de deficiência e boa sanidade (Gomes et al., 1996; Lopes, 2004). Essas características são também fortemente influenciadas pelas técnicas de produção, notadamente pela densidade (mudas m⁻²), podas, espécies de fungos e grau de colonização de micorriza, fertilidade do substrato e volume disponível para cada planta (Carneiro, 1995). Em relação à densidade, por volta do ano 2000, algumas empresas adotaram espaçamentos maiores entre mudas, notadamente por criarem condições mais propícias ao desenvolvimento (maior área disponível para fotossíntese) e também devido aos aspectos fitossanitários (maiores densidades favorecem a proliferação de doenças fúngicas), motivando que as pesquisas fossem conduzidas considerando essas novas densidades (Lopes, 2004).

4.4 Substratos

Apesar de amplamente usados na produção de mudas das mais variadas espécies vegetais, os substratos ainda são confundidos e até mesmo comercializados como condicionadores de solo, que na verdade são produtos adicionados ao solo, com o objetivo de melhorar suas propriedades (Kämpf, 2000a). Substratos, por sua vez, são produtos usados como meio de crescimento de plantas e que como tal devem seguir determinadas exigências (Brasil, 2004), já que substituem o solo na produção das plantas (Kämpf, 2000a).

A prática de uso de substratos na produção agrícola data de 1941, na Califórnia (Booman, 2000), no entanto, a difusão de pesquisas na área ocorreu mais tarde, a partir do International Workgroup on Soiless Culture de 1955, como descreve Kämpf (2006). No Brasil as pesquisas foram iniciadas na década de 70 (Minami, 2000). Na área florestal, uma das primeiras empresas a buscarem substratos para produção de mudas florestais foi a Cia. Aracruz, que ao enviar seus técnicos ao Havaí, verificou que não era adequado produzir mudas em tubetes usando solo como substrato, o que era muito comum no Brasil. Com isso trouxeram a idéia ao Brasil de que deveriam usar misturas de turfa de *Sphagnum* com vermiculita e, ou com perlita, dentre outras, à exemplo do que era feito nos Estados Unidos. Porém, aqui no Brasil somente encontraram a vermiculita expandida produzida pela empresa Eucatex Mineral para uso como isolante térmico, que, por sua vez, desenvolveu a primeira mistura comercial, industrializada e ensacada, o Plantmax®, que passou a ser comercializado, segundo Muller (2000), em 1983.

Todavia, a Cia. Aracruz no início da propagação clonal das mudas de eucalipto passou a usar 100% dessa vermiculita (que pode tanto ser considerada um substrato como um componente de substratos) produzida pela Eucatex, sem qualquer aditivação até 1990, quando passaram a adicionar o adubo Osmocote®.

Como teoricamente, todas as propriedades de um substrato podem ser mudadas ou melhoradas é importante estabelecer que o substrato deva ser desenvolvido em função da planta (Minami, 2000). A qualidade de um substrato para produção de mudas depende de sua estrutura física e composição química e de sua qualidade dependem as plantas produzidas (Miranda et al., 1998; Taveira, 2000; Malvestiti, 2004; Silva, 2006; Campos, 2007), sendo sua principal função prover suporte às plantas nele cultivadas (Röber, 2000; Taveira, 2000; Campos, 2007). Salvo em situações extremas, nenhum material que preencha requisitos mínimos, pode ser considerado inadequado para o uso como componente de substrato (Malvestiti, 2004). Apesar de não existirem substratos válidos para todas as espécies vegetais (Abad et al., 1992), algumas misturas usando turfa e cascas de árvores se tornaram consagradas na elaboração de substratos, (Booman, 2000) e, outras, como a fibra de coco que surgiram como potenciais substitutos da turfa, já com sérias restrições legais de uso (Kämpf, 2004; Malvestiti, 2004). Também, no caso do Brasil e de outros países tropicais, onde o clima não permite a formação de turfas de *Sphagnum*, e ainda como substituto das fibras de xaxim (*Dicksonia selowiana*), bem como dos materiais de difícil biodegradação, como são os casos do poliestireno e da lã de rocha (Malvestiti, 2004).

Atualmente, a maioria dos substratos comerciais é uma mistura de dois ou mais componentes, elaborados para que as propriedades químicas e físicas se tornem adequadas às necessidades específicas de cada cultivo (Fonteno, 1993). A turfa, material orgânico originário de áreas úmidas é o componente mais usado nos Estados Unidos, Canadá e por grande parte da Comunidade Européia (Booman, 2000) e atualmente, ainda no Brasil, como é o caso do substrato Plantmax®, um produto quimicamente ativo que contém na sua composição, para o segmento de citrus: casca de pinus moída e compostada, carvão, turfa e vermiculita e para o segmento florestal: casca de pinus moída e compostada e vermiculita.

Na produção das mudas florestais, principalmente na produção clonal, a vermiculita é um dos substratos/componentes usado no enchimento dos tubetes. Trata-se de um mineral de argila, do grupo da montmorilonita, um produto praticamente inerte, mas muito usado

devido à sua capacidade de retenção de água, havendo a necessidade do fornecimento e balanceamento de nutrientes essenciais, por meio de adubações periódicas (Gomes & Silva, 2004). Comumente é misturado a outros substratos, como por exemplo, à casca de arroz carbonizada ou à crua usada como fonte de silício ou ainda, na camada superior do tubete, aquela que recebe a parte basal da estaca, nas misturas comerciais ou ainda, naqueles substratos produzidos pelo próprio produtor de mudas, sempre com a função de retenção de água.

Os aspectos principais nas propriedades físicas de um substrato são as propriedades das partículas que compõem a fração sólida (forma e tamanho), superfície específica e característica de interação com a água (higroscopicidade) e a geometria do espaço poroso formado entre essas partículas. Dependendo das propriedades das partículas e da forma como o material é manuseado, principalmente da densidade de enchimento no recipiente, será a porosidade total e o tamanho dos poros (Gruszynski, 2002), de fundamental importância para o desenvolvimento das raízes.

As propriedades químicas mais importantes de um substrato são a capacidade de troca de cátions (CTC), o pH, o teor de matéria orgânica e a salinidade, sendo que a nutrição das plantas é de responsabilidade do produtor (Schmitz et al., 2002). A faixa de pH ideal para um substrato varia muito de acordo com a espécie a ser cultivada, porém pode-se considerar como de 5,5 a 6,5, onde ocorre a disponibilidade da maioria dos nutrientes (Ansorena Miner, 1994; Baumgarten, 2002). A capacidade de troca de cátions, segundo Gruszynski (2002), está diretamente relacionada com o nível tecnológico (manejo de fertirrigação) do produtor de mudas, capaz de controlar a ampla reserva dos nutrientes. A condutividade elétrica, indicativo da concentração de sais, deve se situar entre 0,8 e 1,5 dS m⁻¹ (obtidos pela extração em água na proporção de 1 parte de substrato para 1,5 partes de água destilada), segundo Baumgarten (2002). Os teores ideais de carbono orgânico para substratos usados em recipientes, com fornecimento esporádico de água e nutrientes, devem ficar acima de 25%, segundo Schmitz et al. (2002), que assumiram como sendo de 50 a 60% da matéria orgânica constituída por carbono.

Carneiro (1995 *apud* Gonçalves & Poggiani, 1996; Lopes, 2002; Silva, 2003; Lopes, 2004), consideram que um substrato para produção de mudas de espécies florestais, deve essencialmente: possuir boa estrutura e consistência e adequada porosidade, permitir contrações e expansões, ser isento de substâncias tóxicas, inóculos de doenças, sementes de

invasoras, ovos e ou larvas de insetos e sais em excesso. Ainda, ser disponível em quantidades adequadas e com custos viáveis economicamente e, ainda manter a padronização entre os lotes.

De acordo com Gonçalves & Poggiani (1996) os substratos orgânicos devem ser estáveis biologicamente, pois altas relações entre carbono e nitrogênio (C/N) podem apresentar alta atividade de microorganismos, que competem com as plantas por nutrientes, principalmente por N, causando nas plantas sérias deficiências, sendo ideal que a relação C/N fosse de 12/1. Porém, à exceção da fibra de coco obtida de cocos maduros, que se trata de um material estável e que atingiu, segundo Lopes (2004), relação de 88/1 sem causar danos às mudas de eucalipto, é muito difícil encontrar substratos comerciais com essas relações indicadas em 1996 por Gonçalves & Poggiani, sendo mais comum, naqueles à base de cascas de pinus, as relações se encontrarem na faixa de 30 até 35/1, sem causar danos às mudas de eucalipto. A densidade global deve ser de 0,45 a 0,55 g cm⁻³, a porosidade total entre 75 e 85%, exceto para a fibra de coco, que possui porosidade de 98% (Ferminio, 2002) e capacidade máxima de retenção de H₂O (ml 50cm⁻³) entre 20 e 30 ml (Gonçalves & Poggiani, 1996).

Até fins de 2004 a produção e a comercialização de substratos no Brasil não eram regulamentadas, porém em 15 de dezembro de 2004 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento publicou a Instrução Normativa nº. 14 que trata das definições e normas sobre as especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos substratos, não abordando, no entanto, as metodologias das análises químicas e físicas (Abreu, 2006). Nesse sentido existem ainda muitas controvérsias e dúvidas, quanto aos métodos que devam ser usados para caracterizá-los, embora deva, provavelmente, ser estabelecida a mesma metodologia definida em 2003, pelo Comitê de Normatização Européia, sendo então possível comparar os valores obtidos aos recomendados (Abreu et al., 2002). Com relação aos contaminantes e ervas, o MAPA, através da Instrução Normativa DAS Nº 24 de 05/06/06, anexo 4, definiu as normas para comercialização de substratos e condicionares de solo. Foi estabelecido dentre outras regras, a total ausência das espécies fitopatogênicas de *Fusarium*, *Phytophthora*, *Phytium*, *Rhizoctonia* e *Sclerotinia* e, limitando a presença de sementes ou qualquer material de propagação de ervas em 0,5 g L⁻¹ (BRASIL, 2006).

4.5 Água na Planta

Todos os processos fisiológicos da célula são direta ou indiretamente afetados pelo fornecimento de água (Marenco & Lopes, 2005), que é o constituinte vegetal mais abundante, representando de 80 a 90% da biomassa fresca das plantas herbáceas e, mais de 50% das plantas lenhosas (Kramer & Boyer, 1995). A estrutura da água e as suas propriedades afetam diretamente as propriedades das proteínas, membranas, ácidos nucleicos e os outros constituintes das células (Taiz & Zeiger, 1998). Como em condições normais as moléculas biológicas encontram-se hidratadas em seu estado natural, em casos de desidratação rápida pode ocorrer a desnaturação irreversível das proteínas, já que é a água o solvente por meio do qual gases, minerais e outros solutos entram na célula e se movimentam de uma para outra e de um órgão para o outro (Marenco & Lopes, 2005). A água é também o reagente de numerosas reações químicas e bioquímicas, como na fotossíntese e em reações hidrolíticas como a conversão da sacarose em hexoses (Kramer & Boyer, 1995) e essencial para o alongamento e crescimento celular, a abertura dos estômatos e os movimentos plásticos das folhas, sendo que quando as células perdem sua turgidez, a planta murcha, os estômatos fecham e o crescimento cessa (Marenco & Lopes, 2005). Reis & Reis (1993) consideram que a água é também um meio para dissipação do excesso de energia solar que as folhas recebem, evitando o excesso de temperatura e a sua conseqüente dessecação.

Na célula vegetal, a água encontra-se de várias formas: constituinte do protoplasma, isto é, fixada quimicamente; água de hidratação, associada a íons, dissolvendo substâncias orgânicas e macromoléculas e, água de reserva, armazenada nos compartimentos celulares, espaços entre as finas estruturas do protoplasma e a parede celular e no xilema de condutos cavitados (Kramer & Boyer, 1995; Larcher, 2000; Marenco & Lopes, 2005). O transporte de água na planta pode ser visto como um sistema simples de entrada e saída, sendo a água do solo a entrada e a transpiração da planta a saída (McDonald & Running, 1988). Ou ainda, um sistema hidráulico contínuo, conectando a água do solo com o vapor de água da atmosfera, em resposta a um gradiente de potencial hídrico (Taiz & Zaiger, 1988). Nas árvores tropicais, a água armazenada no caule e nos galhos grossos constitui de 10% a 25% da água transpirada por dia (Goldstein et al., 1998). Os fatores que afetam a absorção de água na planta são àqueles referentes à extensão e profundidade do sistema radicular, superfície e permeabilidade radicular, idade da raiz, atividade metabólica da planta. Também, àqueles referentes à atmosfera, como a umidade relativa do ar, a disponibilidade de radiação solar, o vento e a temperatura e àqueles

referentes ao solo, como a umidade, a capacidade de água disponível, a condutividade hidráulica, a temperatura, a aeração e a salinidade da água (Reichardt, 1990).

Segundo Larcher (2000), a transpiração nas plantas processa-se segundo as leis que regem a evaporação da água de superfícies úmidas, a água evapora de toda superfície externa da planta e também de toda a superfície interna que está em contato com o ar. Para Klar (1984), esse processo de perda de água pelos vegetais é resultante do conjunto de fenômenos físicos ligados à difusão dos gases. O intercâmbio de gás carbônico e de oxigênio são diretamente proporcionais ao do vapor de água, sendo assim, plantas com altas taxas de absorção de CO₂ apresentam taxas maiores de transpiração e, possivelmente os grandes consumos de água implicam no aumento positivo da produção. Segundo Sebanek (1992 apud Pereira, 2006), todos os fatores exógenos e endógenos que afetam a transpiração estão sujeitos a alterações, originando uma periodicidade diurna na taxa com que este processo ocorre. Para a maioria das plantas a noite, a taxa de transpiração é geralmente baixa, perto de zero, aumentando depois do nascer do sol até atingir um máximo ao meio-dia, depois do que começa a diminuir até atingir, ao entardecer, os valores mínimos, semelhantes aos da noite.

A principal atividade responsável pela produção de energia (ATP) é a fotossíntese e durante a fotossíntese uma série de elementos, incluindo a água, são assimiladas em quantidades necessárias para o desenvolvimento vegetal. Conforme Raven et al. (2001), quantidades de dióxido de carbono são produzidas pela respiração que, na presença de luz podem ser usadas para que ocorra a fotossíntese, mesmo estando a planta com os estômatos fechados.

4.6 Estresse

Estresse em plantas é um desvio significativo das condições ótimas para a vida e induz as mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, podendo estas mudanças ser reversíveis ou irreversíveis (Larcher, 2000) e ser causadas por fatores bióticos ou abióticos (Ferreira & Milani, 2002; Taiz & Zeiger, 2004). O estresse reversível pode ocorrer devido à capacidade elástica dos organismos para suportarem tensões. As funções fisiológicas são alteradas por um determinado período, retornando a condição normal após a cessação do estresse. Porém, após níveis intensos pode surgir uma tensão plástica e, nesse caso, as alterações provocadas são permanentes, causando danos e até morte (Pallardy, 1986 apud Silva, 2003),

assim, a eficiência no uso da água por uma planta pode ser entendida como um eficiente mecanismo evolutivo através do qual adquire maior elasticidade para enfrentar possíveis déficits hídricos (Lima, 1995). Geralmente, qualquer tipo de estresse é medido em relação à sobrevivência das plantas, ao crescimento, à produtividade (Ferreira & Milani, 2002; Taiz & Zeiger, 2004) ou processos assimilatórios primários como a absorção de CO₂ e nutrientes (Taiz & Zeiger, 2004).

O déficit hídrico, o estresse provocado pelo calor e o choque térmico, o resfriamento e o congelamento, a salinidade e a deficiência de oxigênio são os principais agentes estressores que restringem o crescimento das plantas, de tal modo que as produtividades de biomassa agrônômica ou florestal, no final da estação, expressam apenas uma fração do seu potencial genético (Taiz & Zeiger, 2004).

Algumas espécies de plantas são mais tolerantes ao estresse, outras bem menos, sendo a temperatura do ar um dos fatores mais estressantes, podendo se manifestar em minutos (tanto as altas, como as baixas); a umidade do solo pode levar dias e as deficiências minerais do solo podem levar até meses para se manifestar (Taiz & Zeiger, 2004). Conforme esses mesmos autores, à medida que a planta tolera mais o estresse se torna aclimatada, porém, não adaptada, pois adaptação se refere a um nível de resistência geneticamente determinado, adquirido por processos de seleção durante muitas gerações. Dessa forma, a adaptação e a aclimação ao estresse ambiental resultam de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular.

Seca é uma condição meteorológica, tolerada pelas plantas que sobrevivem a ela e evitada por nenhuma, assim, plantas capazes de obter mais água ou que possuem maior eficiência de uso resistem melhor a seca (Taiz & Zeiger, 2004). Plantas dos tipos fotossintéticos C₄ e CAM conseguem explorar ambientes mais áridos, diferentemente do tipo C₃, caso do eucalipto. Porém, apesar disso, os avanços no estudo da eficiência do uso da água têm demonstrado que o eucalipto possui mecanismos fisiológicos que regulam a absorção e a perda de água, influenciando diretamente a produtividade florestal. O que vem sendo comprovado é que a produção de matéria seca total pelo eucalipto é linearmente proporcional à quantidade de água usada (Alvarenga, 1994; Kramer & Boyer, 1995; Sasse et al, 1996; Ismael, 2001; Silva, 2003; Lopes, 2004). Como os estômatos fecham durante os estádios iniciais do estresse hídrico, a eficiência do uso da água pode aumentar, mais CO₂ pode ser absorvido por unidade de água

transpirada, porque o fechamento estomático inibe a transpiração mais do que diminui as concentrações intercelulares de CO₂ (Taiz & Zeiger, 2004).

Quando o conteúdo de água em um tecido ou célula está abaixo do conteúdo de água mais alto, exibido no estado de maior hidratação, a planta se encontra em déficit hídrico que pode provocar vários efeitos sobre o crescimento, principalmente no consumo de assimilados das folhas em expansão e na fotossíntese, que em geral, é proporcional a área foliar (Taiz & Zeiger, 2004).

Para Larcher (2000), a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico está na diminuição da turgescência. Devido a ela, ocorre o fechamento dos estômatos, a redução na fotossíntese e a diminuição do alongamento celular (crescimento, principalmente em extensão). Taiz e Zeiger (2004) relatam que, mesmo um déficit hídrico moderado pode afetar a condutância estomática e desencadear a síntese do ácido abscísico (ABA), pois a absorção e a perda de água nas células-guarda modificam o seu turgor modulando a abertura e o fechamento estomático. O ABA desempenha papel importante na perda de solutos por um decréscimo no conteúdo de água da folha. Como é sintetizado continuamente em taxas baixas nas células do mesofilo, tende a se acumular nos cloroplastos e, quando o mesofilo torna-se moderadamente desidratado parte do ABA armazenado nos cloroplastos é liberada para os espaços intercelulares (apoplasto), sendo também sintetizado em taxas mais altas acumulando-se no apoplasto foliar. Ocorrem com isso, alterações na planta, como por exemplo, àquelas referentes ao crescimento entre a parte aérea e o sistema radicular e, às referentes às características morfológicas e genéticas específicas, podendo iniciar-se o processo reprodutivo. À medida que o déficit aumenta, a desidratação é maior, com isso, os processos catabólicos vão se tornando predominantes fazendo com que a senescência seja acelerada, promovendo a dessecação e a abscisão das folhas mais velhas (Taiz & Zeiger, 2004). Mc kersie & Ya'acov (1994, apud Silva, 2003) citam outras estratégias de defesa contra o déficit hídrico, como a mudança da posição e dimorfismo foliar, redução no tamanho da célula, regulação estomática, absorção do orvalho, espessamento da cutícula, osmorregulação, produção de pêlos radiculares e micorrizas e, alterações hormonais.

Para as plantas, o estado de energia da água no solo é importante, pois, solos de diferentes classes texturais podem ter semelhantes quantidades de água, porém, com distintos estados de energia, pois o movimento de água se dá por uma diferença de potencial,

tanto no solo, como do solo para a planta. Para que as plantas consigam absorver água do solo, as células da epiderme de suas raízes devem estar num potencial mais negativo do que a água que está no solo. A presença de raízes tende a aumentar a velocidade de infiltração, sendo que nos solos arenosos a infiltração de água é muito maior do que nos solos argilosos, porém a retenção é menor, sendo que com a adição ou existência de material orgânico, a infiltração é favorecida nos horizontes onde a matéria orgânica atua (Gonçalves et al., 2001). Quando o solo seca, o seu potencial mátrico torna-se mais negativo, porém as plantas continuam a absorver água enquanto o potencial hídrico for menor, pois ocorre um ajuste osmótico, ou acumulação de solutos pelas células, fazendo com que as plantas consigam manter o turgor e o volume celular. Esse ajuste osmótico desenvolve-se lentamente em resposta à desidratação do tecido. Sendo assim, pode-se questionar se esse ajuste osmótico não seria ao invés de uma resposta independente e direta ao déficit hídrico e sim, o resultado de outro fator, como a diminuição da taxa de crescimento, o que poderia evidenciar que seja uma aclimatação que permite a planta tolerar mais o déficit hídrico (Taiz & Zeiger, 2004).

A composição do ar do solo sofre alterações constantes com a infiltração de água, com as mudanças da atmosfera em conexão com as flutuações diárias de temperatura e com a velocidade do vento (Klar, 1991). À medida que aumenta a deficiência hídrica no solo, as camadas superiores do solo vão secando e, por isso as raízes vão se aprofundando nas camadas mais úmidas, exigindo uma alocação de fotoassimilados para suas extremidades. A razão da biomassa de raízes para a parte aérea parece ser governada por um balanço funcional entre a absorção de água pelas raízes e a fotossíntese pela parte aérea. A parte aérea continuará crescendo até que a absorção de água pelas raízes torne-se limitante; inversamente, as raízes crescerão até que sua demanda por fotossintatos da parte aérea seja igualada ao suprimento (Taiz & Zeiger, 2004).

Em solos ou substratos esgotados de O_2 molecular, a função dos microorganismos torna-se importante para a vida e o crescimento das plantas. Quando os anaeróbios possuem um suprimento abundante de substrato orgânico, os metabólitos bacterianos, tais como ácido acético e ácido butírico, são liberados para a água do solo/substrato. Na presença de compostos de enxofre reduzidos, são responsáveis pelo odor desagradável da inundação, sendo que todas essas substâncias anaeróbicas, em concentrações altas, são tóxicas para as plantas (Taiz & Zeiger, 2004), situações essas, passíveis de ocorrer nos sistemas de irrigação por

subsuperfície em viveiros de produção de mudas, quando a água não é reciclada constantemente. Pode-se inferir que também em mudas de eucalipto mantidas em irrigação por subsuperfície, a taxa de respiração e o metabolismo do sistema radicular sejam atingidos, mesmo antes de o O_2 ser esgotado do substrato. Sendo a pressão de oxigênio crítica (COP - critical oxygen pressure), aquela em que a taxa de respiração é primeiro retardada pela deficiência de O_2 , na sua ausência, cessam o transporte de elétrons e a fosforilação oxidativa nas mitocôndrias, o ciclo do ácido tricarbóxico não poderá operar e o ATP poderá ser produzido apenas por fermentação (Taiz & Zeiger, 2004). Assim, quando o suprimento de O_2 torna-se insuficiente para a respiração aeróbica, as raízes primeiro poderão começar a fermentar piruvato (formado na glicose) à lactato, pela ação da lactato desidrogenase e assim, o dano ao metabolismo das raízes por deficiência de O_2 , origina-se em parte pela falta de ATP para governar os processos metabólicos essenciais (Drew, 1997, apud Taiz & Zeiger, 2004).

Em algumas espécies de plantas a inundação induz o fechamento estomático, aparentemente sem mudanças detectáveis no potencial hídrico da folha. No entanto, a escassez de O_2 no sistema radicular pode, da mesma forma que o déficit hídrico ou concentrações altas de sais, estimularem a produção do ABA e o seu movimento para as folhas (Zhang & Zhang, 1994 apud Taiz & Zeiger, 2004).

Talvez se possa inferir que, assim como ocorre em muitas plantas de terras úmidas, como é o caso do arroz, em mudas de eucalipto mantidas em irrigação por subsuperfície, com lâminas de água apenas na parte basal das raízes (cerca de 2 cm na altura dos tubetes), as células também poderiam estar separadas por espaços proeminentes preenchidos de ar, formando o tecido aerênquima. Porém, apesar de ocorrer em dicotiledôneas, não se pode afirmar que a deficiência de O_2 induziria a formação desse tecido nas mudas mantidas nestas condições, apesar do metabolismo poder passar de um processo anaeróbico para um aeróbico, que faz com que as raízes cresçam usando o O_2 disponível, o que exige por ocasião do plantio, a poda radicular (Silva, 1998; Silva, 2003).

4.7 Irrigação de mudas de eucalipto em viveiro

A principal finalidade da irrigação em viveiros é proporcionar umidade necessária para o crescimento e desenvolvimento das plantas em menor período de tempo. No

entanto, para o bom desempenho de qualquer cultura, tanto a campo como em recipientes, a irrigação deve estar intimamente correlacionada com a drenagem. Irrigar corretamente com eficiência e eficácia, talvez seja um dos maiores desafios do produtor de mudas. O manejo da irrigação em recipientes pequenos, como por exemplo, os tubetes usados na produção de mudas de espécies como os eucaliptos, pinus e outras exóticas e as espécies nativas, apresentam particularidades quando comparados ao cultivo em solos, devido a maior frequência de irrigação que se dá em função do tipo de substrato usado e do baixo volume disponível para a planta. Por isso o controle da irrigação deve ser muito maior, prevenindo o estresse hídrico nas fases de germinação ou estaquia e de crescimento (Carneiro, 1995). Nas fases posteriores à germinação o risco de se umedecer apenas alguns centímetros da camada superficial do substrato, independentemente do sistema de irrigação a ser usado, é muito grande quando se realiza uma irrigação frequente e de baixa intensidade.

A idade e a qualidade das mudas estão diretamente relacionadas à irrigação e devido a isso, a frequência e o volume de água devem ser determinados em função do sistema de irrigação operante em cada viveiro, tipo e lote de substrato a ser usado (Lopes, 2006). Nos substratos com menor capacidade de retenção de água como a casca de arroz carbonizada, e areia e outros, é necessário irrigar mais frequentemente do que nos de maior capacidade de retenção como as turfas, os compostos orgânicos, a fibra de coco e outros (Lopes, 2004). Porém, a umidade excessiva favorece a lixiviação de nutrientes e o surgimento de doenças, criando condições desfavoráveis para a circulação do ar nos substratos e prejudicando o desenvolvimento das raízes (Wendling & Gatto, 2002).

Para cada viveiro pode ser empregado um sistema de irrigação, que deve ser o resultado do ajuste entre as condições existentes e os diversos sistemas de irrigação disponíveis, levando-se em consideração uma série de aspectos, pois não existe um sistema ideal que seja universal (Lopes, 2006). Nos viveiros florestais, de modo geral, os métodos de aspersão e de micro aspersão (similares aos de aspersão, porém com emissores de vazões menores) ainda são predominantes, já que se adaptam à maior parte das espécies e a todas as condições topográficas, podendo ser totalmente automatizados, operando com fertilizantes (fertiirrigação), porém consumindo muita água (gerando volume elevado de efluentes) e apresentando eficiência normalmente abaixo de 80%. A uniformidade da distribuição da água é afetada pelo vento, pelo tipo de emissor, pela pressão do sistema e pelo espaçamento entre cada aspersor ou microaspersor

(Reichardt, 1990) e a eficiência é afetada principalmente pela arquitetura da planta e pela formação de lodo na superfície. Ainda há que se considerar a logística do viveiro, pois irrigam uma faixa maior do que a propriamente necessária, contemplando estradas e acessos, ocasionando a paralisação das operações (elevando os custos pela mão-de-obra ociosa), elevando a umidade do viveiro (ambiente propício para surgimento de doenças) e elevando os custos com drenagem (Lopes, 2007).

Apesar da eficiência e da uniformidade de distribuição da água com barras de irrigação, os resultados demonstram uniformidades médias em torno de 90%, quando o ideal seria 100%, o que se torna impossível com sistemas de aspersão. Para que essa uniformidade muito próxima de 100% possa ser seja atingida e mantida, o sistema de fornecimento de água deveria ser por subsuperfície. Esse sistema em viveiros garante a melhor uniformização e eficiência na aplicação da água, permitindo o fluxo adequado de água à zona radicular das mudas, desde que seja considerado o tempo mínimo para que a água chegue à superfície do recipiente, que irá variar de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, entre espécies e de acordo com cada tipo de substrato e época do ano (microclima).

Contudo, irrigar por subsuperfície requer investimentos elevados inicialmente, planejamentos extremamente precisos (com topografia, nivelamento, estruturas e reservatórios), porém com custos de manutenção baixos, possibilitando grande economia de água (só o recipiente em questão recebe água) e o seu reuso, podendo ser automatizado e usado para fertiirrigação e, nesse sistema, a influência do vento pode ser considerada nula. Como desvantagens existem problemas sérios com a temperatura da água e a fitossanidade (que são agravados à medida que as folhas velhas abscindem, favorecendo doenças de natureza fúngica e bacteriológica). Ainda, com o tempo necessário para que todos os recipientes recebam água de maneira igual (mesmo estando nivelados), já que a própria composição e a acomodação do substrato e até mesmo a variação entre os lotes e o desenvolvimento das plantas podem prejudicar a capilaridade, comprometendo a qualidade da irrigação (Lopes, 2006; Lopes, 2007). Na área florestal, várias pesquisas foram e estão sendo desenvolvidas usando este método, justamente pela garantia na uniformidade de distribuição da água na zona radicular. Em nível operacional no Brasil, este sistema começou a ser usado por volta do ano de 2000, contudo após um período inicial das operações, foram instalados aspersores sobre os reservatórios, ao que tudo indica por problemas fitossanitários (Lopes, 2007).

4.8 Irrigação de plantio de mudas de eucalipto

A irrigação é uma técnica milenar e se confunde com a do desenvolvimento e prosperidade econômica dos povos sendo que nos dias atuais, mais de 50% da humanidade depende da agricultura irrigada e, assim como no princípio, a irrigação continua sendo um fator de riqueza, prosperidade e, consequentemente, de segurança (Bernardo et al., 2005). A história mostra que associado à irrigação estava a cultura eucalipto; na primeira década do século XX, o pioneiro Pedro Osório (1854-1931) fez grandes plantações de eucalipto em Pelotas, no RS, para obter lenha para as fornalhas das locomóveis que elevavam e conduziam água para os canais de irrigação (Jornal Já, 2007).

Christofidis (2002, apud Bernardo et al., 2005), cita o Brasil na 12ª posição de um total de 15 países que usam a irrigação na atividade agrícola, com 3,2 milhões de ha irrigáveis, correspondente a 5% da área cultivada. Na área florestal não se sabe a área de plantio irrigado. Porém, boa parte dos quase 5,5 milhões de ha de eucalipto e pinus implantados em 2006 foram pelo menos uma vez irrigados, pois atualmente o plantio ocorre durante o ano todo, diferentemente de quando a atividade foi iniciada em escala comercial e que se plantava somente no período das chuvas. Na obra “O Eucalipto – Edmundo Navarro de Andrade” editada por Sampaio et al. (1961), a implantação das florestas abordava as recomendações de preparo de solo daquela época, muita distinta das atuais, usando grades pesadas em toda a área, derrubando a vegetação de cerrado, queimando os restos da vegetação anterior e até promovendo a drenagem dos locais mais úmidos, prática hoje proibida. Os plantios ocorriam somente no período chuvoso estendendo-se até março no estado de SP, os replantios ocorriam no mesmo período, sem qualquer menção a irrigação.

No Brasil, o primeiro projeto de irrigação agrícola foi possivelmente o dos Jesuítas em 1589 no RJ (Bernardo et al., 2005). Na atividade florestal, não se pode precisar quando se começou a irrigar os plantios, mas é bem possível que isso tenha acontecido na década de 70 nas grandes reflorestadoras de SP, que, a partir daí começaram a cultivar florestas de pinus e de eucalipto em solos de topografia mais plana (Bertolani, 2007; Maia, 2007; Chaves, 2008). No Espírito Santo, a Aracruz Florestal iniciou o plantio de seus eucaliptos em 1967 sem uso de irrigação no momento do plantio, porém, segundo Ruschi (1974), em 1974 a técnica já era usada. Esse cientista fez a seguinte afirmação na época: “... quando se começa a sentir o problema da

água, as mudas, depois de plantadas, recebem cada uma, cerca de cinco litros de água e são abandonadas até o ponto de corte para a produção de celulose”. Gruber (2006) reporta resultados de pesquisas de Mesquita et al. (1972), Magalhães et al. (1978) e de Stape (1989), os quais concluíram que a aplicação de $1,7 - 5 \text{ L}$ de água planta⁻¹; 3 L água planta⁻¹ e 6 L água planta⁻¹ (em cada irrigação – indicavam de 1 até 4 irrigações na época da seca), respectivamente, proporcionavam maior sobrevivência das mudas.

Apesar de todos os avanços silviculturais obtidos ao longo dos anos, o que se constata é que a irrigação de plantio de arbóreas tem uma conotação diferente da irrigação das culturas agrícolas, onde o objetivo é promover maior produtividade de determinada espécie vegetal. Na área florestal o objetivo maior da irrigação ainda é garantir a sobrevivência dos plantios, reduzir a temperatura do solo principalmente nos períodos críticos com temperaturas excessivamente elevadas e, minimizar o afogamento do coleto da muda.

Determinar a quantidade de água ou lâmina a ser aplicada por irrigação é um problema difícil, segundo Reichardt (1990). Klar (1991) refere-se à necessidade de se conhecer as variáveis hídricas do solo (capacidade de campo, porcentagem de murchamento permanente, densidade aparente e curva característica de água no solo), profundidade efetiva de raízes e fatores da atmosfera e também, conforme Bernardo et al. (2005), a irrigação real e total necessária e o coeficiente da cultura. No entanto, essas variáveis consideradas na irrigação das culturas agrícolas, não são de todo seguidas na implantação florestal. Muitos produtores sequer tem noção da quantidade de água que se deveria usar, o que de fato, varia significativamente de empreendimento para empreendimento e até, num mesmo empreendimento. De modo geral, não existem critérios claros e definidos sobre quando e com quanto de água irrigar, não há manejo em função da classe textural do solo, profundidade da subsolagem, equipamento usado para o plantio (plantadeira do tipo matraca ou chucho e, ou mecânica), microclima e muda/substrato.

Assim como ocorre na agricultura, a irrigação de plantio não pode ser considerada como uma técnica isolada, mas sim, como parte integrante de um conjunto de técnicas usadas para garantir o sucesso da implantação florestal.

4.9 Plantio de eucalipto

O eucalipto prefere solos profundos, bem drenados e sem camadas de impedimento (Mora & Garcia, 2000), sendo o preparo do solo um fator primordial para o bom desenvolvimento das mudas e conseqüente uniformidade e produção da floresta. Quanto mais arenosa for a textura e a permeabilidade do solo, maiores serão os riscos de erosão. Quanto maior a exposição da superfície do solo, maior será a desagregação superficial pelo impacto direto das chuvas e mais alta será a velocidade de escoamento das enxurradas, sendo que neste caso, as práticas de revolvimento deverão ser de menor intensidade (Gonçalves et al., 2000). Em condições tropicais, a exposição do solo à luz e, por conseguinte, a elevação das temperaturas, causa perdas de matéria orgânica do solo (indicador da qualidade da sustentabilidade da produção agrícola, particularmente dos mais intemperizados); danos a microbiota, ciclos mais rápidos de umedecimento e secagem dos solos (que sob uma floresta tendem a se manter mais úmidos), que causam sua compactação (Novais, 2006).

A alta produtividade das florestas brasileiras, não só do eucalipto, deve-se às condições favoráveis do solo e do clima e ao alto nível tecnológico da silvicultura (Oliveira, 2006). O que possibilita implantar as florestas com revolvimento mínimo possível do solo, eliminando a queima de resíduos (usada no passado objetivando “incorporação de adubo”), diminuindo os riscos de erosão e permitindo redução dos custos de plantio em função da diminuição dos gastos com queimadas, grades e sulcos de plantio, trituração da galhada e subsolagem na entrelinha (Gava, 2002). A maioria dos solos do Brasil com culturas florestais, apresenta excelentes condições de estrutura e agregação, que facilitam o seu preparo, pois de modo geral, não apresentam impedimentos físicos naturais para o crescimento normal das raízes, sendo que o relevo varia de plano a suave-ondulado, de fácil mecanização (Gonçalves, J. L. et al., 2000).

Na década de 90, pela necessidade eminente de conservar o potencial produtivo do sítio, muitas empresas migraram para o cultivo mínimo. Conseguiram com isso, aumentar a quantidade de resíduos florestais sobre o solo, afetando várias características ambientais da flora, fauna e características do solo (estrutura, teor de matéria orgânica, aeração, concentração e distribuição de nutrientes), minimizaram o escoamento superficial das águas das chuvas, a erosão, a umidade, a temperatura da superfície do solo e os impactos a jusante, como o assoreamento dos cursos de água. Segundo Francelli (1985, apud Zen et al., 1995), na atividade agrícola, o Brasil é o país que apresenta a mais alta taxa de expansão de cultivo mínimo no

mundo. Ressaltam, no entanto, que existem sensíveis diferenças nas técnicas usadas na agricultura daquelas adotadas no meio florestal.

Na atividade florestal o cultivo mínimo (conhecido como uma prática conservacionista), é responsável pela melhora nas técnicas de manejo florestal, tornando-as mais eficientes e de menor impacto ambiental, uma vez que o solo é preparado apenas na faixa de cerca de 60 cm de largura por 40 cm de profundidade onde as mudas são plantadas (em linhas equidistantes de 3 metros), através de subsolagem (Gava, 2002). Esse sistema tem se revelado como o sistema de manejo com melhores resultados, mostrando maior capacidade de infiltração de água no solo, condutividade hidráulica do solo saturado e menor resistência do solo à penetração, quando comparado ao sistema de vegetação natural (Souza, 1995). Ainda com relação ao manejo de solos, Santana e Rezende (1995) reportam que a eliminação da queima e do preparo com grade bedding reduziu as perdas de solo de 57 para 34 t ha⁻¹ ano⁻¹ em um Latossolo Vermelho Escuro de textura arenosa, no ano de 1992. Esses autores consideraram como sendo outro fator importante para a redução de processos erosivos, a reordenação da malha viária, que objetiva considerar as estradas florestais como rede de drenagem e não apenas como via de acesso e divisoras de talhão. Para Zen et al. (1995), nas áreas com reflorestamento, a biomassa que recobre o solo após a colheita, aos 7 anos é da ordem de 34 a 44 t ha⁻¹, composta pela serapilheira (20 a 30 t ha⁻¹), a copa e o ponteiro das árvores com diâmetro menor que 5 cm (± 14 t ha⁻¹). Este material, de alta relação carbono/nitrogênio possui período de permanência prolongado, servindo como protetor do solo, agindo diretamente na manutenção da umidade, atuando como barreira física das plantas invasoras e, alterando sensivelmente a microbiologia do solo.

É fato que o cultivo mínimo na área florestal possibilitou segundo Gonçalves et al. (2005), menos exposição do solo (menos de 30% permanece exposto), reduziu os consumos com insumos e energia (com fertilizantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas), manteve ou aumentou a produtividade dos sítios aliado ao aumento dos rendimentos operacionais. Também, manteve ou melhorou as características físicas, a atividade biológica e a fertilidade do solo, tanto que em 2002, dos 2,15 milhões de ha de efetivo plantio no Brasil, 70% foram efetuados usando a técnica, sendo que nos 30% restantes ainda foram usados a queima (23% da área) e grades pesadas (7% da área).

Apesar das inúmeras vantagens do cultivo mínimo, há que se considerar que a heterogeneidade de crescimento inicial dos povoamentos é maior do que no sistema de preparo intensivo, pela menor disponibilidade de nutrientes para as mudas devido à decomposição gradual e mais lenta dos resíduos culturais, aliada à imobilização de nutrientes pelos organismos decompositores (Gonçalves et al., 2000). Também, que a proteção e manejo da floresta requerem mais cuidados, principalmente pela maior presença dos restos florestais pelo terreno. Os quais, segundo Novais (2006), são mineralizados em um período de tempo não superior a um mês; os galhos finos em um tempo maior, cerca de alguns meses, os galhos mais grossos numa escala de tempo de anos, as cascas deixadas no campo em um tempo maior ainda, e os troncos e raízes em um tempo superior ao ciclo da cultura. Tudo isso, em uma cinética variável com o diâmetro das raízes, tecidos constitutivos das raízes e tronco, o que tornam favoráveis as condições para proliferação de cupins e formigas (principalmente às do gênero *Acromyrmex*), além dos danos maiores com geadas e dos obstáculos à mecanização (Gonçalves, 1995).

4.10 Nutrição de mudas de eucalipto

O eucalipto, como qualquer outra planta, para crescer, absorve elementos minerais denominados nutrientes (Novais, 2006), sendo a adubação, a técnica mais eficiente para acelerar o crescimento, tanto de mudas no viveiro como das árvores em campo.

Em viveiros, a variabilidade de substratos existentes no mercado tem dificultado, de modo considerável, a recomendação de adubação. De acordo com os componentes e proporção das misturas, a capacidade de retenção de umidade e de nutrientes irá variar sendo que, também, a composição química e a taxa de liberação de nutrientes diferem de componente para componente e em suas misturas. Por isso, os problemas nutricionais são muito comuns, pela falta, pelo excesso, ou desequilíbrio entre nutrientes (Barros et al., 1997).

Na década de 90 surgiu no mercado uma opção interessante para nutrição de substratos para produção de mudas, trata-se dos adubos de liberação lenta de nutrientes (Osmocote®), que são misturados aos substratos antes do enchimento dos tubetes (Barros et al., 1997), o que reduz a possibilidade de injúrias foliares, porta de entrada de patógenos, favorecidos pela ação dos sais nas folhas (Ferreira, 1995). Para este autor, as adubações são o principal problema para causar fermento; recomenda para que dentro do possível, tenha-se zero de

adubação, zero de inseticida e zero de fungicida, o que poderia ser resolvido com a excelência em substratos e com adubos de liberação lenta incorporados a estes. Sugere ainda que essa sempre deva ser a meta, que poderá nunca ser alcançada. A dose recomendada de osmocote na época, era de 3 a 4 kg para cada m³ de substrato, da formulação que deveria estar em torno de 17:9:11 e liberar os nutrientes em cerca de 90 dias. Atualmente, alguns produtores de mudas que utilizam adubos de liberação lenta adotam, como é o caso da Camará®-Viveiros Florestais, 1,5 kg no verão, e até 3,0 kg no inverno, aplicando também micronutrientes através da fertiirrigação ou em aplicações semanais.

A relação adequada entre os nutrientes nitrogênio e potássio na fase de crescimento deve estar na faixa de 1,4 até 2,0 e na fase terminal de formação de mudas (ainda conhecida como rustificação) na faixa de 0,6 até 1,0, conforme recomendam Silveira et al. (2001). Esses autores descreveram o processo de “rustificação” como sendo o processo pelo qual a muda passa antes de ser plantada no campo (15 – 30 dias finais da fase de viveiro), no qual ocorre redução ou corte das adubações, principalmente nitrogenada, juntamente com o aumento do intervalo da irrigação objetivando engrossamento do caule e o aumento da resistência da muda ao estresse do plantio. Processo este, atualmente, bastante questionado (Neves, 2004), inclusive porque o que ocorre é uma maior rigidez da haste, alcançada em boa parte pela ação do potássio, que tem sua dosagem aumentada nessa fase, o que possibilita o enrijecimento dos tecidos, maior espessura de cutícula e de parede celular, maior lignificação e suberização (Perrenoud, 1990).

4.11 Nutrição dos plantios de eucalipto

Segundo Gonçalves & Passos (2000), na maior parte dos solos florestais brasileiros as reservas de nutrientes na forma de minerais primários são pequenos, a capacidade de troca de cátions é baixa, o grau de agregação é muito elevado, a permeabilidade e o potencial de lixiviação de bases são considerados elevados. Pode-se dizer que os solos jovens, pouco intemperizados terão muitas cargas negativas e pela quantidade compensando a “má qualidade” da ligação com nutrientes catiônicos, e a pequena presença de cargas positivas, bastante para evitar lixiviação de fosfato, entre outros ânions. Porém, não tanto a ponto de o solo competir com a planta por este nutriente, como ocorre nos solos de Cerrado, de modo geral, por exemplo. Por outro lado, no outro extremo, os solos muito intemperizados, como a maior parte dos solos

brasileiros (como os do Cerrado, por exemplo), não favorecem as plantas quanto à baixa retenção de Ca_2^+ , Mg_2^+ e K^+ e, sendo extremamente ávidos por fósforo, entre outros nutrientes. O P não é perdido por lixiviação, mas também não é disponibilizado à planta nos padrões de qualidade como encontrado nos citados solos “jovens” do Canadá, entre outros (Novais, 2006).

Embora os solos da Austrália, onde os eucaliptos ocorrem naturalmente, sejam de baixa fertilidade, não se deve entender que as espécies sejam menos exigentes em todas as circunstâncias. Ao contrário, tais espécies sobrevivem em solos de baixa fertilidade, mas são bastante sensíveis à fertilização, sendo bem possível que essa adaptação a solos de baixa fertilidade pode significar uma capacidade de sobrevivência (Bertola, 2004). No Brasil, a cultura do eucalipto vem sendo estabelecida em Latossolos distróficos ou álicos. Além da pouca intemperização são ricos em sesquióxidos de Fe e Al, possuem baixo teor de nutrientes e baixas reservas minerais, acidez elevada, altos teores de Mn e Al, baixa saturação por bases, elevada permeabilidade e baixa erodibilidade (Silveira et al., 2001).

Em 1975 duas empresas florestais em conjunto com o IPEF, selecionaram áreas para a produção de sementes de eucalipto geneticamente melhoradas. Aliado a este fato constataram que o gênero respondia de modo positivo às adubações (Mora & Garcia, 2000), de modo que, para a grande maioria das florestas adubadas de eucalipto no Brasil ocorreram aumentos substanciais na produtividade em resposta à fertilização mineral (Barros & Novais, 1990). A maioria dos ganhos foi obtida com a aplicação de fertilizantes fosfatados (Barros & Novais, 1995), sendo que atualmente outro ganho vem sendo obtido com adição de boro, cobre e zinco, por exemplo (Sgarbi et al., 1999).

A absorção dos nutrientes pelas plantas, particularmente os transportados por difusão, é afetada por uma série de fatores, dentre esses a umidade e a textura do solo, sendo que a baixa umidade e fertilidade promovem alterações fisiológicas significativas nas plantas (Silva et al., 2000). O tipo de material genético pode exercer influência na absorção, fazendo com que as exigências nutricionais do eucalipto variem entre espécies (Barros et al., 1990), e dentro de uma mesma espécie, entre procedências (Novais et al., 1990). A recomendação para adubação com nitrogênio, fósforo e potássio propostos por Gonçalves (1995) torna-se uma alternativa extremamente importante. Contempla, na camada de 0 a 20 cm, o teor de matéria orgânica do solo (para dose de nitrogênio), o teor de argila e de fósforo disponível (para dose de fósforo) e o

teor de argila e de potássio trocável (para dose de potássio); desta maneira sendo possível diminuir a dosagem de adubo à medida que aumentam esses teores.

A fertilização nitrogenada normalmente promove ganhos no desenvolvimento, controlando o ritmo de crescimento, tamanho e vigor (Neves et al., 1990). Trata-se do macronutriente mais abundante na planta e é também o mais exigido em relação aos demais. A função mais importante do nitrogênio está relacionada à sua participação na constituição de moléculas das proteínas, participando da formação de compostos indispensáveis às plantas como purina, pirimidina, pafininas e coenzimas. As plantas superiores são capazes de absorver o nitrogênio de várias formas como N_2 (no caso das leguminosas e outras espécies), amoniacal (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), além de pequenas quantidades serem obtidas de materiais como aminoácidos solúveis em água, que após absorvido é transportado no xilema e redistribuído principalmente no floema, de modo relativamente rápido. Em plantas normais, quase todo nitrogênio se encontra em formas orgânicas representadas principalmente por aminoácidos e proteínas. Quando o nitrogênio é absorvido como NO_3^- precisa ser reduzido e convertido em nitrito, pela ação da enzima redutase do nitrato (o nitrito é reduzido à amônia pela redutase do nitrito) e uma vez reduzido na forma de NH_3 , entra no metabolismo gerando principalmente aminoácidos, que uma vez formados poderão sintetizar proteínas (Malavolta, 1980). Solos com baixo teor de matéria orgânica proporcionam menor teor foliar de nitrogênio e em conseqüência, maior resposta a adubação nitrogenada (Gonçalves, 1995; Silveira 2000).

As plantas absorvem fósforo, constituinte da adenosina trifosfato (principal trifosfato de nucleotídeos requerido para a síntese de amido) na forma de $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} . A energia liberada pela hidrólise dos radicais fosfatos terminais das moléculas de ATP, ADP e AMP é usada pela célula na fotossíntese, biossíntese de amido, gorduras e processo ativo de absorção iônica (Marschner, 1995), no entanto, segundo Novais et al. (1982), a exigência de fósforo diminui à medida que aumenta a idade dos povoamentos.

Apesar do potássio não fazer parte de nenhum composto orgânico, desta maneira não desempenhando função estrutural na planta, atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, como as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (Malavolta et al., 1997 apud Silveira 2000). Caracteriza-se pela alta mobilidade na planta, tanto dentro da célula como dos tecidos e no transporte à longa distância via xilema e floema (Marschner, 1995). O potássio atua fortemente no controle osmótico das células (Malavolta et al.,

1997), estando também envolvido nos mecanismos de defesa das plantas ao ataque de pragas e susceptibilidade às doenças, e na resistência ao déficit hídrico e às geadas (Silveira, 2000). Com relação ao déficit hídrico ainda não se pode afirmar que maiores teores de potássio no solo sejam responsáveis pela tolerância de algumas espécies de eucalipto à seca, caso do *Eucalyptus camaldulensis*, por exemplo, (Teixeira et al., 1995). A maioria das plantas necessita de quantias significativas de potássio, o que possibilita maior síntese de material para a formação da parede celular, manutenção das taxas fotossintéticas e de respiração, ativação da sintetase do amido, sintetase do fosfato sacarose e outras enzimas (Silveira, 2000), transporte de carboidratos e manutenção do pH nos tubos crivosos (Marschner, 1995).

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE UM CLONE DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS

Redigido conforme as normas da Revista: CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA

**CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE UM CLONE DE EUCALIPTO EM
FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS
THE MORPHOLOGY OF AN EUCALYPTUS CLONE PRODUCED AFTER
DIFFERENT SUBSTRATES AND WATER MANagements**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do manejo hídrico nas características morfológicas das mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* selecionado para resistência à seca, produzidas em dois diferentes substratos: Plantmax estacas® e com a mistura em volumes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita. Aos 60 dias após estaquia (DAE) as mudas foram manejadas com cinco frequências de irrigação por subsuperfície, restabelecendo a condição de capacidade de campo (F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação) até o plantio aos 90 DAE. Foram realizadas avaliações da altura de parte aérea, diâmetro de colo, relação altura da parte aérea / diâmetro de colo, número de pares de folhas, número de ramos, matéria seca da haste mais ramos, matéria seca das folhas e das raízes e área foliar. Verificou-se que o manejo hídrico aplicado na fase de rustificação das mudas influenciou, de modo geral, nas características morfológicas das mudas. Os substratos testados possibilitaram resultados que qualificam as mudas como de alto padrão morfológico.

Termos para indexação: Eucalipto, viveiro, manejo hídrico, características morfológicas.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of the water management by underwater on the morphological characteristics of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings selected to be dry resistant, produced in two different substrates: with the

Plantmax estacas® substrate and with the equal quantities mix of rice carbonized husks and vermiculite. From the 60 days after the mass propagation, the seedling were transferred to Patrocínio Paulista city/SP and managed with five subsurface irrigations, restoring the field conditions (F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated) until the planting at 90 days after the mass propagation. Height evaluations of the air part were done, as collar diameter, air part height / collar diameter relation, numbers of pairs of leaves, number of branches, dry material of stems and branches, dry material of the leaves and of the roots and leaf area. The water management applied during the hardening off stage as observed, influence, in a general mood, on the morphological characteristics of the seedlings. The tested substrates permitted results that qualified the seedlings as of high morphological quality.

Index terms: Eucalypt, nursery, water management, morphological characteristics

INTRODUÇÃO

Para que uma muda seja considerada de boa qualidade deve possuir a constituição genética adequada para o plantio: ser bem formada, com todas as características desejáveis para a espécie, ser sadia, livre de pragas, doenças, danos mecânicos ou físicos, de fácil transporte e manuseio (MINAMI, 1995). Isto é resultado das numerosas características fisiológicas e morfológicas que controlam as possibilidades de desenvolvimento e de crescimento de um vegetal, do manejo de viveiro quanto ao sombreamento, irrigações deficitárias ou em excesso, nutrição inadequada e competição com ervas daninhas e das influências genéticas (RUBIRA & BUENO, 1996). A qualidade das mudas pode ser também atribuída à capacidade de produção de um viveiro, que,

por sua vez, está relacionada com a qualidade dos insumos usados. Dentre esses fatores estão, o material genético, substratos, fertilizantes, qualidade da água, recipientes e sistema de suporte das plantas, ao nível do solo ou suspenso, assim como a localização geográfica, favorecendo chuva, vento, granizo, geada e outros fenômenos atmosféricos que possam ocorrer, além das técnicas de produção e manejo adotadas, conforme menciona Lopes (2004).

O conceito de qualidade não pode ser absoluto, pois fatores como a espécie e o lugar do plantio das mudas influenciam na qualidade (RUBIRA & BUENO, 1996). Para Silva (2003), uma muda de boa qualidade para uma determinada região pode não ser apropriada para outra. Assim, para uma conífera não se pode estabelecer o mesmo critério de qualidade que para uma folhosa, pois entre outros fatores, o controle da transpiração e o potencial de regeneração do sistema radicular são muito distintos. Para Carneiro (1995) e Stape et al. (2001), o aumento da porcentagem de sobrevivência decorre do uso de mudas de melhor qualidade e, segundo Silva (2003), a produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais. Para Lopes (2004), sendo a qualidade da muda definida em função da condução adotada no viveiro, o plantio no campo deve assegurar as condições para que as mudas se desenvolvam adequadamente. Os tratos culturais que antecedem a implantação, a subsolagem ou coveamento, a correção da fertilidade do solo, o tempo de permanência das mudas encaixotadas, o plantio propriamente dito, a irrigação no momento do plantio, podem colocar em risco todo o trabalho de melhoria de qualidade das mudas produzidas. O produtor não pode aumentar o crescimento das plantas mais do que a capacidade que o sítio comporta, sem que a qualidade das plantas seja afetada (SILVA, 2003).

As empresas florestais brasileiras, para classificação da qualidade das mudas de eucaliptos, fundamentam-se praticamente na altura média, que deve estar entre 15 e 30 cm, no diâmetro do colo, que deve ser acima de 2 mm, sistema radicular bem desenvolvido e agregado, haste rígida,

com, no mínimo 3 pares de folhas, ramificações, sem sintomas de deficiência e boa sanidade (GOMES et al. 1996; LOPES, 2004). Essas características são também fortemente influenciadas pelas técnicas de produção, notadamente pela densidade de mudas m^{-2} (LOPES, 2004), podas, espécies de fungos e grau de colonização de micorriza, fertilidade do substrato e volume disponível para cada planta (CARNEIRO, 1995).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar em dois substratos distintos e diferentes manejos de irrigação por subsuperfície as características morfológicas de um híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, para garantia de melhor qualidade de mudas para plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2005 a janeiro de 2006 no estado de SP. As mudas do híbrido H13, selecionado para deficiência hídrica, foram produzidas por miniestaquia em dois viveiros distintos: 5000 mudas com o substrato Plantmax estacas® (PLX), cujos componentes são: casca de pinus (40%), vermiculita fina (20%) e vermiculita super fina (20%), em Bofete, SP, e 5000 mudas com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC), em Ibaté, SP.

As mudas foram produzidas em tubetes de 55 cm^3 e mantidas até os 30 dias após estaquia (DAE) em casa de vegetação, dos 30 até os 50 DAE em casa de sombra e dos 50 até os 60 DAE em pleno sol. A irrigação foi por aspersão utilizando barra de pulverização, com controle de umidade via “foggers” acionados automaticamente, mantendo a umidade relativa do ar acima de 80% e a temperatura em torno de 30°C . Aos 60 DAE, estas foram transferidas para Patrocínio Paulista, SP, acondicionadas em bandejas do “tipo caixa” na densidade de $200\text{ plantas }m^{-2}$ (cada planta ocupando 50 cm^2 de área), constituindo um delineamento inteiramente casualizado com 5

tratamentos de 1000 mudas para cada substrato, com 4 repetições de 250 plantas cada, irrigados por subsuperfície restabelecendo a condição de capacidade de campo dos substratos em diferentes frequências no dia, conforme é apresentado na Tabela 1 e na Figura 1. Em dias chuvosos as mudas foram protegidas com cobertura plástica.

TABELA 1- Tratamentos aplicados às mudas, durante a fase de rustificação.

Tratamento	Substrato	Frequência diária da irrigação restabelecendo a condição de capacidade de campo	Horário da irrigação
F1	CAC e PLX	uma vez ao dia	13 h
F2	CAC e PLX	duas vezes ao dia	10h30min e 16h30min
F3	CAC e PLX	três vezes ao dia	09h30min, 13h30min e 17h30min
F4	CAC e PLX	quatro vezes ao dia	8 h, 11 h, 14 h e 17 h
FD	CAC e PLX	mantido em irrigação	mantido em irrigação

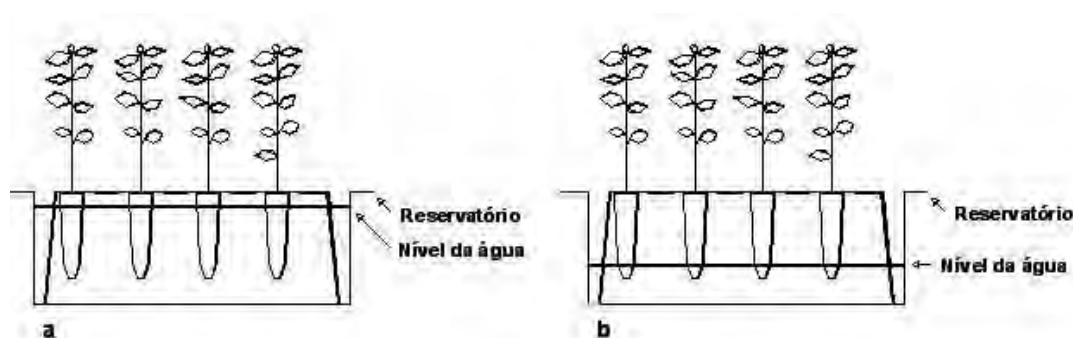


FIGURA 1. Representação do sistema de irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4 (a) e para o manejo FD- mantido em irrigação (b).

Os teores totais de nutrientes nos substratos (Tabela 2) foram avaliados pelo método do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1988), e os teores disponíveis pelo método descrito por Sonneveld et al. (1990 apud ABREU et al., 2002), na proporção de uma parte de substrato para uma e meia partes de água destilada (1:1,5), que também foi usado para a determinação do

potencial de hidrogênio (pH) e da condutividade elétrica (EC), obtendo-se as leituras através de um pHmetro e um condutivímetro, respectivamente.

TABELA 2- Teores totais de nitrogênio, matéria orgânica e carbono, e de pH e condutividade elétrica no extrato 1:1,5¹ e teores disponíveis de macronutrientes e micronutrientes no extrato 1:1,5¹ nos substratos, antes da produção das mudas.

Nutriente	Substrato	
	CAC	PLX
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	0,4	0,9
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹)	32,0	56,0
Carbono (g kg ⁻¹)	17,80	31,20
Relação C:N	45/1	35/1
pH	7,18	7,05
CE (mSm ⁻¹)	0,39	0,99
Potássio (g kg ⁻¹)	58,6	112
Magnésio (g kg ⁻¹)	11,90	43,80
Cálcio (g kg ⁻¹)	1,26	40,80
Ferro (mg kg ⁻¹)	430	120
Manganês (mg kg ⁻¹)	360	380
Cobre (mg kg ⁻¹)	130	80
Zinco (mg kg ⁻¹)	30	60

⁽¹⁾ Uma parte de substrato para uma e meia partes de água destilada.

A adubação de crescimento foi realizada a partir dos 30 DAE até os 60 DAE, semanalmente, conforme é apresentado na Tabela 3. Durante a aplicação do manejo hídrico por subsuperfície (correspondente à fase de rustificação, dos 60 aos 90 DAE), as mudas em ambos os substratos foram adubadas duas vezes por semana com 50 g de cloreto de cálcio, 33,3 g de MAP, 140,0 g de cloreto de potássio e 28,0 g de sulfato de amônio, dissolvidos em água, formando uma calda de 70 litros, suficientes para 7.000 mudas.

A lâmina média diária bruta de água foi determinada através das pesagens das bandejas antes e após as mudas serem submetidas à irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4. Para FD, a lâmina diária bruta de água foi obtida através da medição diária em escala graduada.

TABELA 3- Relação de nutrientes e dosagens para compor 100 L de solução, suficiente para 10.000 mudas, aplicados nas mudas em função do substrato, para o período entre 30 e 60 DAE.

Nutriente	Substrato	Dosagem (g)
nitrato de cálcio	PLX	100,0
	CAC	350,0
MAP	PLX	30,0
	CAC	47,5
cloreto de potássio	PLX	40,0
	CAC	200,0
uréia	PLX	47,5
	CAC	90,0
sulfato de magnésio	PLX e CAC	50,0
bórax	PLX	0,135
ácido bórico	CAC	0,1
sulfato de manganês	PLX	0,06
	CAC	0,8
sulfato de amônio	CAC	40,0
sulfato de cobre	PLX	0,0125
	CAC	0,05
sulfato de zinco	PLX	0,03
	CAC	0,8
molibdato de sódio	PLX	0,004
	CAC	0,03
dissolvine	PLX	1,25
osmocote® 19:06:10 ¹	CAC	300,0

⁽¹⁾Misturados no substrato antes do enchimento dos tubetes.

A avaliação das características morfológicas foi realizada aos 95 DAE, utilizando-se 5 plantas centrais de cada repetição. Foram medidos: a altura de parte aérea (HPA), o diâmetro de colo (DC), a área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF), haste mais ramos (MSHR) e de raízes (MSR), número de pares de folhas (NPF) e de ramos (NR). Foram usados paquímetro digital Starrett®-modelo 727-2001, régua numerada, balança analítica e medidor de AF LI-COR®-modelo LI-3000 A (usado para definir a AF e para o ajuste da equação de regressão linear usada no cálculo das AF, posterior à digitalização das imagens das folhas) e papel milimetrado para

comparação desta metodologia.

As determinações iniciaram-se na manhã seguinte ao último dia das irrigações, bem como foram digitalizadas as imagens das folhas, separadas as raízes dos substratos e a secagem dos órgãos da planta, que foi feita em estufa a 60°C até obtenção de massa constante.

Para fins de comparação dos resultados utilizou-se a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média diária da lâmina bruta de água foi superior para as mudas produzidas no substrato CAC para os manejos hídricos F2, F3 e F4 (Tabela 4). Para as condições de menor disponibilidade de fornecimento de água (F1), em ambos os substratos a lâmina bruta foi igual para as mudas, o que, no entanto, para CAC, resultou em perda de 8% das mudas, que morreram em função da baixa disponibilidade de água (Tabela 5). Para a condição FD, onde as mudas foram mantidas em irrigação, as lâminas brutas de água foram iguais estatisticamente para os dois substratos, não tendo sido constatado os efeitos de anaerobiose, típicos para plantas com o sistema radicular submerso em água. Este fato não ocorreu nesta pesquisa em função da lâmina de água permanecer apenas nos 2cm da parte inferior do tubete (Figura 1).

De acordo com os critérios estabelecidos por Gomes et al. (1996), a altura final (HPA) das mudas nesse experimento (Tabela 6) está adequada para o plantio (entre 15 e 30cm de altura), independentemente do substrato usado na produção, apesar de que no CAC, sob as frequências de irrigação F2, F3 e FD foram obtidos maiores incrementos em altura em relação ao mesmo manejo hídrico do PLX. O manejo hídrico influenciou na HPA (Tabela 6) de modo mais acentuado para as mudas produzidas no PLX, nesse caso, o manejo FD foi o que garantiu as maiores alturas e

influenciou muito pouco para CAC. Lopes et al. (2007) registraram em mudas de *Eucalyptus grandis* incrementos proporcionais à maior quantidade de água bruta fornecida às mudas. Verifica-se essa tendência (não significativa) em ambos os substratos, porém para F4 e FD no PLX as médias de altura de parte aérea foram estatisticamente iguais entre si, apesar de no FD as mudas terem recebido 2mm dia^{-1} a menos de água (Tabela 4). Os estudos de Alvarenga et al. (1994) mostraram que plantas produzidas na capacidade de campo possibilitaram incrementos da ordem de 65% superiores em relação àquelas produzidas sob estresse hídrico (-1,5 MPa). Entretanto Rawat et al. (1985), avaliando *Eucalyptus tereticornis* mantido em diferentes umidades de solo, verificaram que o crescimento em altura não foi influenciado pelo aumento da umidade.

TABELA 4- Resultados médios diários das lâminas brutas de água, em função dos substratos e dos manejos hídricos durante a fase de rustificação das mudas.

Manejo hídrico	Lâmina bruta de água (mm dia^{-1})			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	3,50 e	3,90 d	0,38.	2,92
F2	5,50 Ad	5,00 Bc	0,52	2,79
F3	7,40 Ab	6,30 Bb	1,78	0,43
F4	8,50 Aa	7,40 Ba	3,37	0,94
FD	6,30 c	5,40 c	1,50	7,28
D.M.S.	0,68	1,07		
C.V.	3,83	3,26		

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V. – Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; n.s. – Não significativo.

O diâmetro de colo (DC) obtido, independentemente do substrato e do manejo hídrico, foi em torno de 3,0mm (Tabela 6), o que é um bom indicador de qualidade, já que está bem acima do que recomendam para eucalipto Gomes et al. (1996), de no mínimo 2mm, equivalente a altura de parte aérea entre 25 e 30cm, o que demonstra adequada atividade cambial, que, por sua vez é

estimulada por carboidratos produzidos pela fotossíntese e pelos hormônios que são translocados das regiões apicais, podendo-se correlacioná-lo com o início da maturação da muda, adequadas para plantio em ambos os substratos testados nesta pesquisa. O substrato CAC mostrou pequena superioridade em relação ao PLX, significativa para as frequências de irrigação F2 e F3. O manejo hídrico por sua vez, não influenciou nessa característica para as mudas produzidas no PLX, mas sim para CAC. Neste, quando submetidas à F1 apresentaram o menor DC, justificado pelo fato que sob esta condição hídrica as mudas sentiram muito o efeito da falta de água, tendo sido constatado morte apical, abscisão foliar, emissão de novas gemas e ataque de *Puccinia psidii* (as mudas com ataque deste fungo foram descartadas), que contribuíram para a perda em incremento. Assim como para HPA, o CAC garantiu superioridade em DC quando sob F2 e F3. No entanto, isso possivelmente também possa ser atribuído à liberação constante do Osmocote® usado na base.

TABELA 5- Dados do censo realizado aos 85 dias após estaquia (DAE), nas 5000 mudas do substrato PLX e nas 5000 mudas do substrato CAC, sob os diferentes manejos hídricos a que foram submetidas durante a fase de rustificação, dos 60 aos 90 DAE.

Manejo hídrico	Sobrevivência das mudas (%)	
	Substrato CAC	Substrato PLX
F1	92	100
F2	100	100
F3	100	100
F4	100	100
FD	100	100

A condição hídrica e o DC também foram objetos de estudos por outros pesquisadores. Sasse et al. (1996) verificaram que o estresse hídrico afeta o incremento em diâmetro, de maneira que quanto maior a intensidade do estresse sofrido, menor foi o diâmetro final das mudas, o que

não foi verificado neste experimento e também no de Silva (1998), que verificou haver diferença significativa entre os níveis de estresse hídrico, mas não essa tendência verificada por Sasse et al. (1996).

A relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro de colo (Rel H:D), que exprime a qualidade de mudas em qualquer estágio de desenvolvimento, deve situar-se, segundo Carneiro (1995), entre os limites de 5,4 a 8,1 para *Pinus sp.* Considerando que esse limite possa ser empregado para mudas de eucalipto, nessa pesquisa os índices médios obtidos nas mudas produzidas nos dois substratos testados se encontram acima dessa faixa, próximos a 9,0 (Tabela 6). Porém, somente diferiram em função do tipo de substrato para o manejo hídrico FD. Outros pesquisadores também obtiveram índices mais elevados, como foram os casos de Trigueiro & Guerrini (2003) e Lopes et al. (2007), que, no entanto, não afetaram negativamente a qualidade das mudas.

A expansão em área pelas folhas também não foi influenciada pelo manejo hídrico ao qual as mudas foram submetidas para nenhum dos dois substratos (Tabela 6). Para CAC houve superioridade significativa em relação ao PLX sob os manejos F3, F4 e FD, o que poderia ser justificado pela lâmina bruta de água, que sob as mesmas condições, sempre foi maior para CAC (Tabela 4). Silva (1998), Ismael (2001) e Lopes et al. (2007) verificaram a influência da disponibilidade de água no incremento em área foliar, os quais obtiveram que quanto mais água foi fornecida às mudas, maior foi a expansão. Parece haver essa tendência, principalmente pelo fato de que a condição FD, que pode ser designada como capacidade de campo, não significou maior lâmina de água disponível para as mudas, atuando, quanto a isso, de modo similar a F2 para PLX e F3 para CAC.

TABELA 6- Dados médios de altura de parte aérea (HPA), diâmetro de colo (DC), relação entre altura de parte aérea e diâmetro de colo (Rel H:D), área foliar (AF), número de ramos (NR) e pares de folhas (NPF) para as mudas de eucalipto, em função dos substratos e do manejo hídricos ao final da rustificação.

Manejo hídrico	HPA (cm)				DC (mm)			
	Substrato		D.M.S.	C.V.	Substrato		D.M.S.	C.V.
	CAC	PLX			CAC	PLX		
F1	25,78 b	24,75 b	3,16	5,57	2,98 b	2,86	0,52	7,86
F2	31,10 Aa	24,52 Bb	1,31	2,10	3,42 Aa	2,90 B	0,27	3,62
F3	30,88 Aa	25,00 Bb	2,34	3,73	3,25 Aab	2,86 B	0,31	4,49
F4	30,30 a	25,9 ab	5,95	9,42	3,29 ab	3,0 A	0,35	4,93
FD	34,35 Aa	27,90 Ba	2,23	3,19	3,41 a	3,12	0,47	6,34
D.M.S.	4,28	2,06			0,37	0,39		
C.V.	6,23	3,58			4,99	5,80		
	Rel H:D				AF (cm ²)			
F1	8,70 b	8,70	0,69	3,52	117,32	88,22	58,92	25,48
F2	9,16 ab	8,54	0,95	4,77	165,69	108,05	75,19	24,41
F3	9,55 ab	8,84	0,77	3,70	174,30 A	94,76 B	15,46	5,10
F4	9,23 ab	8,67	1,64	8,12	171,20 A	93,97 B	63,47	21,27
FD	10,13 Aa	8,96 B	0,92	4,28	174,85 A	93,50 Ba	61,24	20,28
D.M.S.	1,27	0,78			67,16	44,17		
C.V.	6,06	3,98			18,55	20,48		
	NPF (n°)				NR (n°)			
F1	6,73	5,78 a	3,85	27,36	0,65	0,35	3,85	157,5
F2	7,85 A	4,90 Bb	2,74	19,14	1,35 A	0,0 B	1,23	80,92
F3	7,15 A	4,98 Bab	1,09	7,99	0,90 A	0,0 B	0,80	79,09
F4	6,73 a	5,12 ab	2,40	18,0	0,85	0,0	0,88	91,63
FD	8,35 Aa	5,45 Bab	0,79	5,09	1,80 A	0,05 B	1,63	78,33
D.M.S.	2,91	0,83			1,88	0,37		
C.V.	17,54	7,02			75,21	202,84		

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V. – Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O número de pares foliares indica também que as mudas produzidas nesse experimento foram de boa qualidade, pois o número médio foi de 7,0 para as produzidas no CAC e de 5,0 para as mudas produzidas no PLX (Tabela 6). Para ambos os casos, o critério estabelecido por Gomes et al. (1996) foi atendido (mínimo de 3 pares foliares). É possível que com as novas densidades praticadas (a metade do que era praticado na década de 90) pelos produtores de mudas de

eucalipto, esse número seja sempre superado, uma vez que a condição de menor número de mudas por m² de área favorece a emissão de ramos e folhas e garante maior rusticidade às mudas.

O manejo hídrico não influenciou no aumento do NPF (Tabela 6) para as mudas produzidas no CAC. No entanto, exerceu para as produzidas em PLX sob a condição de menos água (F1), o que poderia ser atribuído ao estresse hídrico sofrido, mesmo que não tenham ocorrido perdas de mudas, tão pouco, observadas a morte de ponteiros, abscisões foliares e, ou, sintomas típicos de falta de água nas folhas, caso observado para as mudas produzidas nesta mesma condição em CAC, onde o “V invertido”, característica de que está faltando água (Ferreira & Milani, 2002) foi muito evidenciada. O substrato CAC se mostrou novamente superior para esta característica, o que pode ser atribuído também ao adubo Osmocote® e a maior nutrição realizada durante a fase de casa de sombra.

Para o número de ramos (Tabela 6), o manejo hídrico não exerceu nenhuma influência para as mudas em nenhum dos substratos. Porém o substrato exerceu, de modo que para CAC o número de ramos foi sempre maior para as condições F2, F3 e FD , o que pode ser atribuído à condição inicial, correspondente à fase de casa de sombra à que as mudas foram encanteiradas (em CAC, com cada planta ocupando área de 50 cm² e em PLX, de 25 cm²). Embora esta característica normalmente não seja avaliada nas pesquisas científicas, é esperado que tanto a área das folhas diminua em função da falta de água bem como, o número de ramos e folhas, caso este, não evidenciado significativamente nesta pesquisa.

Com relação ao desenvolvimento da parte aérea, o incremento de matéria seca de haste mais ramos (MSRH) mostra que somente foi influenciado pelo manejo hídrico F1 para as mudas do substrato CAC (Tabela 7). Sob os manejos F2, F3 e F4, CAC novamente mostrou superioridade em relação ao PLX, justificado pela maior lâmina bruta de água nessa condição (5,50; 7,40 e 8,50mm dia⁻¹, respectivamente) do que para PLX (5,0; 6,30 e 7,40mm dia⁻¹,

respectivamente). Lopes et al. (2007) verificaram que à medida que mais água foi fornecida às mudas, maior foi a massa seca aérea. Trigueiro & Guerrini (2003), assim como foi observado nesta pesquisa, verificaram o efeito substrato, maior para Multiplant®.

TABELA 7- Dados médios de massas secas do sistema radicular (MSR), de haste e ramos (MSHR) e de folhas (MSF) para as mudas de eucalipto, em função dos substratos e do manejo hídricos, ao final da rustificação.

Manejo hídrico	MSR (g)				MSHR (g)			
	CAC	PLX	D.M.S.	C.V.	CAC	PLX	D.M.S.	C.V.
F1	0,59 A	0,41 Bab	0,04	3,30	0,38 b	0,33	0,12	15,11
F2	0,62 A	0,40 Bab	0,17	14,85	0,54 Aa	0,34 B	0,11	10,67
F3	0,66 A	0,32 Bb	0,13	11,56	0,50 Aab	0,34 B	0,06	5,94
F4	0,66	0,53 ab	0,15	10,85	0,43 Aab	0,32 B	0,07	7,81
FD	0,69 A	0,45 Bab	0,10	8,13	0,42 ab	0,37	0,20	22,25
D.M.S.	0,15	0,14			0,15	0,081		
C.V.	10,47	15,17			14,38	10,44		
	MSF (g)							
F1	0,76 b	0,66	0,46	28,90				
F2	1,22 Aa	0,70 B	0,28	12,99				
F3	1,16 Aa	0,66 B	0,26	12,57				
F4	1,10 Ab	0,65 B	0,38	19,15				
FD	1,20 Aa	0,76 B	0,11	5,07				
D.M.S.	0,39	0,17						
C.V.	15,81	11,26						

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V. – Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

A massa seca radicular (MSR) só sofreu influência pelo manejo hídrico aplicado às mudas produzidas no PLX. Nesse caso, a condição F4 (onde ocorreu a maior lâmina bruta de água, de 7,4 mm dia⁻¹), foi a que possibilitou o maior incremento em massa seca de raízes (Tabela 7). Na comparação entre os substratos, CAC mais uma vez mostrou pequena superioridade em relação à PLX. A superioridade de CAC em relação à PLX para essa característica talvez pudesse ser justificada pelo maior nível de estresse observado; pode ter ocorrido maior concentração de

fotoassimilados para os órgãos de reserva. Ismael (2001) também observou que não houve diferença significativa entre situações distintas de fornecimento de água. Alvarenga et al. (1994) e Lopes et al. (2007) verificaram que o incremento em raízes é favorecido pelo aumento na disponibilidade de água. Trigueiro e Guerrini (2003) também verificaram, como nesta pesquisa, o efeito substrato, o que foi atribuído à nutrição do Multiplant®, substrato este muito similar ao PLX, principalmente em relação aos materiais usados na composição.

A massa seca das folhas sofreu influência dos substratos e dos manejos F1 e F4 (Tabela 7) e, de modo semelhante às demais características, foi maior para CAC, o que pode ser justificado pela maior lâmina bruta de água nesse substrato para as mesmas frequências. PLX só foi similar na condição F1, que ocorreu em virtude do estresse, que nesse caso, não afetou negativamente as mudas.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que o manejo hídrico aplicado na fase de rustificação das mudas, através das frequências de irrigação por subsuperfície, influenciou, de modo geral, nas características morfológicas das mudas em ambos substratos.

Os substratos testados, CAC e PLX, apesar de distintos quimicamente, possibilitaram resultados que qualificam as mudas como de alto padrão morfológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. F. de.; ABREU, C. A. de.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Campinas, 2002. Documentos IAC, 70. Campinas: IAC, 2002, p. 17-28.

ALVARENGA, R. C., et al. Efeitos do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 107-114, 1994.

BRASIL - Diário Oficial da União. Ministério da Agricultura. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. **Métodos oficiais**. Brasília, 110 p., 1988.

CARVALHO, C. M.; SILVA, C. R. Determinação das propriedades físicas de substrato. **Notas de aulas práticas**. 1992, 6 p. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de mudas florestais**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1995. 451 p.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil. Mogi Guaçu: International Paper, 2002. 98 p.

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

ISMAEL, J. J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN). 2001. 106 f. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

LOPES, J. L. W. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. 2004. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

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

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade**. São Paulo, T. A. Queiroz, 1995. 135 p.

RAWAT, P. S.; GUPTA, B. B.; RAWAT, J. S. Transpiration as affected by soil moisture in *Eucalyptus tereticornis* seedlings. **Indian Forester**, Dehra Dun. v. 110, n. 1, p. 35-39, 1985.

RUBIRA, J. L. P.; BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales en contenedor**. Centro de Publicaciones, Madrid, España, 1996, 189 p.

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

SILVA, M. R. da. Caracterizações morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação. 1998. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. da. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). 2003. 100 f. **Tese** (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**. Netherlands, n. 22, p. 19-41, 2001.

TRIGUEIRO; R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 150-162, dez. 2003.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS

**Redigido conforme as normas da Revista: REVISTA BRASILEIRA DE
CIÊNCIA DO SOLO**

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do manejo hídrico por subsuperfície na nutrição mineral das mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* selecionado para déficit hídrico, produzidas em diferentes substratos. As mudas foram produzidas no substrato Plantmax estacas® (PLX) e com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC). A partir dos 60 dias após estaquia (DAE), as mudas foram manejadas com cinco frequências de irrigação por subsuperfície para restabelecer a capacidade de campo: F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação, até o plantio aos 90 DAE. Foram determinados os teores e os acúmulos dos nutrientes nas folhas, caules e ramos e no sistema radicular das mudas. Houve influência do manejo hídrico e dos substratos nos macro e nos micronutrientes em todos os órgãos das plantas. O substrato CAC mostrou superioridade em relação ao PLX, para o registro dos teores e dos acúmulos nos diferentes órgãos. O manejo hídrico exerceu influência, porém, não houve aumento ou diminuição dos teores dos nutrientes, em função da frequência diária de água aplicada.

PALAVRAS CHAVE: Eucalipto, viveiro, irrigação subsuperficial, nutrição mineral.

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF A EUCALYPT HYBRID DUE TO DIFFERENT SUBSTRATES AND WATER MANagements

SUMMARY: The objective of this work was to evaluate the effects of the water management by underwater on the mineral nutrition of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings selected to water deficit, produced in different substrates. The seedlings were produced in the substrate Plantmax estacas® (PLX) and with the equal quantities mix of rice carbonized husks and vermiculite (CAC). From the 60 days after the mass propagation, the seedling were managed with five underwater irrigations for restoring the field conditions (F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three

times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated) until the planting at 90 days after the mass propagation. The contents and the accumulation of the leaves, stems, branches and the seedlings root system were determined. The water and substrate managements influenced on the macronutrients and on the micronutrients, in all the plants organs. The CAC substrate showed itself superior than the PLX substrate, for the register of the contents and accumulation in the different organs. The water management had influence, although there was neither increase nor decrease of the nutrients contents, due to the daily average quantity of water.

KEYWORDS: Eucalypt, nursery, underwater irrigation, mineral nutrition.

1. INTRODUÇÃO

A absorção dos nutrientes pelas plantas, particularmente os transportados por difusão, é afetada por uma série de fatores, dentre esses a umidade e a textura do solo ou substrato, sendo que a umidade e fertilidade baixas promovem alterações fisiológicas significativas nas plantas (Silva et al., 2000). O tipo de material genético pode exercer influência na absorção, fazendo com que as exigências nutricionais do eucalipto variem entre espécies (Barros et al., 1990), e dentro de uma mesma espécie, entre as procedências (Novais et al., 1990).

A variabilidade de substratos existentes no mercado tem dificultado, de modo considerável, a recomendação de adubação. De acordo com os componentes e proporção das misturas, a capacidade de retenção de umidade e de nutrientes varia, sendo que também a composição química e a taxa de liberação de nutrientes diferem de componente para componente e em suas misturas e por isso, os problemas nutricionais são muito comuns pela falta, pelo excesso, ou desequilíbrio entre nutrientes (Barros et al., 1997).

Como teoricamente todas as propriedades de um substrato podem ser mudadas ou melhoradas, é importante estabelecer que o substrato deva ser desenvolvido em função da planta (Minami, 2000). A qualidade de um substrato para produção de mudas depende de sua estrutura física e composição química, o que afeta a qualidade das plantas produzidas (Miranda et al., 1998; Taveira, 2000). Salvo em situações extremas, nenhum material que

preencha requisitos mínimos pode ser considerado inadequado para o uso como componente de substrato (Malvestiti, 2004) e, apesar de não existirem substratos válidos para todas as espécies vegetais (Abad et al., 1992), algumas misturas usando turfa e cascas de árvores se tornaram consagradas na elaboração de substratos (Booman, 2000).

Para que a eficiência e a eficácia da irrigação seja muito próxima de 100%, o sistema de fornecimento de água deveria ser por subsuperfície. Esse sistema garante a melhor uniformização na aplicação da água, permitindo o fluxo adequado de água à zona radicular das mudas. No entanto, deve ser considerado o tempo mínimo para que a água chegue à superfície do recipiente, que irá variar de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, entre espécies e de acordo com cada tipo de substrato e época do ano (Lopes, 2007).

Esta pesquisa objetivou avaliar os teores e as concentrações de nutrientes nas mudas de um híbrido selecionado para deficiência hídrica, de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a cinco diferentes frequências de irrigação por subsuperfície, em dois tipos distintos de substratos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2005 a janeiro de 2006 no estado de SP. As mudas do híbrido H13, selecionado para deficiência hídrica, foram produzidas por miniestaquia em dois viveiros distintos: 5000 mudas com o substrato Plantmax estacas®, cujos componentes são: casca de pinus (40%), vermiculita fina (20%) e vermiculita super fina (20%), (PLX), em Bofete, SP, e 5000 mudas com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC), em Ibaté, SP.

As mudas foram produzidas em tubetes de 55 cm³ e mantidas até os 30 dias após estaquia (DAE) em casa de vegetação, dos 30 até os 50 DAE em casa de sombra e dos 50 até os 60 DAE em pleno sol. A irrigação foi por aspersão utilizando barra de pulverização, com controle de umidade via “foggers” acionados automaticamente, mantendo a umidade relativa do ar acima de 80% e a temperatura em torno de 30 °C. Aos 60 DAE foram transferidas para Patrocínio Paulista, SP, acondicionadas em bandejas do “tipo caixa” na densidade de 200 mudas m⁻² (cada muda ocupando 50 cm² de área), constituindo 5 tratamentos de um delineamento inteiramente casualizado com 1000 mudas para cada

substrato e 4 repetições de 250 mudas cada, irrigados por cinco freqüências de irrigação por subsuperfície (restabelecendo a condição de capacidade de campo dos substratos), conforme é apresentado no Quadro 1 e na Figura 1.

Quadro 1. Tratamentos aplicados às mudas, durante a fase de rustificação, dos 30 aos 60 dias após estaquia.

Tratamento	Substrato	Freqüência diária da irrigação restabelecendo a condição de capacidade de campo	Horário da irrigação
F1	CAC e PLX	uma vez ao dia	13 h
F2	CAC e PLX	duas vezes ao dia	10h30min e 16h30min
F3	CAC e PLX	três vezes ao dia	09h30min, 13h30min e 17h30min
F4	CAC e PLX	quatro vezes ao dia	8 h, 11 h, 14 h e 17 h
FD	CAC e PLX	mantido em irrigação	mantido em irrigação

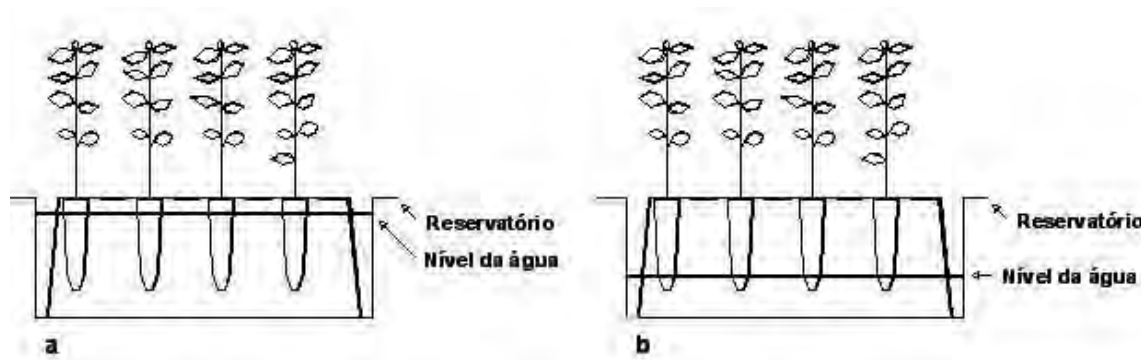


Figura 1. Representação do sistema de irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4 (a) e para o manejo FD- mantido em irrigação (b).

A adubação de crescimento foi realizada a partir dos 30 DAE até os 60 DAE, semanalmente, conforme é apresentado no Quadro 2. Durante a aplicação do manejo hídrico por subsuperfície (correspondente à fase de rustificação), as mudas em ambos os substratos foram adubadas duas vezes por semana, com 50 g de cloreto de cálcio, 33,3 g de MAP, 140,0 g de cloreto de potássio e 28,0 g de sulfato de amônio, dissolvidos em água, formando uma calda de 70 litros, suficientes para 7.000 mudas.

A lâmina média bruta diária de água foi determinada através das pesagens das bandejas antes e após as mudas serem submetidas à irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4. Para FD, a lâmina de água diária foi obtida através da medição diária em escala

graduada.

Para caracterização química dos substratos foram feitas análises utilizando a metodologia do Ministério da Agricultura (Brasil, 1988) e a descrita por Abreu et al. (2002). Após os 90 DAE, 5 mudas centrais de cada repetição foram retiradas das embalagens e divididas em haste e ramos, folhas e raízes. As raízes sofreram remoção completa do substrato e, assim como para os componentes da parte aérea, foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C. Após esse procedimento, o material foi encaminhado para análise, sendo determinadas as concentrações dos macronutrientes e dos micronutrientes, segundo Malavolta et al. (1997).

Para fins de comparação dos resultados entre os manejos hídricos e entre os substratos, utilizou-se à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 2. Relação de nutrientes e dosagens para compor 100 L de solução, suficiente para 10.000 mudas, aplicados na fase de crescimento das mudas, em função do substrato.

Nutriente	Substrato	Dosagem (g)
nitrato de cálcio	PLX	100,0
	CAC	350,0
MAP	PLX	30,0
	CAC	47,5
cloreto de potássio	PLX	40,0
	CAC	200,0
uréia	PLX	47,5
	CAC	90,0
sulfato de magnésio	PLX e CAC	50,0
bórax	PLX	0,135
ácido bórico	CAC	0,1
sulfato de manganês	PLX	0,06
	CAC	0,8
sulfato de amônio	CAC	40,0
	PLX	0,0125
sulfato de cobre	CAC	0,05
	PLX	0,03
sulfato de zinco	CAC	0,8
	PLX	0,004
molibdato de sódio	CAC	0,03
	PLX	1,25
dissolvine	PLX	1,25
osmocote® 19:06:10 ¹	CAC	300

⁽¹⁾ Misturados no substrato antes do enchimento dos tubetes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características químicas dos substratos

O pH, de grande importância para o crescimento da planta devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, em especial de microelementos, praticamente foi o mesmo para ambos os substratos (Quadro 3), porém acima do que recomendam Ansorena Miner (1994), Fonteno (1996) e Baumgarten (2002), que estabeleceram uma faixa que varia de 5,5 a 6,8 como a ideal para ampla disponibilidade de nutrientes. No entanto, Bataglia & Furlani (2004) registraram pH de 7,5 para vermiculita, e sendo assim, a vermiculita presente na composição tanto do substrato CAC como do PLX pode ter influenciado sobremaneira o resultado de pH registrado. Apesar de não ser possível comparar os resultados obtidos nesta pesquisa à legislação brasileira para substratos (Brasil, 2004), e da variação obtida nos resultados em relação aos pesquisadores mencionados, não foram verificados sintomas visuais de deficiência e ou toxidez que pudessem ter afetado o desenvolvimento das mudas.

Quadro 3. Teores totais de nitrogênio, matéria orgânica e carbono, e de pH e condutividade elétrica no extrato 1:1,5¹ e teores disponíveis de nutrientes no extrato 1:1,5¹ nos substratos, antes da produção das mudas.

Nutriente	Substrato	
	CAC	PLX
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	0,4	0,9
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹)	32,0	56,0
Carbono (g kg ⁻¹)	17,80	31,20
Relação C:N	45/1	35/1
pH	7,18	7,05
CE (mSm ⁻¹)	0,39	0,99
Potássio (g kg ⁻¹)	58	112
Magnésio (g kg ⁻¹)	11,90	43,80
Cálcio (g kg ⁻¹)	1,26	40,80
Ferro (mg kg ⁻¹)	430	120
Manganês (mg kg ⁻¹)	360	380
Cobre (mg kg ⁻¹)	130	80
Zinco (mg kg ⁻¹)	30	60

⁽¹⁾ Uma parte de substrato para uma e meia partes de água destilada.

3.2. Lâmina de água

Conforme pode ser verificado no Quadro 4, os manejos hídricos iguais não indicaram as mesmas disponibilidades de água nos substratos avaliados. No CAC, reconhecido pela

sua facilidade em drenar água, a lâmina foi sempre mais elevada, exceto sob o manejo F1, onde foi constatada a morte de 8% das mudas (em função das mesmas terem sentido mais a falta da umidade, quando comparadas às de PLX), fazendo com que as sobreviventes perdessem parte da folhagem, e conseqüentemente, transpirassem bem menos (LOPES, 2008). As mudas em PLX, por sua vez, não sentiram os efeitos do estresse provocados por F1 no CAC.

Quadro 4. Lâminas médias brutas de água, em função dos substratos e dos manejos hídricos durante a fase de rustificação das mudas.

Manejo hídrico	Lâmina bruta de água (mm dia ⁻¹)			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	3,50 e	3,90 d	0,38	2,92
F2	5,50 Ad	5,00 Bc	0,52	2,79
F3	7,40 Ab	6,30 Bb	1,78	0,43
F4	8,50 Aa	7,40 Ba	3,37	0,94
FD	6,30 c	5,40 c	1,50	7,28
D.M.S.	0,68	1,07		
C.V.	3,83	3,26		

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V. – Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; n.s. – Não significativo.

3.3. Teores e acúmulos dos nutrientes nas mudas

Analisando-se os teores e os acúmulos dos nutrientes nos diferentes órgãos das mudas (Quadros 5 e 6), e comparando-se os substratos em função dos manejos hídricos, verifica-se que, de modo geral, CAC se mostrou superior à PLX, exceto para P (quando foram semelhantes) e para Ca, quando PLX se mostrou superior.

A ordem para os teores e os acúmulos dos nutrientes avaliados nas mudas ao final do ciclo de viveiro variou em função dos substratos, somente nas raízes (Quadros 5 e 6). Para esses, a seqüência de absorção para as mudas no substrato CAC foi a seguinte: N>K>Ca>Mg>P>S, e no PLX foi K>Ca>N>Mg>P>S. Para as hastes mais ramos, nas mudas de ambos os substratos, a seqüência foi K>Ca>N>P>Mg>S, e para as folhas foi K>N>Ca>Mg>P>S.

A superioridade das mudas do substrato CAC em relação as do PLX pode ser justificada pela adubação realizada durante a fase de crescimento, sempre mais concentrada

do que a realizada no PLX (Quadro 2), bem como pelo adubo osmocote® utilizado no CAC, que continuou ativo ainda no final do ciclo de produção das mudas. Um outro fator é a lâmina bruta de água, que sempre foi maior em CAC (Quadro 4), exceto sob manejo F1, ou ainda à uma possível maior facilidade de absorção de água e, em consequência de nutrientes pelas mudas neste substrato.

Apesar de nos manejos F2, F3 e F4 as mudas de CAC terem mais água disponível que no PLX, isto não refletiu em maior acúmulo de N, que mesmo no CAC, sob o manejo F4, onde a lâmina bruta foi a maior, de 8,50 mm diários, isto não refletiu em superioridade para acúmulo de nutrientes. Apesar de ter ocorrido a influência do manejo, o fato da lâmina bruta de água ser maior ou menor (Quadro 4) não significou maior ou menor acúmulo de nutrientes em qualquer órgão da planta, independentemente do substrato, conforme também verificou Silva (2003). Lima et al. (1997) e Lopes et al. (2007), no entanto, verificaram justamente o contrário, ou seja, quanto mais água foi fornecido às mudas, maior a tendência de acúmulo de nutrientes.

O P, apesar de móvel nos tecidos (Silveira et al., 2000), foi mais acumulado na haste mais ramos (Quadro 6) do que nas folhas e, apesar de pouco móvel nos substratos e com difusão sendo reduzida à medida que a umidade diminui, à semelhança do que ocorre nos solos onde a umidade é limitada (Lima et al., 1997), foi influenciado pelo manejo hídrico para as raízes e folhas das mudas em CAC e para a haste mais ramos para as mudas em PLX (Quadros 5 e 6), do mesmo modo como ocorreu na pesquisa de Ismael (2001).

O K, muito móvel nas plantas (Malavolta, 1980), normalmente usado para rustificação de mudas de eucalipto (Silva, 2003), embora tenha sido registrado em quantidade equivalente ao dobro no substrato PLX (Quadro 3), foi fornecido na fase de crescimento, em quantidade cinco vezes maior para as mudas produzidas no CAC (Quadro 2), o que possivelmente contribuiu para as quantidades significativamente maiores nesse substrato, independentemente do órgão da planta (Quadros 5 e 6). À semelhança do que ocorreu na pesquisa de Silva (2003), os resultados obtidos nesta pesquisa indicaram que o manejo hídrico exerceu influência no acúmulo desse elemento para a haste mais ramos e folhas das mudas produzidas no CAC e para as raízes e folhas das mudas no PLX (Quadro 6).

Quadro 5. Teor de macronutrientes nas raízes, haste mais ramos e nas folhas das mudas de eucalipto, em função do manejo hídrico e dos substratos.

Manejo hídrico	N (g Kg ⁻¹)								
	Raízes			Haste mais ramos			Folhas		
	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.
	CAC	PLX		CAC	PLX		CAC	PLX	
F1	9,08 Aa	6,12 B	0,70	6,21 Aa	3,20 B	0,85	18,53 Aa	8,40 Bb	3,48
F2	8,26 Aa	5,64 B	0,47	5,20 Aab	3,26 B	1,19	14,02Ab	8,33 Bb	2,26
F3	8,02 Aa	5,53 B	0,92	4,94 Ab	4,08 A	2,92	14,19Ab	8,44 Bb	1,94
F4	7,80 Ab	5,34 B	1,96	5,14 Aab	3,04 B	0,42	14,2 Ab	8,47 Bb	0,72
FD	8,70 Aa	6,07 B	1,52	4,88 Ab	3,50 B	0,57	14,12Ab	9,82 Ba	1,50
D.M.S.	1,14	1,21		1,11	2,24		2,89	0,78	
C.V. (%)	7,24	9,34		9,38	28,89		8,57	4,0	
	P (g Kg ⁻¹)								
F1	1,40 a	2,49	1,97	2,50 B	4,00 Aa	0,13	2,26 Aa	2,11	0,48
F2	1,42 Bb	2,16 A	0,25	2,19 B	3,93 Aa	0,44	1,80 Bab	2,18 A	0,24
F3	1,44 Bb	2,11 A	0,35	2,24 B	3,72Aab	0,34	1,79 Aab	2,08	0,54
F4	1,40 Bb	2,03 A	0,10	2,21 B	3,67Aab	0,30	1,72 Bb	2,11 A	0,16
FD	1,68 Ba	2,20 A	0,40	2,34 B	3,42 Ab	0,31	1,87 Aab	2,18	0,81
D.M.S.	0,17	1,20		0,33	0,36		0,48	0,61	
C.V. (%)	5,13	24,23		6,33	4,30		11,35	12,73	
	K (g Kg ⁻¹)								
F1	8,10 A	7,53 Bb	0,51	14,38 Aa	10,50B	1,66	17,35 Aa	13,58 Bb	1,48
F2	8,60	7,95 ab	0,67	12,70Ab	10,08B	0,57	17,25 Aa	13,38 Bb	2,34
F3	8,85	8,40 a	0,73	12,10Ab	9,82 B	0,84	16,55Aab	13,20 Bb	0,46
F4	8,73 A	7,53 Bb	1,01	12,20Ab	9,92 B	0,53	16,0 Ab	13,70 Bb	1,58
FD	8,70	8,18 ab	0,86	12,82Ab	10,63B	0,47	17,30 Aa	15,18 Ba	0,96
D.M.S.	1,07	0,68		1,32	0,88		1,18	1,07	
C.V. (%)	5,53	3,79		4,57	3,87		3,11	3,43	
	Ca (g Kg ⁻¹)								
F1	6,08 a	6,30	0,61	5,50 B	8,35 A	1,63	5,20 B	7,65 Aa	0,54
F2	5,82Bab	6,68 A	0,74	5,55 B	8,88 A	1,70	5,42 B	7,60 Aab	0,44
F3	5,48Bb	6,20 A	0,30	5,40 B	8,58 A	1,59	5,10 B	7,30 Aab	0,72
F4	4,90 Bc	6,25 A	0,54	5,33 B	8,62 A	0,45	4,98 B	6,92 Ab	0,33
FD	5,32Bbc	6,62 A	1,12	4,75 B	7,85 A	1,31	4,95 B	7,32 Aab	0,51
D.M.S.	0,58	0,85		1,07	1,30		0,49	0,70	
C.V. (%)	4,62	17,35		8,97			4,21	4,21	
	Mg (g Kg ⁻¹)								
F1	5,72 A	2,52 B	1,01	2,02 Aa	1,12 Ba	0,22	4,10 A	3,68 B	0,33
F2	4,80 A	2,95 B	1,78	1,52 Ab	1,12 Ba	0,29	3,68	3,60	0,79
F3	5,30 A	3,02 B	1,62	1,42 Ab	1,025Bb	0,37	3,72	3,65	0,35
F4	5,45	3,10	2,78	1,48 Ab	1,0 Bb	0,20	3,60	3,55	0,30
FD	8,95	3,82	6,12	1,52 Ab	1,025Bb	0,22	3,68	3,62	0,28
D.M.S.	4,29	1,47		0,43	0,09		0,69	0,32	
C.V. (%)	31,50	21,20		11,90	3,65		8,15	3,93	
	S (g Kg ⁻¹)								
F1	1,19 Ab	0,8 Bc	0,18	0,64 A	0,43 Ba	0,09	1,47 Aa	0,84 B	0,22
F2	1,24 b	1,10Ab	0,25	0,41	0,47	0,20	1,12 Ab	0,86 B	0,23
F3	1,26 Ab	0,85 Bc	0,15	0,43	0,46	0,22	1,02 Ab	0,84 B	0,13
F4	1,10 Ab	0,84 Bc	0,09	0,63 A	0,42 B	0,18	1,03 b	0,90	0,16
FD	1,72 a	1,42 a	0,34	0,58	0,33	0,36	1,14 Ab	0,86 B	0,08
D.M.S.	0,24	0,23		0,26	0,23		0,22	0,13	
C.V. (%)	8,14	10,39		21,77	24,45		8,58	6,56	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 6. Acúmulo de macronutrientes nas raízes, haste mais ramos e nas folhas das mudas de eucalipto, em função do manejo hídrico e dos substratos.

Manejo hídrico	N (g planta ⁻¹)								
	Raízes			Haste mais ramos			Folhas		
	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.
	CAC	PLX		CAC	PLX		CAC	PLX	
F1	5,31 A	2,49 B	0,72	2,67 A	1,38 B	0,36	7,97 Aa	3,61 Bb	1,49
F2	5,13 A	2,26 B	1,07	2,23 A	1,40 B	0,51	6,03 A b	3,58 Bb	0,97
F3	5,26 A	1,79 B	0,82	2,12	1,75	1,26	6,10 Ab	3,63 Bb	0,83
F4	5,18 A	2,87 B	0,95	2,21 A	1,31 B	0,18	6,03 Ab	3,64 Bb	0,31
FD	5,98	2,78	0,78	2,10 A	1,50 B	0,24	6,07 Ab	4,22 Ba	0,64
D.M.S.	1,20	1,08		0,47	0,96		1,24	0,34	
C.V. (%)	9,90	19,68		9,38	28,89		8,57	4,0	
P (g planta ⁻¹)									
F1	0,82 b	1,03	0,85	1,07 B	1,72 Aa	0,05	0,97 a	0,91	0,20
F2	0,88 b	0,86	0,30	0,94 B	1,69 Aa	0,19	0,8Bab	0,94 A	0,10
F3	0,95 Ab	0,68 B	0,12	0,96 B	1,6 Aab	0,15	0,8 Aab	0,89	0,23
F4	0,93 b	1,08	0,24	0,95 B	1,6 Aab	0,13	0,74 Bb	0,91 A	0,07
FD	1,16 a	0,99	0,26	1,00 B	1,47 Ab	0,13	0,8 Aab	0,94	0,35
D.M.S.	0,20	0,66		0,14	0,16		0,21	0,26	
C.V. (%)	9,43	24,23		6,33	4,30		11,35	12,73	
K (g planta ⁻¹)									
F1	4,74 A	3,07 Bab	0,36	6,18 Aa	4,52 B	0,71	7,46 Aa	5,84 Bb	0,64
F2	5,33 A	3,18 Bab	1,06	5,46 Ab	4,33 B	0,25	7,42 Aa	5,75 Bb	1,00
F3	5,85 A	2,72 Bb	0,93	5,20 Ab	4,22 B	0,36	7,12 Aab	5,68 Bb	0,63
F4	5,81 A	4,03 Ba	1,26	5,25 Ab	4,27 B	0,23	6,88 Ab	5,89 Bb	0,68
FD	5,98 A	3,66 Bab	0,76	5,51 Ab	4,57 B	0,20	7,44 Aa	6,52 Ba	0,41
D.M.S.	1,13	1,12		0,57	0,382		0,51	0,46	
C.V. (%)	10,59	14,89		4,57	3,87		3,11	3,43	
Ca (g planta ⁻¹)									
F1	3,56 A	2,57 Ba	0,52	2,36 B	3,59 A	0,70	2,24 B	3,29 Aa	0,23
F2	3,63	2,69ab	1,19	2,39 B	3,82 A	0,73	2,33 B	3,27 Aab	0,19
F3	3,63 A	2,01 Bb	0,70	2,32 B	3,69 A	0,69	2,19 B	3,14 Aab	0,31
F4	3,26	3,34 a	0,65	2,29 B	3,71 A	0,19	2,14 B	2,98 Ab	0,14
FD	3,64	2,99 ab	0,91	2,04 B	3,38 A	0,56	2,13 B	3,14Aab	0,22
D.M.S.	0,92	1,06		0,46	0,56		0,21	0,30	
C.V. (%)	11,51	17,35		8,97	6,81		4,21	4,21	
Mg (g planta ⁻¹)									
F1	3,21 A	1,41 B	0,56	0,87 Aa	0,48 Ba	0,10	1,76 A	1,58 B	0,14
F2	2,69 A	1,65 B	0,10	0,66 Ab	0,48 Ba	0,12	1,58	1,55	0,34
F3	2,97 A	1,69 B	0,91	0,61 Ab	0,44 Bb	0,16	1,60	1,57	0,15
F4	3,05	1,74	1,55	0,63 Ab	0,43 Bb	0,09	1,55	1,53	0,13
FD	5,01	2,14	3,43	0,66 Ab	0,44 Bb	0,10	1,58	1,56	0,12
D.M.S.	2,40	0,83		0,18	0,038		0,30	0,14	
C.V. (%)	31,50	21,20		11,90	3,65		8,15	3,93	
S (g planta ⁻¹)									
F1	0,67 Ab	0,45 Bc	0,10	0,27 A	0,18 B	0,04	0,63 Aa	0,36 B	0,09
F2	0,69 b	0,61 b	0,14	0,17	0,20	0,09	0,48 Ab	0,37 B	0,10
F3	0,70 Ab	0,47 Bc	0,08	0,19	0,20	0,10	0,44 Ab	0,36 B	0,06
F4	0,62 Ab	0,47 Bc	0,05	0,27 A	0,18 B	0,07	0,44 Ab	0,39 A	0,07
FD	0,96 a	0,80 a	0,19	0,25	0,14	0,15	0,49 Ab	0,37 B	0,03
D.M.S.	0,13	0,13		0,11	0,10		0,10	0,05	
C.V. (%)	8,14	10,39		21,8	24,4		8,58	6,56	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O Ca, também registrado em quantidade maior no PLX (40,8 g Kg⁻¹), em relação ao

CAC ($1,26 \text{ g Kg}^{-1}$), refletiu em menor acúmulo de K independentemente do órgão da planta, causa do efeito antagônico entre esses nutrientes, o que já foi verificado também por Trigueiro e Guerrini (2003) e Lopes et al. (2007), pois é transportado na planta por fluxo de massa e normalmente encontrado em baixos teores na parte aérea, devido ao fato de que a absorção desse nutriente se dá normalmente próximo às pontas das raízes, regiões novas, ainda não suberizadas, sendo também, bastante afetado pelo déficit hídrico (Novais et al., 1990). No entanto, mesmo com a adubação de crescimento realizada nas mudas de CAC (Quadro 2), as mudas de PLX registraram os maiores teores e concentrações de Ca, independentemente do órgão da planta (Quadros 5 e 6), o que era esperado. Verifica-se, ainda que para as mudas produzidas no substrato CAC, o manejo não influenciou no acúmulo e nos teores desse nutriente, independentemente do órgão da planta. Já para as mudas de PLX houve influência para o acúmulo nas raízes e nas folhas. Ismael (2001) e Silva (2003) verificaram que nas raízes, não houve influência no teor e no acúmulo desse nutriente, embora para os demais órgãos essa influência tenha ocorrido.

O Mg, que naturalmente sofre competição pelo K, sofreu influência do manejo hídrico no acúmulo na haste mais ramos das mudas produzidas nos dois substratos, porém, à semelhança do que verificaram Ismael (2001) e Silva (2003), para os demais órgãos o manejo não influenciou. Também era esperado que a maior alocação desse nutriente ocorresse nas folhas (caso verificado só para as mudas no PLX), pois o Mg participa na molécula de clorofila (Mengel & Kirkby, 1987).

O S só não foi influenciado pelo manejo hídrico para o teor e acúmulo na haste mais ramos (independentemente do substrato), do mesmo modo como verificou Silva (2003), e para o acúmulo nas folhas das mudas produzidas no substrato PLX.

Considerando-se os teores e os acúmulos de micronutrientes registrados nas mudas em ambos os substratos, verifica-se que o CAC não mostrou superioridade significativa em relação ao PLX, como foram os casos dos macronutrientes avaliados. O substrato CAC respondeu melhor para os teores de Cu e Mn (independentemente do órgão da planta) e para o teor de Zn no sistema radicular das mudas. Para os teores de Fe (independentemente do órgão da planta), ambos os substratos comportaram-se de modo semelhante, o mesmo ocorrendo para o teor de Zn na haste mais ramos e nas folhas. Com relação aos acúmulos dos micronutrientes, o PLX, de uma forma geral, respondeu melhor em todos os órgãos da

planta para o B; CAC, por sua vez, respondeu melhor para os acúmulos de Cu, Mn e Zn (exceto para acúmulo de Zn na haste mais nos ramos), conforme os resultados apresentados nos Quadros 7 e 8.

Quadro 7. Teores de micronutrientes nas raízes, haste mais ramos e nas folhas das mudas de eucalipto, em função do manejo hídrico e dos substratos.

Manejo hídrico	B (mg Kg ⁻¹)								
	Raízes			Haste mais ramos			Folhas		
	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.
	CAC	PLX		CAC	PLX		CAC	PLX	
F1	55,9	67,9	30,9	32,9 a	35,6	10,3	48,8 a	51,4	16,8
F2	50,7 B	72,1 A	11,7	25,6 Bb	42,2 A	10,5	41,1 Ab	55,7	15,5
F3	48,9 B	73,1 A	7,2	25,4 b	36,2	17,5	41,4 Bab	52,9 A	9,0
F4	44,2 B	72,6 A	21,5	25,4 b	29,1	7,5	36,0 Bbc	50,5 A	5,5
FD	51,7	60,7	20,6	24,7 b	29,1	5,09	31,6 Bc	49,2 A	4,0
D.M.S.	16,8	27,7		6,81	13,9		7,6	7,5	
C.V. (%)	14,9	17,7		11,3	7,10		8,5	6,4	
	Cu (mg Kg ⁻¹)								
F1	10,0 Ab	8,0 B	1,3	6,25 A	3,8 Ba	0,9	6,0 A	3,2 B	2,0
F2	9,0 Ab	8,0 A	1,3	6,0 A	3,0 Bb	0,0	5,8 A	3,2 B	0,9
F3	8,5 Ab	7,0 B	0,9	6,2 A	3,0 Bb	0,8	5,2 A	3,0 B	0,8
F4	9,5 Ab	7,2 B	1,5	6,2 A	3,0 Bb	0,8	5,0 A	3,0 B	0,0
FD	12,25 Aa	8,5 A	4,8	6,0 A	3,0 Bb	0,0	5,2 A	3,0 B	0,8
D.M.S.	1,99	2,6		0,94	0,5		1,3	0,74	
C.V. (%)	8,98	14,9		6,80	7,1		10,7	10,6	
	Fe (mg Kg ⁻¹)								
F1	1646,3Ab	1032,5 Bb	578,3	109,2 Aa	70,5 B	21,5	134,0	118,2	27,1
F2	1683,8 b	1152,5 b	865,5	75,5 ab	78,8	13,4	157,0	136,2	35,5
F3	1593,8 b	1153,8 b	658,9	68,5 ab	78,8	48,1	169,2	123,2	68,9
F4	1648,8 b	1278,8 ab	887,5	69,0 ab	74,0	16,7	145,5	127,2	70,9
FD	2517,5 a	2092,5 a	1067,2	61,5 b	61,8	22,9	168,8	140,8	55,7
D.M.S.	792,53	837,5		45,4	32,5		58,1	46,3	
C.V. (%)	19,34	27,7		26,3	19,8		16,7	26,3	
	Mn (mg Kg ⁻¹)								
F1	162,2Aab	98,0 Bb	26,9	436,8 Aa	177,5Bb	52,7	768,0A	202,8B	195,6
F2	138,8 Ab	95,0 Bb	30,3	323,0Ab	174,8Bb	83,1	578,5A	204,8B	229,0
F3	126,8 Ab	106,0 Aab	40,0	298,5Ab	190 Aab	128,3	594,8A	216,8B	163,3
F4	122,8 Ab	97,0 Bb	20,1	281,2Ab	180,5Bb	46,2	563,2A	201,5B	173,2
FD	185,2 Aa	128,2 Ba	48,8	330,5Ab	227,5Ba	43,5	653,8A	259,8B	71,9
D.M.S.	45,26	26,2		84,3	42,7		244,9	58,8	
C.V. (%)	13,65	11,10		11,20	10,0		17,20	12,2	
	Zn (mg Kg ⁻¹)								
F1	53,8 b	45,2	8,7	25,5 Aa	11,9 B	2,7	23,2 a	20,0	4,6
F2	65,0 Aab	48,2 B	6,5	22,5 Aab	10,8 B	5,2	20,5 ab	18,5 A	3,4
F3	72,5 Aa	55,8 B	15,6	19,0 Abc	10,5 B	5,4	20,8Aab	18,8 B	1,3
F4	57,5 b	48,5	10,8	17,0 Ac	10,6 B	3,9	20,2Ab	16,2 B	2,6
FD	72,5	51,5	24,5	17,8 Ac	7,7 Bb	3,9	18,0 Ab	16,2 B	1,3
D.M.S.	13,0	17,4		3,7	2,2		2,8	18,0	
C.V. (%)	9,0	15,4		8,0	9,6		6,1	9,5	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O manejo hídrico exerceu influência nos teores e nos acúmulos dos micronutrientes,

de modo mais acentuado nas mudas produzidas no CAC, onde a lâmina média de água (Quadro 4) foi sempre superior do que no PLX. À exemplo do que ocorreu com os macronutrientes, a lâmina maior ou menor de água, não implicou em maiores ou menores teores e acúmulos de nutrientes, respectivamente. Nas raízes as respostas dos micronutrientes ao manejo hídrico foi mais acentuada para o CAC. Na haste mais ramos houve semelhança nas respostas, que variaram em função do manejo, para ambos os substratos. Nas folhas verifica-se que o acúmulo diferiu em função do manejo hídrico para o B e o Zn, nas produzidas no substrato CAC, (Quadros 7 e 8).

A ordem para os teores e acúmulos dos nutrientes presentes nas mudas, ao final do ciclo, variou em função dos substratos. A seqüência foi a seguinte: Fe>Mn>B>Zn>Cu para as produzidas no CAC, e do Mn>Fe>B>Zn>Cu para as produzidas no PLX.

Os teores e os acúmulos de B, de modo geral, maiores nas mudas em PLX, não foram afetados pelo manejo hídrico neste substrato, sendo o microelemento menos afetado na planta em função disso (Quadros 7 e 8). Silva (2003) também não verificou a influência do manejo hídrico nos teores e nos acúmulos do B nos órgãos das plantas no Plugmix®.

Nesta pesquisa, do mesmo modo que foi verificado por Malavolta et al. (1997), nas raízes foram registrados os maiores teores e acúmulos de Cu (Quadros 7 e 8), que foram superiores nas mudas produzidas no CAC e variaram em função do manejo somente para as raízes no CAC e para a haste mais ramos no PLX, à exemplo do que verificou Silva (2003).

O Fe, que normalmente é registrado em altas concentrações nos substratos à base de casca de pinus (caso do PLX), foi superior no CAC (Quadro 3), o que, no entanto, não refletiu em respostas para maiores teores e acúmulos nas mudas no PLX (Quadros 7 e 8). Silva (2003) também verificou, à semelhança do que ocorreu nesta pesquisa, maiores teores e acúmulos nas raízes, que, no entanto, não foram afetados pelo manejo, como o que foi registrado nesta pesquisa para as raízes (em ambos os substratos) e para a haste mais ramos (no CAC).

O Mn, superior nas mudas produzidas no CAC, de modo geral, independentemente do manejo que tenha sido aplicado, respondeu de forma positiva para os registros dos teores e acúmulos em todos os órgãos da planta (Quadros 7 e 8). O manejo hídrico exerceu influência para o acúmulo desse microelemento nas raízes e na haste mais ramos, porém não nas folhas das mudas produzidas nos dois substratos.

Quadro 8. Acúmulo de micronutrientes nas raízes, haste mais ramos e nas folhas das mudas de eucalipto, em função do manejo hídrico e dos substratos.

Manejo hídrico	B (mg planta ⁻¹)								
	Raízes			Haste mais ramos			Folhas		
	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.	Substrato		D.M.S.
CAC	PLX	CAC		PLX	CAC		PLX		
F1	31,30	38,0	17,31	18,44 a	19,92	5,76	27,30 a	28,77	9,43
F2	28,37 B	40,38 A	6,54	14,31 Ba	23,63 A	5,89	23,00 ab	31,18	8,71
F3	27,40 B	40,96 A	4,04	14,25 a	20,25 A	9,80	23,21Bab	29,63 A	5,02
F4	24,78 B	40,65 A	12,06	14,24 a	16,28	4,19	20,18Bbc	28,31 A	0,07
FD	28,94	34,0	11,55	13,86 b	16,32	2,85	17,71 Bc	27,52 A	2,23
D.M.S.	9,43	15,47		3,81 a	7,78		4,2596	4,22	
C.V. (%)	14,86	17,69		11,26	17,90		8,48	6,44	
	Cu mg planta ⁻¹)								
F1	5,60 Ab	4,48 B	0,73	3,50 A	2,10 Ba	0,51	3,36 A	1,82 B	1,12
F2	5,04 b	4,48	0,73	3,36 A	1,68 Bb	0	3,22 A	1,82 B	0,51
F3	4,76 Ab	3,92 B	0,51	3,50 A	1,68 Bb	0,44	2,94 A	1,68 B	0,44
F4	5,32 Ab	4,06 B	0,85	3,50 A	1,68 Bb	0,44	2,80 A	1,68 B	39x10 ⁻⁹
FD	6,86 a	4,76	2,66	3,36 A	1,68 Bb	0	2,94 A	1,68 B	0,44
D.M.S.	1,12	1,46		0,53	0,282		0,74	0,42	
C.V. (%)	8,98	14,90		6,80	7,10		10,72	10,62	
	Fe (mg planta ⁻¹)								
F1	921,9 Ab	578,2 Bb	323,84	61,18 Aa	39,48 B	12,05	75,04	66,22	15,20
F2	942,9 b	645,4 b	484,66	42,28 ab	44,10	7,54	87,92	76,30	18,22
F3	892,5 b	646,1 b	368,99	38,36 ab	44,10	26,94	94,78	69,02	38,57
F4	923,3 b	716,1 ab	496,98	38,64 ab	41,44	9,37	81,48	71,26	39,70
FD	1409,8 a	1171,8 a	597,66	34,44 b	34,58	12,82	94,50	78,82	31,18
D.M.S.	443,82	468,99		25,454	18,21		32,56	25,95	
C.V. (%)	19,34	27,69		26,28	19,83		16,65	15,92	
	Mn (mg planta ⁻¹)								
F1	90,9 Aab	54,88 Bb	15,08	244,58Aa	99,40 Bb	29,49	430,08 A	113,54 B	109,54
F2	77,70 Ab	53,20 Bb	16,99	180,9A b	97,86 Bb	46,52	323,1 A	114,66 B	128,25
F3	70,98 b	59,36 ab	22,41	167,16 b	106,1 ab	71,83	333,1 A	121,38 B	91,468
F4	68,70 Ab	54,32 Bb	11,26	157,50b	101,1 Bb	25,86	315,42 A	112,84 B	97,022
FD	103,74Aa	71,82 Ba	11,26	185,08Ab	127,4 Ba	24,38	366,1 A	145,46 B	40,287
D.M.S.	25,34	14,69		47,229	23,90		137,12	32,95	
C.V. (%)	13,65	11,10		11,20			17,20	12,02	
	Zn (mg planta ⁻¹)								
F1	30,1 b	25,34	4,85	14,28 Aa	11,90 Ba	1,52	13,02 a	11,20	2,56
F2	36,4 Aab	27,02 B	3,66	12,60 ab	10,78 a	2,95	11,48 ab	10,36	1,92
F3	40,6 Aa	31,22 B	8,71	10,64 bc	10,50 a	3,03	11,62Aab	10,50 B	0,73
F4	32,2 b	27,16	6,04	9,52 c	10,64 a	2,18	11,34 Ab	9,1 B	1,45
FD	40,6 a	28,84	13,75	9,94 Ac	7,70 Bb	2,18	10,08 b	10,08	0,73
D.M.S.	7,29	9,72		2,05	2,24		1,58	2,24	
C.V. (%)	8,99	15,43		8,0	9,64		6,07	9,64	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O substrato CAC respondeu melhor do que o PLX para os teores de Zn, independentemente do manejo hídrico e do órgão da planta analisado (Quadro 7 e 8). Os acúmulos, de modo geral, foram semelhantes para as mudas em ambos os substratos. A influência do manejo hídrico, no entanto, ocorreu somente de modo mais acentuado para as

mudas no CAC. Silva (2003) não verificou a influência do manejo, porém, nesta pesquisa, nas folhas das mudas no CAC o manejo influenciou tanto para os teores como para os acúmulos de Zn.

Embora as recomendações nutricionais sejam mais restritas aos exames dos teores nutricionais registrados nas folhas (GONÇALVES e POGGIANI, 1996; HIGASHI et al., 2000; SILVEIRA et al., 2001) e, apesar de muitas vezes os resultados de teores e acúmulos registrados nas pesquisas não envolverem diferentes substratos e, sim, somente as questões hídricas (ISMAEL, 2001 e SILVA, 2003), os resultados desta pesquisa, quando se estudam substratos e o manejo hídrico, assim como foram o caso de Lopes et al. (2007), mostram que existe diferença de um substrato em relação ao outro, o que já era esperado, já que na sua grande maioria são distintos quimica e fisicamente. Porém, a adubação realizada na fase de crescimento e a presença de Osmocote® ativo na fase de rustificação das mudas podem ter favorecido essa superioridade de um substrato em relação ao outro. O manejo hídrico, no entanto, não mostrou a mesma tendência verificada por esses autores; a frequência de irrigação maior ou menor, aplicada nas mudas, não possibilitou aumento e tão pouco diminuiu o teor e no acúmulo dos nutrientes avaliados.

4. CONCLUSÃO

Houve influência do manejo hídrico e dos substratos nos teores e acúmulos tanto dos macro como dos micronutrientes nas raízes, nas hastes e ramos e nas folhas das mudas do clone de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*.

O substrato CAC mostrou superioridade em relação ao PLX, para o registro de teores e acúmulos nos diferentes órgãos da planta.

Não houve aumento ou diminuição dos teores dos nutrientes, em função do aumento da frequência diária de água aplicada.

5. BIBLIOGRAFIA

ABREU, M. F. de.; ABREU, C. A. de.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. **Anais do III Encontro Nacional**

Sobre Substrato Para Plantas, Campinas, 2002. Documentos IAC, 70. Campinas: IAC, 2002, p. 17-28.

ABAD, M.; MARTINEZ-HERRERO, M. D.; MARTINEZ-GARCIA, P. F.; MARTINEZ-CORTS, J. Evaluación agronômica de los sustratos de cultivo. Jornadas de Sustratos. I. **Actas de Horticultura**, v. 11, p. 141-154, 1992.

ANSORENA MINER, J. **Sustratos: Propiedades y caracterizacion**. Mundi-Prensa, Madrid, España, 1994. 172 pp.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação de eucalipto. **Informe agropecuário**. Epamig. Belo Horizonte. v.18, n.186, 1997. p.70-75.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Foha de Viçosa, 1990. p. 27 - 186.

BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Campinas, 2002. Documentos IAC, 70. Campinas: IAC, 2002, p. 7-15.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. **Anais do IV Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa: UFV, 2004, p. 106-157.

BOOMAN, J. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. **Anais do I Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Porto Alegre, 2000. Gêneseis, Porto Alegre, 2002, p. 23-42.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais. Brasília, 1988. 110 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto Lei nº 4954, de 14 de janeiro de 2004 - Instrução Normativa nº. 14, de 15 de dezembro de 2004. Disponível em:

http://www.pr.gov.br/seab/in_14_04_anexo.pdf#search=%22instru%C3%A7%C3%A3o%20normativa%20sustratos%22. Acesso em 26/09/2006.

CAVINS, T. J.; WHIPKER B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction

Method. **Horticulture Information Leaflet / NCSU**, Raleigh, n. 590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em: 10/10/2007.

FONTENO, W. C. Substrates in horticulture. **Acta Horticulture**, v. 342, p. 93-122. 1993.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 1-CD-ROM.

de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 191-217.

ISMAEL, J. J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN). 2001. 106 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

LIMA, P. C.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de.; MOSQUIM, P. R. Alterações na absorção e distribuição de nutrientes minerais em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas à deficiência hídrica no solo. IN: Conferência IUFRO sobre silvicultura e melhoramento de eucaliptos. **Anais...** Salvador: EMBRAPA, 1997. p. 38-45.

LIMA, P. C.; BARROS, N. F. de; REIS, G. G.; MOSQUIM, P. R. Alterações morfológicas, fisiológicas e participação de matéria seca em mudas de *Eucalyptus spp* submetidas à deficiência hídrica no solo. In: **IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypt**, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, 1997b. p. 30-37.

LOPES, J. L. W. Irrigação em viveiros de espécies florestais. **Anais do Seminário Técnico-Científico Sobre Viveiros Florestais**, 2, Piracicaba, setembro de 2007. IPEF. Piracicaba, 2007. CD-ROM.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 31, p. 713-722, 2007.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Potafós**, 2 ed., Piracicaba, 1997. 315 p.
- MALVESTITI, A. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa: Editora da UFV, p. 226-235, 2004.
- MARTINEZ, P. F.; Manejo de sustratos para horticultura. 2002, **Documentos do Instituto Agrônômico**, Campinas, n. 70. p. 53-76, 2002.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4 ed.; Bern: International Potash Institute, 1987, 687 p.
- MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade**. São Paulo, T. A. Queiroz, 1995. 135 p.
- MIRANDA, S. C de.; RIBEIRO, R. de L. D.; RICCI, M. dos S. F.; ALMEIDA, D. L. de. **Avaliação de substratos alternativos para a produção de mudas de alface em bandejas**. Comunicado Técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. *Agrobiologia*, n. 24, p. 1-6, 1998. Disponível em <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/agri_org.html - 91k -. html>. Acesso em 26 de fevereiro de 2007.
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Editora Folha de Viçosa, Viçosa, p. 25-98, 1990.
- SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- SILVA, W. da.; SILVA, A. A. da.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, R. S. de. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 24, n. 1, jan - mar 2000. p. 147-159.

SILVEIRA, R. L. V. A., HIGASHI, E. N., SGARBI, F., MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Potafós**, Piracicaba, n. 12. 2001. p. 1-32.

TAVEIRA, J. A. M. O manejo de substratos na produção de hortaliças e flores. **Anais do Seminário Internacional de Cultivo Protegido – Hortitec 2000**, Holambra. Flortec: Holambra, 2000, p. 1 – 10.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de bioossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 64. p. 150-162. 2003.

CAPÍTULO III

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO, EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS

Redigido conforme as normas da Revista: CERNE

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO, EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do manejo hídrico nas características fisiológicas das mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* selecionado para déficit hídrico, produzido no substrato Plantmax estacas® (PLX), e com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC). A partir dos 60 dias após estaquia (DAE), durante a rustificação, as mudas foram manejadas com cinco freqüências de irrigação por subsuperfície, restabelecendo a condição de capacidade de campo (F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação) até o plantio aos 90 DAE. Foram avaliados nas folhas o potencial hídrico, a temperatura, a incidência de luz, a resistência estomática, a transpiração e o número de estômatos. O manejo hídrico aplicado durante a fase de rustificação das mudas influenciou na regulação estomática e no potencial hídrico. Nas situações de maior estresse hídrico (F1 e F2), os estômatos apresentaram maior resistência, de modo semelhante para as mudas em ambos os substratos.

Palavras- chave: Viveiro, irrigação subsuperficial, fisiologia vegetal.

PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF A EUCALYPT HYBRID, DUE TO DIFFERENT SUBSTRATUM AND WATER MANagements

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of the water management by underwater on the physiological characteristics of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings selected to water deficit, produced in the substrate Plantmax estacas® (PLX) and with the equal quantities mix of rice carbonized husks and vermiculite (CAC). From the 60 days after the mass propagation (DAE), during hardening, the seedling were managed with five underwater irrigations, restoring the field conditions (F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated) until the planting at 90 days after the mass propagation. The potential water, temperature, light incidence, stomatic resistance, transpiration and the stomat number were determined in the leaf. The water management influenced the stomatic resistance and the potential water; the more water stress (F1 and F2) had guaranteed the most stomatic resistance, similar for the seedlings in both substratum.

Key Words: Nursery, underwater irrigation, plant physiology.

1 INTRODUÇÃO

A transpiração e a fotossíntese são diretamente afetadas pela temperatura das folhas e indiretamente afetadas pelas reações estomáticas. A transpiração aumenta com a elevação da temperatura, salvo nos casos em que o nível do estresse hídrico contribua para o fechamento estomático, assim revertendo esta tendência (TAIZ & ZEIGER, 2004). Quando o déficit hídrico se inicia, as plantas acionam seus sistemas de defesa, ocorre o fechamento dos estômatos que se fecham mais rapidamente à medida que a temperatura do

ambiente se eleva e a umidade relativa do ar decresce (TAIZ & ZEIGER, 2004). A atividade fotossintética é diminuída nessas condições, diminui a turgescência, diminuem o teor relativo de água e a transpiração e, em conseqüência, diminui o volume celular, sendo que o principal responsável pelo fluxo de água na planta é o potencial hídrico, que reflete as condições da dinâmica do processo compreendido pelo solo (substrato), a planta e a atmosfera. À medida que aumenta o déficit, ocorre uma redução gradual no potencial, que ao chegar a níveis críticos, pode causar sérios prejuízos às culturas, desde a morte de algumas células até a morte de alguns órgãos, ou até mesmo, a morte da planta inteira (LARCHER, 2000).

A epiderme das folhas contém grande quantidade de estômatos, que mediante o controle da condutância estomática, regem a transpiração foliar, sendo influenciada pela luz, pela concentração de gás carbônico atmosférico, pela umidade e pela temperatura (LIMA, 1993). Devido a isso, a condutância estomática é proporcional à transpiração, à fotossíntese líquida e ao potencial da água na folha (LUDLOW, 1980). Plantas que absorvem CO₂ a altas taxas transpiram mais, consumindo, em conseqüência, muita água, que provavelmente, implica em incrementos positivos (KLAR, 1984).

À medida que a planta tolera mais o estresse, esta se torna aclimatada, porém, não adaptada, pois adaptação se refere a um nível de resistência geneticamente determinado, adquirido por processos de seleção durante muitas gerações. Dessa forma, a adaptação e a aclimação ao estresse ambiental resultam de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O objetivo desta pesquisa foi determinar as características fisiológicas nas mudas de um híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, selecionado para déficit hídrico e produzido em diferentes substratos e manejos hídricos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material experimental, caracterização e delineamento estatístico

O experimento foi conduzido de novembro de 2005 a janeiro de 2006, no estado de SP. As mudas do híbrido H13, selecionado para deficiência hídrica, foram produzidas por miniestaquia em dois viveiros distintos: 5000 mudas com o substrato Plantmax estacas®, (PLX), em Bofete-SP, e 5000 mudas com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC), em Ibaté-SP.

Aos 60 DAE foram transferidas para Patrocínio Paulista, acondicionadas em bandejas do “tipo caixa” na densidade de 200 plantas m^{-2} (com cada planta ocupando 50 cm^2 de área), constituindo um delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos de 1000 mudas para cada substrato e 4 repetições de 250 plantas cada, irrigados por subsuperfície de (restabelecendo a condição de capacidade de campo dos substratos), a saber: F1 – irrigado uma vez ao dia, às 13 horas; F2 – irrigado duas vezes ao dia, às 10h30min e às 16h30min; F3 – irrigado três vezes ao dia, às 09h30min, 13h30min e 17h30min; F4 – irrigado quatro vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17 horas e FD – mantido em irrigação, com lâmina de água de 2cm na parte inferior do tubete, conforme é representado na Figura 1.

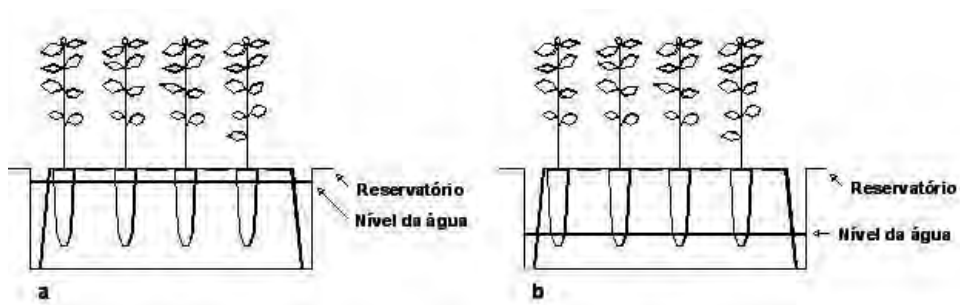


Figura 1. Representação do sistema de irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4 (a) e para o manejo FD- mantido em irrigação (b).

Figure 1. Irrigation system representation for the managements F1, F2, F3 e F4 (a) and for the FD management- maintained irrigated (b).

As lâminas médias brutas de água para o substrato CAC foram de 3,50; 5,50; 7,40; 8,50 e 6,30 mm dia⁻¹ e para PLX de 3,90; 5,00; 6,30; 7,40 e 5,40 mm dia⁻¹ (para F1, F2, F3, F4 e FD, respectivamente). As adubações foram realizadas segundo Lopes (2008).

2.2 Descrição das características avaliadas

A resistência estomática, a temperatura e a luz incidente nas folhas foram medidas com um porômetro 1.600 da Licor. A transpiração foi medida pelo método das pesagens, desenvolvida por Carvalho (1991, apud Silva, 1998), enquanto que o potencial de água na folha foi medido pela Bomba de Pressão de Scholander. Para avaliação destas características foram usadas 2 plantas por repetição. Para a determinação dos estômatos, usou-se a técnica de impressão da epiderme foliar com auxílio de adesivo instantâneo, sendo que para cada tratamento foram confeccionadas três lâminas e, com auxílio de

microscópio, foram contados o número de estômatos por mm² de folha em 10 campos por lâmina.

Para fins de comparação dos resultados das características avaliadas, entre os manejos hídricos e entre os substratos, utilizou-se a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial hídrico (Ψ_w), de modo geral, foi influenciado pelo manejo hídrico aplicado às mudas durante a fase de rustificação (Tabela 1), de modo distinto do que foi verificado por Lima (1993), Stoneman et al. (1994) e Ferreira et al. (1999). A tendência verificada por Pereira (2006), não embasada em teste estatístico, com eucalipto em vaso e solo, de que quanto maior o estresse, menor o Ψ_w não foi verificada nesta pesquisa. Tal fato poderia ser atribuído ao uso de solos e vasos e à duração de aplicação desses estresses, que no caso, foi avaliado de 75 dias (superior às fases de crescimento e rustificação).

Comparando-se os substratos nos horários avaliados, verifica-se que ambos registraram Ψ_w semelhantes sob mesmos manejos, o que não era esperado, uma vez que a lâmina bruta de água foi distinta entre os substratos. A lâmina de água em CAC foi maior do que em PLX, exceto sob o manejo F1, quando foram registradas 8% de mortes (LOPES 2008).

Gonçalves (1992) verificou que o Ψ_w de plantas mantidas na capacidade de campo, caso das FD neste experimento, não diferiu. No caso do híbrido avaliado, o grau de melhoramento pode ter influenciado para que os Ψ_w fossem os mesmos, pois os fatores

internos das plantas poderiam interferir no controle estomático (ZHANG & DAVIES, 1989), inclusive os das raízes, que em função da espécie poderiam regular mais ou menos o fluxo de água (REIS & REIS, 1997).

Tabela 1. Resultados médios do potencial hídrico foliar, nas mudas de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, nos diferentes horários avaliados, em função dos substratos e do manejo hídrico, durante a fase de rustificação das mudas.

Table 1. Average results of potential water, in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings, on different schedules evaluated, due to substratum and water managements, during hardening.

Manejo hídrico	Potencial hídrico foliar (Ψ_w em KPa)		D.M.S.	C.V.
	Substrato CAC	Substrato PLX		
	8 horas ¹			
F1	- 615 a	- 820	400	24,80
F2	- 770 ab	- 755	197	11,47
F3	- 765 ab	- 815	118	6,62
F4	- 805 b	- 820	84	4,58
FD	- 780 ab	- 900	383	20,25
D.M.S.	189	327		
C.V.	12,23	17,66		
	13 horas ¹			
F1	- 880 a	- 1135 ab	303	13,38
F2	- 1065 a	- 960 a	204	8,93
F3	- 1150 ab	- 1100 ab	407	16,08
F4	- 1285 bc	- 1285 b	304	10,52
FD	- 1395 bc	- 1150 ab	341	11,91
D.M.S.	325	234		
C.V.	12,47	9,20		
	17 horas ¹			
F1	- 670 a	- 830	313	18,54
F2	- 800 ab	- 780	149	8,40
F3	- 835 b	- 790	134	7,44
F4	- 895 b	- 830	120	6,19
FD	- 925 b	- 855	131	6,55
D.M.S.	137	204		
C.V.	7,36	11,11		

(¹): Horário de verão, vigente no Brasil.; D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste T, ao nível de 5% de significância.

O número de estômatos (Tabela 2) não diferiu em função do manejo e, de modo geral, também não diferiu em função dos substratos, exceto sob o manejo F4, quando as mudas em PLX registraram mais estômatos por mm² de folha. Reis e Reis (1997), estudando o *E. camaldulensis*, verificaram a presença de estômatos em ambas as faces das folhas, sempre em maior quantidade na face inferior. No híbrido testado, apesar de terem sido observados estômatos apenas na face inferior, a quantidade foi superior ao total registrado por estes pesquisadores nas duas faces foliares.

Tabela 2. Resultados médios do número de estômatos na face inferior das folhas das mudas de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função dos substratos e do manejo hídrico durante a fase de rustificação das mudas.

Table 2. Average results of stomat number in the lower face leaves of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings, due to substrate and water managements, during hardening.

Manejo hídrico	Estômatos (nº mm ⁻²)		D.M.S.	C.V.
	Substrato CAC	Substrato PLX		
F1	610,13	641,07	204,77	9,32
F2	627,73	723,73	178,06	7,50
F3	618,67	682,13	177,32	7,76
F4	628,80 B	720,53 A	62,89	2,65
FD	592,00	733,87	340,34	14,61
D.M.S.	222,20	277,93		
C.V.	12,80	14,07		

D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$).; C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Houve baixa influência do manejo hídrico nas taxas transpiratórias (Tabela 3), apesar de ser um dia típico de verão, sem nuvens, uma vez que o número de estômatos registrado

apenas diferiu sob o manejo F4. Apenas nessa condição, as mudas no PLX registraram maiores taxas transpiratórias. Lopes et al. (2005), em *E. grandis*, também verificaram que não houve influência em função do manejo aplicado durante 36 dias, porém outros pesquisadores verificaram diferenças, como foram os casos de Rawat et al. (1985), Silva (1998), Ismael (2001), Silva (2003), Pereira (2006) e Tatagiba et al. (2007). Stape et al. (2001) verificaram efeitos positivos na sobrevivência em condições adversas de campo com mudas de eucalipto fisiologicamente distintas.

Tabela 3. Resultados médios da transpiração diária pelas mudas de eucalipto, em função dos substratos e do manejo hídrico, durante a fase de rustificação das mudas.

Table 3. Average results of transpiration in the eucalypt seedlings, due to substratum and water managements, during hardening.

Manejo hídrico	Transpiração diária ($\text{mg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		D.M.S.	C.V.
	Substrato CAC	Substrato PLX		
F1	14,79	15,56	3,18	9,31
F2	12,22	15,61	3,41	10,91
F3	13,72	16,69	3,51	10,27
F4	13,97	16,68	7,48	21,68
FD	11,67 B	19,00 A	4,59	13,29
D.M.S.	5,21	5,00		
C.V.	17,43	13,27		

D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$).; C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

A transpiração ao longo do dia (Figuras 2 e 3), apresentou a mesma tendência verificada por Silva (1998), Ismael (2001), Silva (2003), Lopes et al. (2005) e Pereira (2006). Mesmo que no início da manhã as taxas transpiratórias tenham sido mais elevadas, ao final do dia apresentaram taxas significativamente mais baixas, porém iguais para ambos

os substratos (significância do Teste de Tukey, ao nível de 5%). Observa-se que as mudas no PLX apresentaram um comportamento semelhante no que diz respeito ao padrão de perda. (Figura 3). Já as mudas no CAC apresentaram três padrões distintos (Figura 2). O grupo 1, representados pelas mudas submetidas às maiores freqüências de irrigação (FD, F4 e F3) tiveram grande perda de água; porém, a partir das 13 horas houve queda acentuada da transpiração atingindo, no final da tarde, os menores valores dentre todos os tratamentos. Diferentemente, as mudas de F2 (grupo 2) apresentaram padrões de plantas adaptadas ao déficit hídrico, pois assim que houve a percepção da falta de água no substrato, iniciaram o fechamento dos estômatos, retardando os efeitos do estresse. O terceiro grupo, representado pelas mudas do manejo F1, apresentaram um padrão de transpiração pouco comum, pois a maior perda de água deu-se no período das 15 às 17 h.

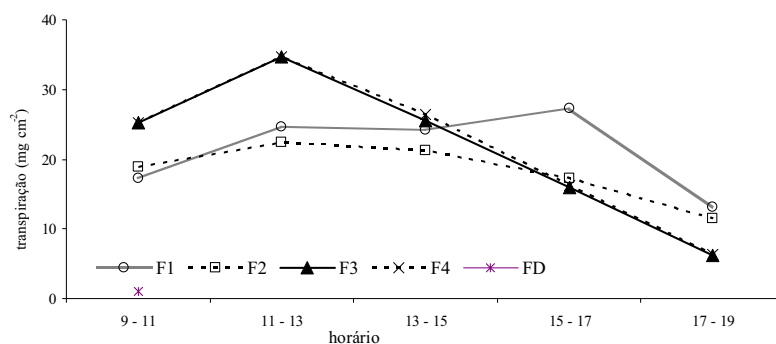


Figura 2. Transpiração das mudas no substrato CAC, em função do manejo.

Figure 2. Seedlings transpiration in the CAC substrate, due to management.

As temperaturas e as quantidades de luz registradas nas folhas oscilaram durante a avaliação realizada às 08h30min (Tabela 4), apesar da não presença de nuvens. A resistência estomática nas mudas produzidas no substrato CAC diferiu ao longo do dia em

função do manejo; sob F1 e F2, a resistência foi mais acentuada do que sob os demais manejos (Tabela 5). Para as produzidas no PLX, a significância foi observada de modo mais acentuado sob o manejo F1. Esse efeito também foi observado por Tatagiba et al. (2007). No entanto, Pereira (2006) não verificou a influência do manejo e do material genético, porém observou, do mesmo modo que nesta pesquisa, o mesmo comportamento ao longo do dia, coerente com o esperado.

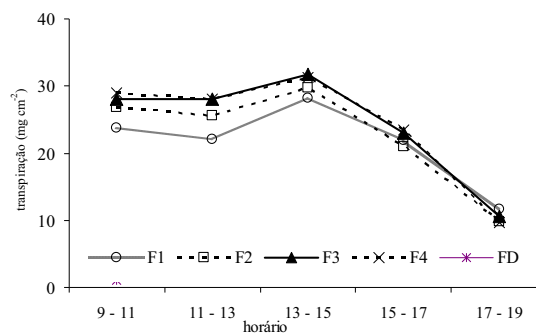


Figura 3. Transpiração das mudas no substrato PLX, em função do manejo.

Figure 3. Seedlings transpiration in the PLX substrate, due to management.

Tabela 4. Médios da temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) e da quantidade de luz ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) nas folhas das mudas de eucalipto, para os substratos, em função do manejo hídrico.

Table 4. Average of temperature ($^{\circ}\text{C}$), light incidence ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) in the eucalypt seedlings, for the substratum, due to water managements.

Manejo hídrico	Temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) para as mudas de CAC				
	08h30min ¹	10h30min ¹	12h30min ¹	14h30min ¹	16h30min ¹
F1	26,70 c	34,20	37,20 b	38,44	36,16
F2	27,45 b	34,95	37,98 ab	38,58	35,94
F3	27,85 b	35,06	38,01 ab	38,14	35,99
F4	28,50 a	34,65	38,50 a	37,89	35,95
FD	28,62 a	34,95	38,58 a	37,95	35,80
D.M.S.	0,46	1,14	1,16	0,89	0,84
C.V.	0,73	1,45	1,35	1,03	1,03
	Temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) para as mudas de PLX				
F1	26,28 c	34,50	37,69	37,45	36,08
F2	27,31 b	33,60	36,58	37,89	36,19
F3	27,34 b	33,78	37,38	35,99	35,99
F4	28,09 ab	34,51	38,11	35,80	35,80
FD	28,50 a	34,68	38,22	35,66	35,66
D.M.S.	0,84	1,17	1,80	1,10	1,10
C.V.	1,35	1,51	2,12	1,35	1,35
	Quantidade de luz ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) para as mudas de CAC				
F1	1431,25 b	1786,25	2012,50	1818,75	1290,0 a
F2	1467,50 b	1815,0	1966,25	1843,75	1255,0 ab
F3	1548,75 ab	1773,75	1916,25	1807,50	1667,50 ab
F4	1608,75 a	1831,25	1903,75	1798,75	1660,0 b
FD	1632,50 a	1781,25	1958,75	1801,25	1140,0 b
D.M.S.	129,98	136,88	1958,75	86,07	123,43
C.V.	3,75	3,38	124,34	2,11	4,55
	Quantidade de luz ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) para as mudas de PLX				
F1	1212,50 d	1705,00	1931,25	1807,5	1288,75 a
F2	1346,25 dc	1687,50	1920,00	1860,0	1276,25 a
F3	1408,75 bc	1833,75	1900,00	1816,25	1242,50 a
F4	1538,75 ab	1797,50	1882,50	1825,0	1206,25 ab
FD	1585,00 a	1773,75	1940,00	1828,75	1151,25 b
D.M.S.	161,53	251,53	166,79	80,84	85,30
C.V.	5,05	6,34	3,86	1,96	3,07

(¹): Horário de verão, vigente no Brasil.; D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$).; C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 5. Média da resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) nas folhas das mudas de eucalipto, em função dos substratos e do manejo hídrico durante a fase de rustificação.

Table 5. Average results of stomatic resistance in the eucalypt seedlings, due to substratum and water managements, during hardening.

Manejo hídrico	Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) às 08h30min ¹			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	0,23 a	0,28 a	0,08	14,22
F2	0,23 Aa	0,21 Bb	0,01	2,74
F3	0,19 Ab	0,20 Bb	0,02	4,49
F4	0,18 b	0,20 b	0,04	9,14
FD	0,16 Bb	0,18 Ab	0,02	4,50
D.M.S.	0,03	0,04		
C.V.	7,29	8,32		
Manejo hídrico	Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) às 10h30min ¹			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	0,74 a	0,71 a	0,19	11,97
F2	0,74 a	0,58 ab	0,23	15,49
F3	0,54 b	0,50 b	0,10	8,27
F4	0,52 b	0,50 b	0,10	8,40
FD	0,47 b	0,48 b	0,02	1,85
D.M.S.	0,14	0,19		
C.V.	10,74			
Manejo hídrico	Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) às 12h30min ¹			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	0,93 a	0,93	0,22	10,64
F2	0,94 Aa	0,82 Bab	0,09	4,60
F3	0,80 b	0,80 ab	0,13	7,34
F4	0,73 bc	0,77 ab	0,13	7,64
FD	0,68 Bc	0,72 Ab	0,02	1,57
D.M.S.	0,10	0,17		
C.V.	5,58	9,49		
Manejo hídrico	Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) às 14h30min ¹			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	0,84 a	0,82 a	0,09	4,88
F2	0,74 b	0,72 b	0,08	4,89
F3	0,60 c	0,70 b	0,11	7,62
F4	0,58 Bc	0,69 Abc	0,04	2,54
FD	0,56 c	0,60 c	0,07	5,36
D.M.S.	0,09	0,10		
C.V.	6,32	6,33		

(¹): Horário de verão, vigente no Brasil.; D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$).; C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4 CONCLUSÃO

O manejo hídrico aplicado durante a fase de rustificação das mudas e os substratos testados não influenciaram a quantidade de estômatos e as taxas transpiratórias das mudas, o que pode ser atribuído ao período de 30 dias de aplicação dos estresses.

Houve influência do manejo hídrico na regulação estomática e no potencial hídrico foliar. Nas situações de maior estresse hídrico (F1 e F2) os estômatos apresentaram maior resistência, de modo semelhante para as mudas em ambos os substratos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONÇALVES, M. R. Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus* spp. sob dois regimes hídricos. Viçosa, 1992. 84 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

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

ISMAEL, J. J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN). 2001. 106 p. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

KLAR, A. E. Evapotranspiração. In: __. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ed. São Paulo: Nobel, 1984, 408 p.

LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: __. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, 2000, p. 341-430.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 301p.

LOPES, J. L. W. Qualidade de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. 2008. 171 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

LOPES, J. L. W. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. 2004. 100 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 97-106, 2005.

LUDLOW, M. M. Adaptative significance of stomatal responses to water stress. In: TURNER, N. C. & KRAMER, P. J., eds. **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York, John-Wiley, 1980. p. 123-138.

PEREIRA, M. R. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus sp.* W. (Hill ex Maiden) submetidas a diferentes níveis de água no solo. 2006. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

RAWAT, P. S.; GUPTA, B. B.; RAWAT, J. S. Transpiration as affected by soil moisture in *Eucalyptus tereticornis* seedlings. **Indian Forester**, Dehra Dun. v. 110, n. 1, p. 35-39, 1985.

REIS, G. G.; M. das G. F.; Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica do IPEF**. Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, maio 1997.

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

SILVA, M. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus* sp. W. (Hill ex. Maiden). Botucatu, 2003. 100 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**. Netherlands, n. 22, p. 19-41, 2001.

STONEMAN, G. L.; TURNER, N. C.; DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-grown *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. **Tree Physiology**, Victori, v. 14, p. 633-646, 1994.

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

TAIZ, L., ZEIGER, E. Fisiologia do Estresse. In: – **Fisiologia Vegetal**. 3.ed., 2002. p. 613-654.

ZHANG, J.; DAVIES, W. J. Sequential response of whole plant water relations to prolonged soil drying and the involvement on xylem sap ABA regulation in the regulation of stomatal behavior of sunflower plants. **New Phytologist**, London, v. 113, p. 167-174. Oct.1989.

CAPÍTULO IV

ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTIO DE *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* EM FUNÇÃO DO SOLO, SUBSTRATO E MANEJO HÍDRICO DE VIVEIRO

Redigido conforme as normas da Revista: ÁRVORE

ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTIO DE *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, EM FUNÇÃO DO SOLO, SUBSTRATO E MANEJO HÍDRICO DE VIVEIRO

RESUMO – O objetivo do trabalho foi avaliar em campo, os níveis de estresse hídrico das mudas de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, selecionado para deficiência hídrica, em função dos substratos, do manejo hídrico e dos solos. As mudas foram produzidas em dois viveiros distintos do estado de SP: com o substrato Plantmax estacas® (PLX) em Bofete, e com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC) em Ibaté. A partir dos 60 dias após estaquia (DAE), durante a rustificação, as mudas foram manejadas com cinco frequências de irrigação por subsuperfície: F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação, restabelecendo a capacidade de campo até o plantio aos 90 DAE, em um solo argiloso e um solo arenoso. Foram realizadas avaliações dos níveis de estresse (brando, moderado e severo) que afetaram a sobrevivência nos dois solos, por meio de censo aos 15 e aos 30 dias após o plantio. Com relação aos níveis de estresse avaliados, verificou-se pouca influência do substrato, porém onde ocorreu, o PLX proporcionou menores percentuais de plantas afetadas. Independentemente do tipo de solo em que as mudas foram plantadas, os sintomas de estresse nas plantas, de modo geral, foram semelhantes. O manejo de viveiro não influenciou na sobrevivência das mudas, embora tenham ocorrido algumas diferenças estatísticas quando se usou CAC e plantio no solo arenoso, porém, sem uma tendência clara de comportamento. Os critérios relativos à implantação foram mais determinantes na sobrevivência das mudas no campo até os 30 dias após o plantio, indicando a necessidade de replantio.

Palavras-chave: Solo arenoso, solo argiloso, manejo hídrico por subsuperfície.

WATER STRESS IN THE PLANTING OF *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, DUE TO SOIL, SUBSTRATUM AND WATER MANAGERMENTS

ABSTRACT – The objective of this work was to evaluate the effects of the stress in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* seedlings selected to water deficit, due to substratum, water management and soils. The seedlings was produced in the substrate Plantmax estacas® (PLX) and with the equal quantities mix of rice carbonized husks and vermiculite (CAC). From the 60 days after the

mass propagation (DAE), during hardening, the seedling were managed with five underwater irrigations, restoring the field conditions: F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated, until the planting at 90 DAE, in one sandy soil and other of clay texture. Evaluations on the low, moderate and high water stress levels were done at 15 and 30 days after planting. The stress level influenced the plant survival. According the results, the tress level influenced the plant survival. According the results, the substrate effect was very low; however, on the affected treatments, the PLX caused low affected plant percentage. Regardless the soil type, the stress plant symptoms were close. The nursery management does not affect the seedlings survival. Statistical differences were detected when CAC e sandy soil were tested, however without an evident tendency. Factors related to planting process were more important on the field seedling survival, until 30 days after planting, exhibiting the necessity of repeat the planting.

Keywords: Sandy soil, clay soil, underwater management.

1. INTRODUÇÃO

As plantas podem sofrer estresses reversíveis ou irreversíveis (LARCHER, 2000) causados por fatores bióticos ou abióticos (FERREIRA e MILANI, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004). A reversibilidade pode ocorrer devido à capacidade elástica dos organismos para suportarem tensões, sendo as funções fisiológicas alteradas por um determinado período, retornando a condição normal após a cessação do estresse. Porém, após níveis intensos pode surgir uma tensão plástica e, nesse caso, as alterações provocadas são permanentes, causando danos e até morte (PALLARDY, 1986 apud SILVA, 2003), assim, a eficiência no uso da água por uma planta pode ser entendida como um eficiente mecanismo evolutivo através do qual adquire maior elasticidade para enfrentar possíveis déficits hídricos (LIMA, 1995). Geralmente, qualquer tipo de estresse é medido em relação à sobrevivência das plantas, ao crescimento, à produtividade (FERREIRA e MILANI, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004) ou processos assimilatórios primários como a absorção de CO₂ e nutrientes (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O déficit hídrico, o estresse provocado pelo calor e o choque térmico, o resfriamento e o congelamento, a salinidade e a deficiência de oxigênio são os principais agentes estressores que restringem o crescimento das plantas, de tal modo que as produtividades de biomassa agrônômica ou

florestal, no final da estação expressam apenas uma fração do seu potencial genético (TAIZ e ZEIGER, 2004), sendo que também a desnutrição, a má competição, as pragas e as doenças e os danos mecânicos ou por animais podem estressar as plantas.

Algumas espécies de plantas são mais tolerantes ao estresse, outras bem menos, sendo a temperatura do ar um dos fatores mais estressantes, podendo se manifestar em minutos (tanto as altas, como as baixas), seguido do vento; a umidade do solo pode levar dias e as deficiências minerais do solo podem levar até meses para se manifestar (TAIZ e ZEIGER, 2004). Conforme esses mesmos autores, à medida que a planta tolera mais o estresse se torna aclimatada, porém, não adaptada, pois adaptação se refere a um nível de resistência geneticamente determinado, adquirido por processos de seleção durante muitas gerações. Dessa forma, a adaptação e a aclimação ao estresse ambiental resultam de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular.

Para as plantas, o estado de energia da água no solo é importante, pois, solos de diferentes classes texturais podem ter semelhantes quantidades de água, porém, com distintos estados de energia, pois o movimento de água se dá por uma diferença de potencial, tanto no solo como do solo para a planta. Para que as plantas consigam absorver água do solo, as células da epiderme de suas raízes devem estar num potencial mais negativo do que a água que está no solo. A presença de raízes tende a aumentar a velocidade de infiltração, sendo que nos solos arenosos a infiltração de água é muito maior do que nos solos argilosos, porém a retenção é menor, sendo que com a adição ou existência de material orgânico a infiltração é favorecida nos horizontes onde a matéria orgânica atua (GONÇALVES et al., 2000). Quando o solo seca, o seu potencial mátrico torna-se mais negativo, porém as plantas continuam a absorver água enquanto o potencial hídrico for menor, pois ocorre um ajuste osmótico, ou acumulação de solutos pelas células, fazendo com que as plantas consigam manter o turgor e o volume celular. Esse ajuste osmótico desenvolve-se lentamente em resposta à desidratação do tecido e sendo assim, pode-se questionar se não seria o resultado de outro fator, como a diminuição da taxa de crescimento, o que poderia evidenciar que seja uma aclimação que permite à planta tolerar mais o déficit hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os níveis de estresse hídrico sofrido pelas mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* em função dos substratos, dos manejos hídricos e dos tipos de solo em que foram plantados, bem como determinar a porcentagem de mudas mortas em função do déficit hídrico, que define a necessidade ou não do replantio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2005 a janeiro de 2006, no estado de SP. As mudas do híbrido H13, selecionado para deficiência hídrica, foram produzidas por miniestaquia em dois viveiros distintos: 5000 mudas com o substrato Plantmax estacas®, (PLX), em Bofete e 5000 mudas com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC), em Ibaté, segundo Lopes (2008).

Aos 60 DAE, foram transferidas para Patrocínio Paulista, acondicionadas em bandejas do “tipo caixa” na densidade de 200 plantas m⁻² (com cada planta ocupando 50 cm² de área), constituindo um delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos de 1000 mudas para cada substrato, com 4 repetições de 250 mudas cada, irrigados por subsuperfície (Figura 1), restabelecendo a condição de capacidade de campo dos substratos, na fase de rustificação das mudas, a saber:

- 1: F1 – irrigado uma vez ao dia, às 13 horas;
- 2: F2 – irrigado duas vezes ao dia, às 10h30min e às 16h30min;
- 3: F3 – irrigado três vezes ao dia, às 09h30min, 13h30min e 17h30min;
- 4: F4 – irrigado quatro vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17 horas e,
- 5: FD – mantido em irrigação, com lâmina de 2cm na parte inferior do tubete.

AQUI ENTRA FIGURA 1

As lâminas médias brutas de água para as mudas produzidas no substrato CAC foram de 3,50; 5,50; 7,40; 8,50 e 6,30 mm dia⁻¹ e para as produzidas no PLX de 3,90; 5,00; 6,30; 7,40 e 5,40 mm dia⁻¹ (para F1, F2, F3, F4 e FD, respectivamente). As adubações foram realizadas segundo Lopes (2008).

Após os 90 DAE, 4.000 de cada substrato foram selecionadas e plantadas em espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas (3 x 2), totalizando 1.667 plantas ha⁻¹, sendo 2.000 de cada substrato em um solo arenoso de Patrocínio Paulista e 2.000 de cada substrato em um solo argiloso de Guará, áreas estas com pecuária extensiva de leite e cultivo de soja, respectivamente, antes da implantação do experimento. Em ambos os locais, foram realizadas as operações de preparo do terreno, a saber: rebaixamento da vegetação (somente para o solo argiloso, usando trator de pneu com roçadeira), controle da matocompetição através da aplicação de herbicida em área total, combate à formigas (gêneros *Acromyrmex* e *Atta*) e cupins e subsolagem à 50 cm de profundidade (com trator de pneu e

subsolador).

Antes do plantio as mudas tiveram seus sistemas radiculares imersos em solução de MAP (calda a 1%) e cupinicida à base de fipronil (calda à 0,25%). O plantio foi manual usando plantadeira tipo matraca, sendo a irrigação efetuada logo em seguida, através de trator de pneu e carreta pipa, colocando-se 2 L de água não potável por cova. Após 4 dias efetuou-se uma nova irrigação com a mesma quantia de água. A umidade natural do solo no momento de plantio era de 10,46 % (camada de 0 - 20 cm) e 11,92 % (camada de 20 - 40 cm) para o solo arenoso e de 23,06 % (camada de 0 - 20 cm) e de 26,78 % (camada de 20 - 40 cm) para o solo argiloso.

A adubação com NPK foi realizada tendo como base a análise de fertilidade dos solos, sendo que a dosagem de adubo para cada local (40 Kg de N ha⁻¹ para argiloso e 60, 40 e 50 Kg ha⁻¹ de N-P-K, respectivamente para arenoso) foi determinada segundo as recomendações de Gonçalves (1995).

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Em cada repetição foram plantadas 96 mudas (8 linhas com 12 plantas em cada uma), obedecendo a mesma distribuição espacial para os tratamentos em ambos os locais.

Aos 15 e aos 30 dias foram realizadas contagem de 100% das plantas, avaliando-se individualmente os níveis de estresse que afetaram a sobrevivência nos dois solos. Os níveis de déficit hídrico foram definidos previamente e a avaliação foi visual, sendo que para cada planta foram observados os sintomas do seguinte modo: déficit brando – gemas apicais da planta com leve murchamento; déficit moderado – planta em ponto de murcha; déficit severo – planta com pelo menos uma folha seca ou com sinal de “V invertido”.

Analisou-se também a capacidade de retenção de água dos solos sob diferentes níveis de tensão, usando-se a Placa de Pressão de Richards (RICHARDS, 1949) e, a partir dos dados obtidos foi calculada a disponibilidade de água nos solos.

Para fins de comparação entre os resultados dos efeitos avaliados, utilizou-se à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 1, para todas as tensões de água no solo, que a umidade a base de volume apresentou maior valor para o solo argiloso, o que não significa maior disponibilidade de água. Calculando a água disponível em cada tipo de solo, que é o intervalo de umidade entre a capacidade de

campo (adotando a umidade correspondente a -0,01 MPa) e o ponto de murchamento permanente (-1,5 MPa), para uma profundidade de 1 m, obteve-se que no solo arenoso a capacidade de retenção de água foi de 163 mm m⁻¹ de solo e para o solo argiloso foi de 116,2 mm m⁻¹ de solo.

AQUI ENTRA A TABELA 1

Avaliando-se a Tabela 2, verifica-se que aos 15 dias após o plantio os substratos e os manejos hídricos de viveiro não influenciaram no percentual de plantas com sintoma brando de estresse hídrico nos dois solos em que foram plantadas, exceto para F4 em solo de textura arenosa, que apresentou valores estatisticamente diferentes entre os substratos, sendo as mudas no PLX com menor percentual desses sintomas. Isto pode indicar que o substrato PLX pode reter mais água e isso ser significativo para as mudas nos primeiros dias após o plantio, principalmente para as que foram submetidas a um maior manejo hídrico, caso das submetidas à F4. Embora somente no solo arenoso tenha sido significativo, verifica-se que no solo argiloso os valores foram distintos (0,26 no PLX e 4,17 no CAC). Em função do DMS ter sido alto, os valores foram estatisticamente semelhantes, porém, de uma forma geral o DMS foi alto, pois fatores bióticos do meio como formigas (*Atta* sp. e *Acromyrmex* sp.) por exemplo, influenciaram os resultados (LOPES, 2008).

A avaliação aos 30 dias mostrou pouca diferença em relação à anterior. As mudas sob o manejo F1 quando plantadas no solo argiloso apresentaram, estatisticamente, menor incidência dos sintomas quando produzidas no substrato PLX. No solo arenoso as mudas de F2 produzidas em PLX foram estatisticamente superiores (sem sintoma) quando comparado às de CAC.

AQUI ENTRA A TABELA 2

De acordo com a Tabela 3, aos 15 e aos 30 dias após plantio, o percentual de mudas com sintoma moderado de estresse hídrico no solo argiloso foi semelhante independente do manejo hídrico. As plantas produzidas no substrato CAC sob os manejos F1 e FD (situações estressantes, pela falta e pela disponibilidade total de água, respectivamente) foram significativamente mais afetadas do que as mudas produzidas no substrato PLX. No solo arenoso, o manejo hídrico não influenciou o aparecimento desses sintomas nas mudas produzidas no substrato PLX. Nas mudas do substrato CAC ocorreram diferenças estatísticas em função dos manejos, mas sem uma tendência clara. As mudas de F4 foram

mais afetadas embora semelhantes estatisticamente às sob manejos F2 e FD. Nas mudas do substrato CAC aos 30 dias os sintomas foram mais perceptíveis do que nas do substrato PLX, sob o manejo F1, independentemente do solo em que tenham sido plantadas. Sob a condição FD, somente no solo argiloso após 30 dias do plantio, as mudas produzidas no substrato CAC foram significativamente mais afetadas do que as do substrato PLX.

AQUI ENTRA A TABELA 3

Com relação aos sintomas severos de deficiência hídrica (Tabela 4), tanto nas mudas plantadas no solo arenoso quanto no argiloso, os valores, após 15 e 30 dias do plantio, foram todos semelhantes estatisticamente, não sendo afetados pelo substrato e manejo hídrico de viveiro. Exceção ocorreu somente nas mudas do manejo FD, que foram menos afetadas quando produzidas no substrato PLX aos 30 dias.

AQUI ENTRA A TABELA 4

Analisando o percentual de plantas afetadas por sintomas de deficiência hídrica (Tabela 5), verifica-se que os níveis brando e severo não foram influenciados pelo tipo de substrato usado na produção de mudas nos dois solos em que foram plantadas. O nível moderado só foi diferente nos solos arenoso e argiloso quando utilizado o substrato CAC na produção das mudas, sendo estas menos afetadas quando plantadas no solo arenoso.

AQUI ENTRA A TABELA 5

De acordo com a Tabela 6, a mortalidade das plantas no solo arenoso não sofreu influência do substrato usado na produção e do manejo hídrico aplicado às mudas. No solo argiloso, as mudas produzidas no PLX garantiram melhor sobrevivência aos 15 dias após o plantio, mas a avaliação aos 30 dias mostrou que este efeito desapareceu, ficando somente as mudas do manejo F1 estatisticamente melhores no substrato PLX que no CAC. Porém, as mudas submetidas aos demais manejos hídricos comportaram-se de modo semelhante no campo.

AQUI ENTRA A TABELA 6

Para determinação da necessidade de replantio os dados da avaliação até 30 dias são geralmente, os mais usados na silvicultura. Os percentuais de mortalidade considerados variam entre empresas, pois dependem da análise de vários fatores, mas, de uma forma geral, acima de uma faixa que varia de 2 à 5% (dependem da lotação por hectare e do material genético, principalmente) já há indicação de replantio. Ao analisar os valores obtidos nesta pesquisa, observa-se que, a partir desse critério, nas duas situações de campo houve necessidade de replantio. Os manejos aplicados às mudas durante o processo de produção das mesmas tiveram uma influência inferior aos fatores inerentes às atividades silviculturais relativas à implantação da floresta, corroborando com as preocupações de Lopes (2004), que aborda entre outros aspectos, o tempo excessivo que as mudas permanecem encaixotadas e mantidas à sombra e a própria qualidade do plantio.

Os resultados obtidos nesta pesquisa refletem as informações de literatura. A composição do ar do solo sofre alterações constantes com a infiltração de água, com as mudanças da atmosfera em conexão com as flutuações diárias de temperatura e com a velocidade do vento (Klar, 1991), o que, conjuntamente com as atuais técnicas de plantio do eucalipto, parecem se sobressair à qualidade das mudas alcançadas pelo manejo de viveiro, à atribuída "rusticidade" na garantia da sobrevivência. Neste experimento verificou-se que a aclimação desejada como critério para rusticidade e garantia de sobrevivência em campo não foi alcançada. É possível que o período de rustificação não tenha sido suficiente para que tivesse ocorrido a aclimação. Porém, segundo Mafía et al. (2005), a manutenção de mudas por maiores períodos no viveiro tende a reduzir a velocidade de crescimento e induzir malformações radiculares. Nesse sentido, Neves (2004) menciona que várias empresas já abandonaram essa técnica, que é muito questionada inclusive, porque além da adaptação estar mais relacionada com os processos genéticos (TAIZ e ZEIGER, 2004), a aclimação (através de manejos hídricos) interfere em vários processos fisiológicos, que por sua vez, interferem na absorção dos nutrientes.

Chaves et al. (2004) verificaram que a condutância estomática não sofreu influência em função do manejo hídrico. Mudas mantidas na capacidade de campo e mudas sob diferentes níveis de déficit hídrico apresentaram o mesmo comportamento. Esses autores sugerem que sejam necessários de quatro a cinco ciclos de seca para que haja "adaptação" (aclimação) das mudas, o que conseqüentemente seria benéfico em termos de sobrevivência no campo. Contudo, este experimento não avaliou o desempenho das mudas em campo.

Vários outros autores sugerem que a aclimação das mudas com água, durante as fases de viveiro (crescimento e, principalmente, rustificação) aumentaria a sobrevivência das mesmas em campo (SILVA, 1998; SILVA, 2003; CHAVES et al., 2004; LOPES, 2004; PEREIRA, 2006; TATAGIBA, 2006; FREITAG, 2007; MARTINS, 2007). No entanto, nessas pesquisas não foram comprovados ou até mesmo, na maioria delas, testados os níveis dos estresses hídricos em campo, bem como sua relação com a necessidade de replantio. Silva (2003) verificou que o manejo nutricional foi mais efetivo na sobrevivência das mudas que o manejo hídrico. Nesse sentido, pode-se inferir que a aclimação de mudas utilizando o manejo hídrico não seja a técnica mais adequada para garantir a sobrevivência das mudas em campo e, corroborando com Taiz e Zeiger (2004), atribuir ao melhoramento genético a adaptação das mudas. Dessa maneira, os critérios usados na implantação contribuíram de modo mais acentuado do que o manejo hídrico de viveiro, uma vez que a nutrição das mudas também parece não ter interferido, já que no CAC foi melhor do no PLX (LOPES, 2008).

4. CONCLUSÃO

Com relação aos níveis de estresse avaliados, verificou-se pouca influência do substrato, porém onde ocorreu, o PLX proporcionou menores percentuais de plantas afetadas.

Independentemente do tipo de solo em que as mudas foram plantadas, os sintomas de estresse nas plantas, de modo geral, foram semelhantes.

O manejo de viveiro não influenciou na sobrevivência das mudas, embora tenham ocorrido algumas diferenças estatísticas quando se usou CAC e plantio em solo arenoso, porém, sem uma tendência clara de comportamento, indicando que os fatores relativos à implantação possam ser mais determinantes na sobrevivência das mudas no campo, até os 30 dias após o plantio, o que refletiu na necessidade de replantio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil**. Mogi Guaçu, SP: International Paper, 2002, 98 p.
- FREITAG, A. S. Freqüências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotti* em viveiro. 2007. 60 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- GONÇALVES, J. L. de M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos Florestais**. Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.
- GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 3-55.
- KLAR, A. E. **Irrigação – Freqüência e quantidade de aplicação**. Nobel. São Paulo, 1991. 156 p.
- LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: - **Ecofisiologia Vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 2000, p. 341-430.
- LOPES, J. L. W. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. 2004. 100 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia-Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- LOPES, J. L. W. Qualidade de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. 2008. 171 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L. de; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005.
- MARTINS, F. B. Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith). 2007. 73 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- NEVES, J. C. L. Doses e modos de localização dos nutrientes em recipientes contendo volumes variáveis de substrato. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Editora da UFV: Viçosa, 2004. Palestra não disponibilizada.

PEREIRA, M. R. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus sp.* W. (Hill ex Maiden) submetidas a diferentes níveis de água no solo. 2006. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Sci.**, 68:95-112, 1949.

SILVA, M. R. da. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação. 1998. 105 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. da. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). 2003. 100 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: - **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. SANTAREM, E. R. et al. Tradutores. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, p. 613-641, 2004.

ANEXOS

Tabela 1 - Média dos resultados da retenção de água nos dois solos
Table 1 - Average values for the soil water retention

Tensão	Umidade do solo a base de volume (%)	
	Textura Arenosa	Textura Argilosa
Saturado	46,80	66,67
- 0,01 MPa	23,12	34,54
- 0,03 MPa	22,33	33,14
- 0,05 MPa	20,70	31,42
- 0,1 MPa	19,07	28,41
- 0,3 MPa	15,51	25,00
- 0,5 MPa	9,26	23,14
- 1,5 MPa	6,82	22,92
Água disponível (mm m ⁻¹ solo)	163	116,2

Tabela 2 - Porcentagem média de plantas afetadas nos solos de textura argilosa e arenosa, com sintoma brando de déficit hídrico, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro

Table 2 - Average percent of plants affected in the clay texture and sandy soils, with mild symptoms of water stress after 15 and 30 days the planting, due to substrate and nursery water management

Manejo Hídrico	Plantas afetadas aos 15 dias (%)						
	Solo argiloso			Solo de textura arenosa			
	Substrato			Substrato			
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.	
F1	2,08	0,26	2,49	0,52	0,0	1,66	
F2	4,17	0,521	6,42	2,86	0,26	1,66	
F3	1,04	0,0	2,34	4,17	0,26	4,95	
F4	4,17	0,26	6,40	2,60 A	0,52 B	1,91	
FD	1,56	1,04	2,87	1,56	0,0	2,87	
D.M.S.	6,15	1,56		3,95	0,88		
	Plantas afetadas aos 30 dias (%)						
	F1	2,34 A	0,52 B	0,83	0,52	0,0 a	1,66
	F2	3,65	0,26	5,80	2,08 A	0,0 Ba	0
	F3	2,08	0,26	2,83	3,91	0,26 a	5,15
	F4	3,12	0,0	4,28	2,60	0,52 b	1,91
	FD	1,04	1,6	3,45	1,30	0,0 a	3,14
	D.M.S.	5,12	2,40		3,85	0,74	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

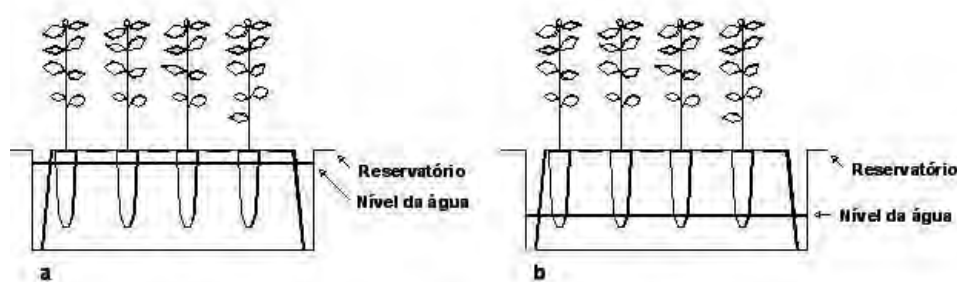


Figura 1 - Representação do sistema de irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4 (a) e para o manejo FD- mantido em irrigação (b).

Figure 1 - Irrigation system representation for the managements F1, F2, F3 e F4 (a) and for the FD management- maintained irrigated (b).

Tabela 3 - Porcentagem média de plantas afetadas, nos solos de textura argilosa e arenosa, com sintoma moderado de déficit hídrico, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro

Table 3 - Average percent of plants affected in the clay texture and sandy soils, with moderate symptoms of water stress 15 and 30 days after the planting, due to substrate and nursery water management

Manejo Hídrico	Plantas afetadas aos 15 dias (%)						
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa			
	Substrato			Substrato			
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.	
F1	2,604	0,26	2,83	1,82 Ab	0,0 B	1,59	
F2	4,69	0,52	8,23	2,86 ab	1,82	7,03	
F3	4,17	1,56	4,97	1,82 Ab	0,52 B	0,83	
F4	6,51	1,04	6,95	5,47 Aa	0,26 B	3,52	
FD	6,77	0,78	3,42	2,08 ab	0,26	2,83	
D.M.S.	7,44	2,09		3,53	1,90		
Manejo Hídrico	Plantas afetadas aos 30 dias (%)						
	F1	2,60 A	0,26 B	1,59	1,56 Ab	0,0 B	0,96
	F2	3,39	0,52	6,82	1,82 ab	1,56	4,40
	F3	5,21	0,52	5,15	1,30 b	0,26	1,35
F4	4,17	0,26	6,70	4,95 Aa	0,26 B	3,94	
FD	5,21 A	0,52 B	1,66	2,08 ab	0,0	2,34	
D.M.S.	5,81	3,72		3,14	1,62		

⁽¹⁾ D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 4 - Porcentagem média de plantas afetadas nos solos de textura argilosa e arenosa, com sintoma severo de déficit hídrico, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro

Table 4 - Average percent of plants affected in the clay texture and sandy soils, with severe symptoms after of water stress 15 and 30 days after the planting, due to substrate and nursery water management

Manejo Hídrico	Plantas afetadas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	0,52	1,04	3,17	4,17	0,26	5,96
F2	1,30	2,34	4,06	2,60	1,30	2,09
F3	1,56	8,07	8,49	2,86	0,26	3,95
F4	1,82	6,25	7,34	3,39	0,78	3,45
FD	1,04	7,18	7,94	3,12	0,78	4,36
D.M.S.	2,70	9,32		5,84	1,92	
Plantas afetadas aos 30 dias (%)						
F1	1,04	0,52	3,17	2,86	0,78	3,58
F2	1,30	0,52	2,83	2,34	0,73	2,14
F3	3,91	1,04	4,76	1,82	0,26	2,14
F4	3,91	1,04	5,48	2,08	1,04	3,58
FD	5,47 A	1,04 B	4,14	2,34 A	0,52 B	1,59
D.M.S.	6,04	2,27		3,82	2,49	

⁽¹⁾ D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 5 - Porcentagem média de plantas afetadas com os sintomas de déficit hídrico, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, para os substratos em função do solo

Table 5 - Average percent of plants affected with water stress 15 and 30 days after the planting, for the substrates do tue soil

Classe textural do solo	Plantas afetadas aos 15 dias (%)					
	Brando		Moderado		Severo	
	Substrato					
	CAC	PLX	CAC	PLX	CAC	PLX
Arenosa	2,34	0,21	2,81 b	0,57	3,23	0,68
Argilosa	2,60	0,42	4,94 a	0,64	5,10	1,25
D.M.S.	2,34 a	0,37	1,79	0,64	2,45	0,62
Plantas afetadas aos 30 dias (%)						
Arenosa	2,45	0,16	2,34 b	0,42	2,29	0,68
Argilosa	2,08	0,52	4,11 a	0,89	3,12	0,73
D.M.S.	1,29	0,53	1,48	0,84	1,56	0,64

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 6 - Porcentagem média de plantas mortas por estresse hídrico, aos 15 e aos 30 dias após o plantio nos solos, em função do manejo hídrico e do substrato

Table 6 - Average percent of plants dead by water stress 15 and 30 days after the planting, for the soils, due to water management and substrate

Manejo hídrico de viveiro	Plantas mortas por déficit hídrico aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato					
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	9,90 A	1,53 B	8,01	5,47 Aa	0,52 Aa	6,26
F2	5,15 A	2,34 B	2,87	0,78 Aa	0,52 Aa	1,59
F3	8,56	6,51	4,50	1,30 Aa	1,04 Aa	1,59
F4	5,21	5,47	5,31	1,82 Aa	1,04 Aa	1,59
FD	14,32 A	1,82 B	10,22	1,82 Aa	0,52 Aa	5,31
D.M.S.	12,95	6,87		5,39	1,71	
Plantas mortas por déficit hídrico aos 30 dias (%)						
F1	16,67 Aab	4,95 B	2,49	14,06 A	4,95 Ba	6,82
F2	7,55 b	5,47	10,40	6,5	8,59	7,03
F3	15,89 ab	7,03	9,90	12,0	7,03	5,31
F4	9,64 ab	12,5	8,60	6,5	10,15	7,83
FD	19,80 a	10,2	12,28	7,03	8,33	11,11
D.M.S.	11,38	10,65		7,79	6,96	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e iguais na mesma coluna para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

CAPÍTULO V

INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NA SOBREVIVÊNCIA DE PLANTIO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO SOLO E DOS MANEJOS DE VIVEIRO

Redigido conforme as normas da Revista: CIÊNCIA RURAL

Influência dos fatores bióticos e abióticos na sobrevivência de Plantio de Eucalipto em função do solo e dos manejos de viveiro

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência dos fatores bióticos e abióticos na sobrevivência de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* em função dos substratos, do manejo hídrico e dos solos. As mudas do clone foram produzidas em diferentes substratos e, durante a fase de rustificação, com diferentes manejos hídricos por subsuperfície, restabelecendo a condição de capacidade de campo: F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação, até o plantio aos 90 DAE, em dois solos, um arenoso e um argiloso, no estado de SP. Foram realizadas avaliações dos fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (manutenção florestal), que afetaram a sobrevivência nos dois locais de plantio, por meio de censo aos 15 e aos 30 dias após o plantio. Os resultados indicaram que os fatores testados não foram influenciados pelo manejo hídrico de viveiro e, de modo geral, pelos solos, porém, foram afetados pelo substrato. As mudas em CAC mostraram-se mais susceptíveis ao déficit hídrico do que as de PLX no solo argiloso aos 30 dias após o plantio. Contudo, o déficit hídrico e a ação das formigas cortadeiras indicaram à necessidade de replantio em ambos os locais de plantio.

Palavras - chave: Pragas, doenças, plantio.

ABSTRACT

This work aims at evaluating the biotic and abiotic factors on survival of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* due to nursery managements and soils. The seedlings production was carried in different substratum and during hardening, with different underwater managements, restoring the field conditions (F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated), until planting at 90 days after mass propagation in two soils, one sandy and other of clay texture, both of the municipalities located in São Paulo State. Biotical (pest and diseases) and abiotical (tending of stands) effects, that affected the survival were determined, in both places of planting, trough census 15 and 30 days after planting. The nursery water managements and the soils, in general, no influenced the biotical and the abiotical effects, but influenced for the substratum. But, the water stress and the ants indicated the need repeat the planting in both places.

Key words: Pest, diseases, planting.

INTRODUÇÃO

O setor de base florestal brasileiro já representa quase 5% do Produto Interno Bruto e, no tocante aos aspectos sociais, garante a empregabilidade (somados os empregos diretos e indiretos) de 10,5% da população economicamente ativa (PACHECO, 2006). A produtividade do eucalipto atualmente atinge números de 38 a 54 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (STAPE, 2008). Esta alta produtividade das florestas brasileiras, não só do eucalipto, deve-se às condições favoráveis do solo e do clima e ao alto nível tecnológico da silvicultura (OLIVEIRA, 2007).

Na década de 90, pela necessidade eminente de conservar o potencial produtivo do sítio, muitas empresas migraram para o cultivo mínimo, conseguindo com isso, aumentar a quantidade de resíduos florestais sobre o solo, afetando várias características ambientais da flora, fauna e características do solo. Minimizaram com isso, o escoamento superficial das águas das chuvas, a erosão, a umidade, a temperatura da superfície do solo e os impactos a jusante, como o assoreamento dos cursos de água (GONÇALVES et al., 2000). Porém, segundo NOVAIS (2006), a proteção e o manejo da floresta requisitaram de mais cuidados, principalmente pela maior presença dos restos florestais pelo terreno, o que tornaram favoráveis as condições para proliferação de cupins e formigas (principalmente às do gênero *Acromyrmex*), além dos danos maiores com geadas e dos obstáculos à mecanização (GONÇALVES, 1995).

É sabido que o déficit hídrico, o estresse provocado pelo calor e o choque térmico, o resfriamento e o congelamento, a salinidade e a deficiência de oxigênio são os principais agentes estressores que restringem o crescimento das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004). No entanto, a desnutrição, a má competição, as pragas e as doenças e os danos mecânicos ou por animais também podem estressar as plantas. Como a adaptação e a aclimatação ao estresse ambiental resultam de eventos integrados, que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (TAIZ & ZEIGER, 1998), esses fatores podem causar danos irreversíveis ou até mesmo a morte de tecidos ou plantas.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar em um clone de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, manejado distintamente em viveiro, com dois substratos e cinco frequências diárias de irrigação, a porcentagem de plantas afetadas no campo por agentes bióticos e abióticos, bem como a porcentagem de mortalidade, que define a necessidade ou não do replantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2005 a fevereiro de 2007, no estado de SP. A fase de produção das mudas ocorreu em dois viveiros, um localizado em Bofete e o outro em Ibaté. A aplicação dos manejos hídricos foi conduzida em Patrocínio Paulista, onde também ocorreu o plantio em um solo arenoso, bem como em Guará, onde ocorreu o plantio em um solo argiloso.

As mudas do híbrido H13 de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, selecionado para deficiência hídrica, foram produzidas por miniestaquia, sendo 5000 mudas com Plantmax estacas® (PLX) e, 5000 mudas com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC). Aos 60 dias após a estaquia (DAE) foram transferidas para Patrocínio Paulista, acondicionadas em bandejas do “tipo caixa” na densidade de 200 plantas m⁻² (cada planta ocupando 50 cm² de área), constituindo um delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos para cada substrato, com 4 repetições cada, irrigados por subsuperfície (restabelecendo a condição de capacidade de campo dos substratos), a saber: F1 – irrigado uma vez ao dia, às 13 horas; F2 – irrigado duas vezes ao dia, às 10h30min e às 16h30min; F3 – irrigado três vezes ao dia, às 09h30min, 13h30min e 17h30min; F4 – irrigado quatro vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17 horas; FD – mantido em irrigação, conforme é demonstrado na Figura 1. As lâminas médias brutas de água para o substrato CAC foram de 3,50; 5,50; 7,40; 8,50 e 6,30 mm dia⁻¹ e para PLX de 3,90; 5,00; 6,30; 7,40 e 5,40 mm dia⁻¹ (para F1, F2, F3, F4 e FD, respectivamente). As adubações nas fases de crescimento e de rustificação foram realizadas segundo LOPES (2008).

AQUI ENTRA A FIGURA 1

Após os 90 DAE, 4.000 mudas de cada substrato foram selecionadas e plantadas em um espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas (3 x 2), totalizando 1.667 plantas ha⁻¹, nos dois solos. Antes da implantação do eucalipto nestas áreas era praticado o cultivo intensivo de soja no solo argiloso e a pecuária extensiva de leite no solo arenoso.

Em ambos os locais de plantio, foram realizadas as operações de preparo do terreno. Foram realizados o rebaixamento da vegetação (usando trator de pneu com roçadeira, somente área de solo argiloso), o controle da matocompetição (através da aplicação de herbicida em área total), o combate à formigas (gêneros *Acromyrmex* e *Atta*) e cupins (*Cornitermes* sp.) e uma subsolagem à 50 cm de profundidade (com trator de pneu e subsolador) na linha de plantio.

Antes do plantio as mudas tiveram seus sistemas radiculares imersos em uma solução de MAP (calda a 1%) e cupinicida à base de fipronil (calda à 0,25%). O plantio foi manual usando plantadeira tipo matraca, sendo a irrigação efetuada logo em seguida, através de trator de pneu e carreta pipa, colocando-se 2 L de água não potável por cova. Após 4 dias efetuou-se uma nova irrigação com a mesma quantia de água. A umidade natural do solo no momento de plantio era de 10,46 % (camada de 0 - 20 cm) e 11,92 % (camada de 20 - 40 cm) para o solo arenoso e de 23,06 % (camada de 0 - 20 cm) e de 26,78 % (camada de 20 - 40 cm) para o solo de textura média. A disponibilidade de água nos solos, de 163 mm m⁻¹ para o solo arenoso e de 116,2 mm m⁻¹ para o argiloso foi determinada segundo RICHARDS (1949).

As adubações com NPK foram realizadas, tendo como base a análise de fertilidade dos solos, sendo que a dosagem para cada local (NPK - 60:40:50 e 40:00:00, para os solos arenoso e argiloso, respectivamente) foi determinada com base nas recomendações de GONÇALVES (1995).

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Em cada repetição foram plantadas 96 mudas em 8 linhas, com 12 plantas em cada uma. Desse modo, nos dois solos foram plantadas as mudas dos 10 tratamentos conduzidos na fase de viveiro.

Aos quinze e aos trinta dias após o plantio foram realizadas as avaliações por meio de censo nos dois locais de plantio, onde foram contados os números de plantas afetadas e mortas em função de cada agente biótico: formigas, cupins, tatus e fungos, e abiótico: fitoxidez por herbicida, danos mecânicos e déficit hídrico.

Para fins de comparação entre os resultados das variáveis mensuradas, utilizou-se à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois levantamentos realizados, aos 15 e aos 30 dias após o plantio do eucalipto, verificou-se que nenhum dos fatores bióticos ou abióticos foi influenciado pelo manejo hídrico de viveiro, o que de certa forma era esperado (Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Os fatores bióticos são, via de regra, influenciados pela espécie, que por sua vez, podem apresentar maior ou menor susceptibilidade em função de suas próprias características genéticas, e os fatores abióticos influenciados pelas condições edafoclimáticas e pelas técnicas de manejo adotadas durante a condução da cultura (FERREIRA, 1989 a; PAINTER, 1951 apud SANTANA & COUTO, 1990; TAIZ & ZEIGER, 1998; FERREIRA & MILANI, 2001).

Com relação aos fatores bióticos, as formigas foram responsáveis, aos 15 dias, pela maior porcentagem de mudas mortas no solo argiloso (Tabela 1). Nesta área, vizinha a pequenas propriedades agrícolas com ampla variedade de culturas, foi detectado maior número de olheiros de saúva (do gênero *Atta*) ativos e, apesar dos controles localizados e sistemáticos realizados pré e pós plantio, foram registradas perdas significativas em relação à área de solo arenoso (situada vizinha a um reflorestamento comercial, onde o controle é periódico). Comprova-se deste modo, a preferência das formigas pelo eucalipto, que chegam a causar, segundo FORTI (1999), prejuízos de até 14% em

florestas adultas de eucalipto e pinus, quando ocorrem mais de quatro colônias em cada hectare. Este autor cita que são necessárias 86 árvores de eucalipto e 161 de pinus para alimentar um saueiro durante um ano, e que as *Acromyrmex* (quenquém) causam prejuízo de até 30% em reflorestamento de eucaliptos quando há 200 colônias em cada hectare.

Os cupins, segundo Berti Filho et al. (1993), que se destacam como os organismos mais daninhos às culturas agrícolas e florestais, apesar de sempre terem sido considerados como benéficos por atuarem na decomposição da matéria orgânica, colaborando assim na reciclagem dos minerais, atacaram porcentagens insignificantes de plantas (Tabelas 2 e 5) nos dois levantamentos realizados. A justificativa para estes resultados pode ser atribuída ao tratamento pré plantio aplicado às mudas, uma vez que WILCKEN (1992) registrou 17,92% de falhas em plantio de eucalipto atribuídas aos cupins.

Com relação aos tatus (*Tolypeutes tricinctus*), os resultados dos levantamentos apresentados na Tabela 3 indicam danos consideráveis nos dois locais de plantio. Em ambos, verifica-se que tanto a atividade agrícola como a pecuária (antecessoras ao eucalipto) não coibiram a presença do gênero, de certo modo preservado nas duas regiões. Apesar de não terem sido registradas mortes pela ação desses animais, os estresses causados pela exposição do sistema radicular e pelo tombamento das mudas podem favorecer a ação dos agentes abióticos (temperatura, luminosidade excessivamente elevada e umidade) e bióticos (fungos oportunistas), levando as plantas a estresses irreversíveis e até mesmo à morte (FERREIRA, 1989a). Nesse sentido, nenhuma ação de controle foi adotada.

A incidência de fungos oportunistas verificadas no caule das mudas, após o plantio em campo (Tabela 4), foi atribuída a ação de organismos não identificados que causaram pequenos ferimentos, expondo a planta à ação desses fungos, que causaram anelamento, muito semelhante ao que costuma ser verificado em viveiros (FERREIRA & MILANI, 2002). No entanto, os resultados dos levantamentos não indicaram a necessidade de maiores preocupações.

Com relação à ferrugem (*Puccinia psidii*), verifica-se que o clone testado, melhorado

geneticamente para déficit hídrico, é susceptível ao ataque, conforme levantamento apresentado na Tabela 4. Na área próxima a reflorestamentos (solo arenoso, em Patrocínio Paulista), a incidência do inóculo, favorecida pelos fatores ambientais e à predisposição genética do material, favoreceu o ataque em algumas mudas. A ferrugem é uma doença muito comum e severa em plantações e procedências de eucalipto muito susceptíveis, e com menos de dois anos de idade, ou até o estágio fenológico B, em que incidência é baixa (FERREIRA, 1989 b). No entanto, o levantamento apresentado, e também a avaliação do nível de severidade da doença no local, não mostrou a necessidade de eliminação das plantas atacadas.

Dentre os fatores abióticos que afetaram as mudas nos dois locais de plantio (Tabelas 6 e 7), o déficit hídrico foi o fator que mais contribuiu para a mortalidade de mudas. Nos dois locais de plantio, apesar da umidade do solo no momento do plantio ser praticamente a mesma (10,46% para o solo arenoso e 23,06% para o solo argiloso), a capacidade de retenção de água para uma profundidade de 1 m no solo arenoso foi de 163mm m^{-1} de solo, e para o solo argiloso foi de $116,2\text{mm m}^{-1}$ de solo, o que favoreceu a maior sobrevivência das mudas no solo arenoso. No entanto, transcorridos os 15 dias, verifica-se que nos dois locais a mortalidade foi acentuada, mesmo já tendo ocorrido chuvas, comuns para a época, e apesar da não significância estatística, a necessidade de replantios com as mudas de CAC foi maior, principalmente no solo argiloso (Tabela 8). Contudo, os períodos de veranico, comuns nessa época, aliados às altas temperaturas nesta fase de estabelecimento do eucalipto favorecem a mortalidade, que continuou elevada até o levantamento de 30 dias, mais expressiva significativamente para as mudas de CAC no solo argiloso.

Os danos mecânicos ocorridos nos dois locais (Tabela 6) foram atribuídos aos tratos culturais e, apesar de, normalmente, serem atribuídos às aplicações de herbicida, que por sua vez, podem causar fitotoxidez quando há deriva, foram causados por descuido humano.

AQUI ENTRAM AS TABELAS 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Desse modo, e de acordo com a porcentagem de falhas nos dois locais de plantio (Tabela 8), atribuídas de modo acentuado ao déficit hídrico (Tabela 7) e à ação das formigas cortadeiras (Tabela 5), verificou-se a necessidade de replantio, uma vez que a grande maioria das empresas do segmento florestal que atuam com clones de eucalipto, comumente replantam suas áreas quando as falhas superam índices de 2 a 5%, o que contudo, dependerá da densidade inicial de plantas por hectare.

AQUI ENTRA A TABELA 8

CONCLUSÃO

Os fatores bióticos e abióticos avaliados aos 15 e aos 30 dias, não foram influenciados pelo manejo hídrico de viveiro e, de modo geral pelos solos, sendo, porém, afetados pelo substrato. As mudas em CAC mostraram-se mais susceptíveis ao déficit hídrico do que as de PLX no solo argiloso aos 30 dias após o plantio. Contudo, o déficit hídrico e a ação das formigas cortadeiras foram significativos nos dois locais de plantio, indicando a necessidade de replantio.

REFERÊNCIAS

- BERTI FILHO, E.; MARICONI, F. de A.M.; WILCKEN, C.F.; DIETRICH, C.R.R. de C.; COSTA, V.A.; CHAVES, L.E.L.; CERIGNONI, J.A. **Manual de pragas em florestas - Cupins ou Térmitas**. BERTI FILHO, E. Coord. IPEF/SIF. Piracicaba, 1993. 56p.
- FERREIRA, F.A. Doenças abióticas ou de causas não parasitárias. In: __. **PATOLOGIA FLORESTAL: PRINCIPAIS DOENÇAS FLORESTAIS NO BRASIL**. Sociedade de Investigações

Florestais, Viçosa, 1989 a. p. 13-24.

FERREIRA, F.A. Doenças bióticas do eucalipto. In: **_. PATOLOGIA FLORESTAL: PRINCIPAIS DOENÇAS FLORESTAIS NO BRASIL**. Sociedade de Investigações Florestais, Viçosa, 1989 b. p. 129-146.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil**. Mogi Guaçu, SP: International Paper, 2002, 98 p.

FORTI, L. C. **Formigas cortadeiras: Biologia, danos e controle das formigas cortadeiras no Brasil**. Rhône-Poulenc. São Paulo, 1999. 46 p.

GONÇALVES, J. L. de M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos Florestais**. Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: **NUTRIÇÃO E FERTILIZAÇÃO FLORESTAL**. GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 3-55.

LOPES, J. L. W. Qualidade de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. 2008. 171 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

OLIVEIRA, A. C. de. Pontos-chave na eucaliptocultura brasileira. **Revista Opiniões**. Ribeirão Preto. Set - Nov 2007, p. 36.

PACHECO, M. **A contribuição da floresta plantada em nossas vidas**. Set - Nov., 2006. Disponível em: <http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao005/Artigos/Artigo005-09-G.htm>> Acesso em 03 de agosto de 2007.

RODRIGUES, R.A.D.; KLEFASZ, A.; CHAVES, L.M.; YAMAMOTO, Y.; GRANDO, F.L.M. **Reflorestamento de área de reserva legal da fazenda São Francisco no município de São Carlos –**

SP. Disponível em: < <http://www.cemac-ufra.com.br/trabalhospdf/trabalhos%20voluntarios/protoc%20116.pdf>>. Acesso em 10 de março de 2008.

SANTANA, D. L. de Q.; COUTO, L. Resistência intra-específica de eucaliptos a formigas cortadeiras. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 20, p. 13-21, jun. 1990.

STAPE, J. L. A pesquisa silvicultural e a visão socioambiental são imprescindíveis para os novos clusters florestais. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto. Dez-07/fev-08, p. 37, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Water and plant cells. In: - **PLANT PHYSIOLOGY**, 2 ed. Stunder Massachusetts: Sinauer Associates, p. 61 – 80, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: - **FISIOLOGIA VEGETAL**. 3ª ed. SANTAREM, E. R. et al. Tradutores. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, p. 613-641, 2004.

VILLELA FILHO, A. **Silvicultura: Benefícios cada vez maiores**. Set-nov, 2006. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao006/Artigos/Artigo006-08-G.html>> Acesso em: 03 de agosto de 2007.

WILCKEN, C.F. Danos de cupins subterrâneos *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) em plantios de *Eucalyptus grandis* e controle com inseticidas no solo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, 21(3): 329-338. 1992.

ANEXOS

Tabela 1: Porcentagem média de plantas de eucalipto afetadas por formigas (*Atta* spp. e *Acromyrmex* sp.), nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Plantas cortadas e com brotos aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	4,17	1,56	9,03	3,12 a	0,52	3,45
F2	2,60	0,52	6,76	0,00 b	0,26	0,83
F3	1,82	0,78	0,00	1,07 ab	0,26	1,59
F4	0,26	1,82	4,97	0,00 b	1,04	3,32
FD	0,78	0,78	1,35	0,00 b	0,52	0,96
D.M.S.	5,79	4,62		2,18	1,78	
Plantas cortadas e com brotos aos 30 dias (%)						
F1	3,65	1,56	6,49	2,60 a	0,26	3,68
F2	3,65	0,52	9,28	0,00 b	0,52	1,66
F3	4,43	1,56	2,49	1,30 ab	0,26	1,35
F4	0,00	1,82	3,92	0,00 b	0,78	2,49
FD	1,56	2,60	1,91	0,78 ab	0,52	0,83
D.M.S.	6,30	4,28		2,38	2,07	
Plantas cortadas sem brotos aos 15 dias (%)						
F1	2,08	1,04	6,20	0,78	0,00	1,59
F2	0,78	1,04	4,76	0,00	0,00	0,83
F3	0,52	0,78	1,59	0,00	0,00	0,0
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	4,14
FD	0,78	1,56	0,83	0,00	0,26	2,87
D.M.S.	3,35	3,26		0,78	2,54	
Plantas cortadas e sem brotos aos 30 dias (%)						
F1	0,52	0,52	2,70	0,26	0,00	0,83
F2	0,52	0,26	2,09	0,00	0,00	0,00
F3	0,00	0,26	0,83	0,00	0,00	0,00
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	4,97
FD	1,04	0,26	1,59	1,30	0,26	3,03
D.M.S.	1,77	1,34		1,56	3,06	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 2: Porcentagem média de plantas de eucalipto atacadas por cupins (*Cornitermes* sp.), nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Plantas afetadas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	0,00	0,52	0,96	0,00	0,00	0,00
F2	0,78	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00
F3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FD	0,52	0,00	1,66	0,00	0,00	0,00
D.M.S.	1,13	0,61		0,00	0,0	
Plantas afetadas aos 30 dias (%)						
F1	0,26 ab	0,78	0,96	0,0 b	0,0 b	0,00
F2	0,78 a	0,00	0,83	0,0 b	0,0 b	0,00
F3	0,0 b	0,26	0,83	1,04 a	0,0 b	1,35
F4	0,0 b	0,00	0,00	0,0 b	1,82 a	1,59
FD	0,0 b	0,52	1,66	0,78 ab	0,52 ab	1,59
D.M.S.	0,71	1,34		0,91	1,54	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 3: Porcentagem média de plantas de eucalipto danificadas por tatus (*Tolypeutes tricinctus*), nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Plantas afetadas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	2,08	0,78	4,36	2,60	0,26	4,14
F2	1,56	0,78	4,14	1,82	0,26	2,14
F3	1,82	1,82	4,69	0,26	0,0	0,83
F4	0,52	1,82	3,19	0,52	0,0	0,96
FD	1,82	1,82	3,58	1,04	0,78	2,09
D.M.S.	4,52	3,06		3,17	0,88	
Plantas afetadas aos 30 dias (%)						
F1	1,56	0,00	1,66	1,56	0,26	2,83
F2	1,56	0,52	4,06	1,04	0,26	0,83
F3	1,56	0,52	3,58	0,00	0,00	0,00
F4	0,52	1,30	1,59	0,52	0,00	0,96
FD	2,08	1,56	3,94	0,52	0,52	1,35
D.M.S.	4,26	2,42		1,66	0,98	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

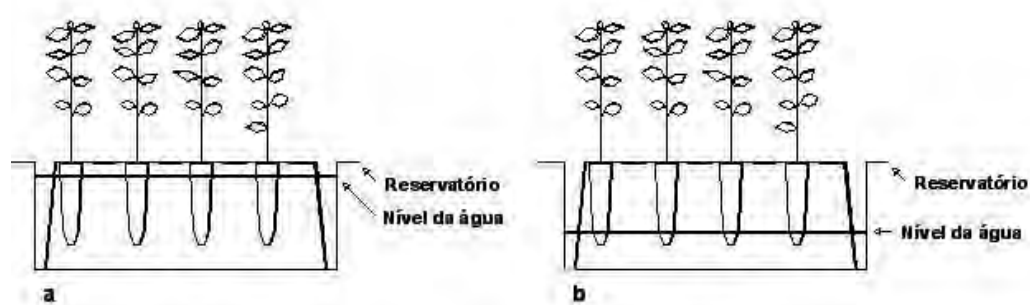


Figura 1: Representação do sistema de irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4 (a) e para o manejo FD- mantido em irrigação (b).

Tabela 4: Porcentagem média de plantas de eucalipto atacadas por fungos de caule (oportunistas) e ferrugem (*Puccinia psidii*) nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Fungos de caule - Plantas mortas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	0,26 b	0,00 b	0,83	0,26	0,00	0,83
F2	0,00 b	0,26 b	0,83	0,00	0,26	0,83
F3	1,82 a	1,82 a	4,69	1,04	0,00	2,34
F4	0,26 b	0,00 b	0,83	0,26	0,26	55 x 10 ⁻⁹
FD	0,26 b	0,00 b	0,83	0,26	0,00	0,83
D.M.S.	0,88	0,52		1,88	0,77	
Fungos de caule - Plantas mortas aos 30 dias (%)						
F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F2	0,00	0,26	0,83	0,00	0,26	0,83
F3	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,96
F4	0,00	0,00	0,00	0,26	0,26	55 x 10 ⁻⁹
FD	0,26	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00
D.M.S.	0,52	0,52		0,86	0,77	
Ferrugem - Plantas mortas aos 30 dias (%)						
F1	0,00	0,00	0,00	0,26	0,26 b	55 x 10 ⁻⁹
F2	0,00	0,00	0,00	1,30	2,08 a	2,49
F3	0,00	0,00	0,00	2,34	1,30 ab	1,35
F4	0,00	0,00	0,00	1,82	0,52 ab	3,17
FD	0,00	0,00	0,00	1,56	1,04 ab	2,14
D.M.S.	0,00	0,00	0,00	4,11	1,50	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 5: Porcentagem média de plantas de eucalipto mortas por formigas (*Atta* spp. e *Acromyrmex* sp.) e cupins (*Cornitermes* sp.), nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Formigas - Plantas mortas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	3,65	0,26	7,58	0,53	0,00	0,96
F2	3,65	0,0	8,39	0,26	0,00	0,83
F3	0,26	0,52	2,09	0,00	0,26	0,83
F4	0,26	0,52	2,09	0,00	0,26	0,83
FD	1,04	0,00	3,32	0,00	0,00	0,00
D.M.S.	7,38	1,17		0,74	0,77	
Formigas - Plantas mortas aos 30 dias (%)						
F1	9,64 Aa	1,82 Ba	5,50	0,00	0,00	0,00
F2	2,87 b	5,21 a	11,11	0,52	2,08	5,15
F3	5,21 Aab	0,78 Ba	2,08	0,00	1,04	2,34
F4	4,69 ab	6,77 a	6,20	0,26	1,82	1,66
FD	6,00 ab	4,69 a	5,13	0,52	1,82	3,14
D.M.S.	5,55	6,48		1,45	4,07	
Cupins - Plantas mortas aos 15 dias (%)						
F1	0,26	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00
F2	0,26	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00
F3	0,00	0,26	0,83	0,00	0,00	0,00
F4	0,00	0,26	0,83	0,00	0,00	0,00
FD	0,26	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00
D.M.S.	0,88	0,64		0,00	0,00	
Cupins - Plantas mortas aos 30 dias (%)						
F1	0,26	0,78	2,14	0,00	0,00	0,00
F2	0,00	0,26	0,83	0,00	0,52	1,66
F3	0,26	0,26	1,35	0,26	1,04	3,68
F4	0,26	0,00	0,83	0,52	0,26	1,59
FD	0,00	0,26	0,83	0,00	0,52	0,96
D.M.S.	0,88	1,13		0,86	2,52	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 6: Porcentagem média de plantas de eucalipto danificadas pelos tratos culturais, nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Plantas com fitotoxidez por herbicida aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	0,00	0,26	0,83	0,00	0,00	0,00
F4	0,00	0,26	0,83	0,00	0,00	0,00
FD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D.M.S.	0,00	0,64		0,00	0,00	0,00
Plantas com danos mecânicos ao 15 dias (%)						
F1	2,60	0,78	3,68	3,64 a	0,26	3,67
F2	3,38	0,26	6,05	0,78 b	0,26	2,14
F3	1,30	0,78	2,87	0,26 b	0,52	0,83
F4	1,30	0,78	2,13	1,04 ab	0,26	0,83
FD	2,60	0,52	2,34	2,08 ab	0,26	2,49
D.M.S.	4,20	1,35		2,84	1,25	
Plantas com danos mecânicos ao 30 dias (%)						
F1	2,34	2,08	3,92	4,43 Aa	0,0 B	3,92
F2	3,38	1,04	4,36	0,26 b	1,30	1,35
F3	2,60	1,30	2,49	0,52 b	0,78	2,08
F4	2,08	1,56	3,17	0,26 b	0,52	0,83
FD	3,40 A	1,04 B	2,08	1,82 ab	0,52	2,49
D.M.S.	3,92	2,27		2,94	1,86	

⁽¹⁾ D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 7: Porcentagem média de plantas de eucalipto mortas por déficit hídrico, nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Plantas mortas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	9,90 A	1,53 B	8,01	5,47	0,52	6,26
F2	5,15 A	2,34 B	2,87	0,78	0,52	1,59
F3	8,56	6,51	4,50	1,30	1,04	1,59
F4	5,21	5,47	5,30	1,82	1,04	1,59
FD	14,32	1,82 B	10,22	1,82	0,52	5,31
D.M.S.	12,95	6,87		5,39	1,71	
Plantas mortas aos 30 dias (%)						
F1	16,67 Aab	4,95 B	2,49	14,06 A	4,95 B	6,82
F2	7,55 b	5,47	10,40	6,50	8,59	7,03
F3	15,89 ab	7,03	9,90	12,00	7,03	5,31
F4	9,64 ab	12,50	8,60	6,50	10,15	7,83
FD	19,80 a	10,20	12,28	7,03	8,33	11,11
D.M.S.	11,38	10,65		7,79	6,96	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 8: Porcentagem total de falhas, representadas pelas mortes em função dos agentes causais, nos solos de textura argilosa e arenosa, aos 15 e aos 30 dias após o plantio, em função do substrato e do manejo hídrico de viveiro.

Manejo Hídrico	Plantas mortas aos 15 dias (%)					
	Solo de textura argilosa			Solo de textura arenosa		
	Substrato			Substrato		
	CAC	PLX	D.M.S.	CAC	PLX	D.M.S.
F1	13,80	1,82	8,01	6,0	0,52	5,48
F2	14,06	2,34	2,87	1,04	0,52	0,96
F3	8,85	7,29	4,50	1,30	1,30	1,35
F4	5,47	6,25	5,30	1,82	1,30	2,14
FD	15,62 A	1,82 B	10,22	1,82	0,52	5,31
D.M.S.	11,69	6,57		5,05	1,56	
Total de plantas mortas aos 30 dias (%)						
F1	26,6 Aa	7,81 B	3,58	14,06 A	4,95 B	6,82
F2	10,42 Ab	10,94 B	20,46	7,03	11,20	6,90
F3	21,35 Aab	8,07 B	12,28	12,24	9,12	11,24
F4	14,58 ab	19,27	8,60	7,29	12,24	8,38
FD	25,78 a	15,10	15,63	7,55	10,68	14,26
D.M.S.	13,57	11,96		8,60	9,14	

(¹) D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

CAPÍTULO VI

DESENVOLVIMENTO DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO SOLO, SUBSTRATO E MANEJO HÍDRICO DE VIVEIRO

Redigido conforme as normas da Revista: CIÊNCIA FLORESTAL

**DESENVOLVIMENTO DE UM HÍBRIDO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO SOLO,
SUBSTRATO E MANEJO HÍDRICO DE VIVEIRO**

**DEVELOPMENT OF A EUCALYPT HYBRID, DUE TO SOIL, SUBSTRATUM AND WATER
MANAGEMENT**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos substratos e do manejo hídrico no desenvolvimento das mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, cultivado em um solo arenoso, em Patrocínio Paulista e um solo argiloso, em Guará, ambos em SP. As mudas foram produzidas em dois substratos e manejadas, a partir dos 60 dias após estaquia (DAE), durante a fase de rustificação, com cinco diferentes irrigações por subsuperfície, restabelecendo a condição de capacidade de campo (F1 – irrigado uma vez ao dia, F2 – irrigado duas vezes ao dia, F3 – irrigado três vezes ao dia, F4 – irrigado quatro vezes ao dia e FD – mantido em irrigação), até o plantio aos 90 DAE, em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram realizadas avaliações da altura da parte aérea (HPA), aos 6 e aos 13 meses após o plantio e do diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores aos 13 meses após o plantio. Com relação a essas variáveis, em função dos tratamentos, verificou-se que não houve influência no desenvolvimento, tanto em altura como em diâmetro, para ambos os solos, que por sua vez, possibilitaram mesmos registros de HPA aos 6 meses de idade e DAP e HPA aos treze meses de idade.

Palavras Chave: Plantio, floresta, solo arenoso, solo argiloso, irrigação por subsuperfície.

ABSTRACT

This work aims at evaluating the effects due to substratum and water management on development of hybrid seedlings from *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. The study was carried out in a sandy soil in Patrocínio Paulista city and in clay soil in Guará city, both of the municipalities located in São Paulo State. For the seedlings production, five different underwater irrigation systems had been tested, restoring the field conditions (F1: irrigated once a day, F2: irrigated twice a day, F3: irrigated three times a day, F4: irrigated four times a day and FD: maintained irrigated) with four repetitions on random blocks

outlining, planting at 90 days after the mass propagation. Shoot height (HPA) at 6 and 13 months after planting and the diameter at breast height (DAP) at 13 months after planting were assessed. As to these parameters, the outcomes showed that there was no influence on the development for both the soils types, which presented the same values for HPA at 6 month of age and for DAP and HPA at 13 months of age.

KEYWORDS: Planting, forest, clay soil, sandy soil, underwater irrigation.

INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil possui a melhor tecnologia de implantação, condução e colheita de florestas de eucalipto (COUTO et al., 2002), que estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (SILVA & MATOS, 2003). No entanto, a rusticidade de mudas continua sendo um assunto controverso (NEVES, 2004). Discute-se sua importância para a garantia da sobrevivência do plantio e arranque da floresta, em condições climáticas adversas (CARNEIRO, 1995; STAPE et al., 2001), bem como, o próprio entendimento do que seja rustificação. Contudo, existem dúvidas de que a aclimação das mudas possa ser alcançada em períodos curtos, como o da etapa de produção conhecida como rustificação, que compreende, geralmente, a fase de 15 – 30 dias finais do ciclo de viveiro (LOPES, 2008). Também se discute o fato de que mudas que tenham sido aclimatadas de modo distinto, desenvolvam-se de maneira desigual (STAPE et al., 2001), uma vez que o crescimento do eucalipto parece estar muito mais relacionado aos atributos químicos do solo, ao preparo do terreno, à escolha das espécies, ao grau de melhoramento genético, ao manejo e aos tratamentos culturais. O cultivo mínimo, por sua vez poderia contribuir para uma maior heterogeneidade de crescimento (GONÇALVES, 1995; GAVA, 2002), principalmente em se tratando de solos com texturas diferentes.

Várias pesquisas trataram sobre relações hídricas em eucalipto, buscando dentre outros fatores, a rusticidade de mudas (SASSE et al., 1996; SILVA, 1998; ISMAEL, 2001; SILVA, 2003; LOPES, 2004; GRUBER, 2006; PEREIRA, 2006). Poucas, no entanto, abordam as fases de plantio e o desenvolvimento em campo. Por sua vez, os dados obtidos nessas pesquisas reforçam a hipótese de que a rusticidade

desejada para mudas de eucalipto, dificilmente possa ser alcançada no período que envolve a fase final de viveiro, conhecida como rustificação, através do manejo hídrico.

Estudos sobre aclimação de mudas de híbridos de eucalipto adaptados geneticamente à deficiência hídrica do solo, parecem ser úteis na avaliação do desenvolvimento inicial da floresta, principalmente, em função de plantios em solos de diferentes classes texturais.

O objetivo desse trabalho foi verificar os efeitos da aclimação, realizada durante a fase de rustificação das mudas, do híbrido H13 de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, no desenvolvimento da floresta no seu primeiro ano de vida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do local

O experimento foi conduzido de novembro de 2005 a fevereiro de 2007, no estado de SP. A fase de produção das mudas ocorreu em dois viveiros, um localizado em Bofete e o outro em Ibaté. A aplicação dos manejos hídricos foi conduzida em Patrocínio Paulista, onde também ocorreu o plantio em um solo arenoso, bem como em Guará, onde ocorreu o plantio em um solo argiloso.

As mudas do híbrido H13 de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, selecionado para deficiência hídrica, foram produzidas por miniestaquia em dois substratos: 5000 mudas com Plantmax estacas® (PLX) e, 5000 mudas com a mistura em partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita (CAC).

Manejo e tratamentos na fase de viveiro

Foram usados tubetes de 55 cm³, sendo as mudas mantidas até os 30 dias após estaquia (DAE) em casa de vegetação, dos 30 até os 50 DAE em casa de sombra e dos 50 até os 60 DAE em pleno sol. Nesse período a irrigação foi por aspersão utilizando barra de pulverização, com controle de umidade via “foggers” acionados automaticamente, mantendo a umidade relativa do ar acima de 80% e a temperatura em torno de 30 °C. Aos 60 DAE, foram transferidas para Patrocínio Paulista, acondicionadas em bandejas na densidade de 200 plantas m⁻² (cada planta ocupando 50 cm² de área), constituindo um delineamento

inteiramente casualizado com 5 tratamentos de 1000 mudas para cada substrato, com 4 repetições de 250 plantas cada, irrigados por subsuperfície (restabelecendo a condição de capacidade de campo dos substratos), na fase de rustificação das mudas, conforme é apresentado na Tabela 1 e na Figura 1.

TABELA 1: Tratamentos aplicados às mudas, durante a fase de rustificação, dos 60 aos 90 DAE.

TABLE 1: Treatments applied to seedlings, during hardening.

Tratamento	Substrato	Frequência diária da irrigação, restabelecendo a capacidade de campo	Horário da irrigação
F1	CAC e PLX	uma vez ao dia	13 h
F2	CAC e PLX	duas vezes ao dia	10:30 h e 16:30 h
F3	CAC e PLX	três vezes ao dia	09h30min, 13h30min e 17h30min
F4	CAC e PLX	quatro vezes ao dia	8 h, 11 h, 14 h e 17 h
FD	CAC e PLX	mantido em irrigação	mantido em irrigação

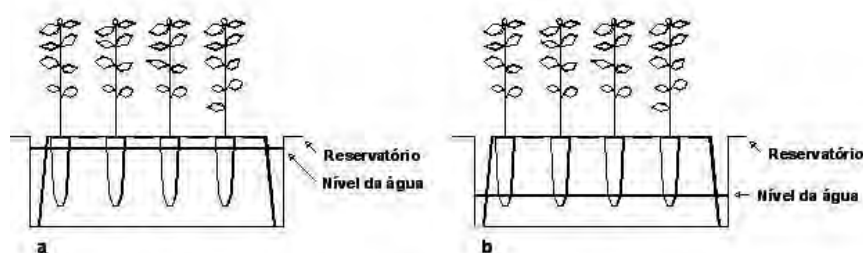


FIGURA 1: Representação do sistema de irrigação para os manejos F1, F2, F3 e F4 (a) e para o manejo FD- mantido em irrigação (b).

FIGURE 1: Irrigation system representation for the managements F1, F2, F3 e F4 (a) and for the FD management- maintained irrigated (b).

A lâmina média diária bruta de água, em função dos substratos e dos manejos hídricos durante a fase de rustificação das mudas foi calculada para as frequências F1, F2, F3 e F4 através de pesagens e para a frequência FD a lâmina foi obtida através da leitura em escala graduada (Tabela 2).

Adubação na fase de viveiro

A adubação de crescimento foi realizada a partir dos 30 DAE até os 60 DAE, semanalmente (Tabela 3). Durante a irrigação por subsuperfície, as mudas em ambos os substratos foram adubadas duas vezes

por semana, com 50 g de cloreto de cálcio, 33,3 g de MAP, 140,0 g de cloreto de potássio e 28,0 g de sulfato de amônio, dissolvidos em água, formando uma calda de 70 litros, suficientes para 7.000 mudas.

TABELA 2: Lâmina média diária bruta de água, em função dos substratos e dos manejos hídricos durante a fase de rustificação das mudas.

TABLE 2: Average values for the gross water compumption, due to substrate and water managements, during hardening.

Manejo hídrico	Lâmina média bruta de água (mm dia ⁻¹)			
	Substrato CAC	Substrato PLX	D.M.S.	C.V.
F1	3,50 e	3,90 d	0,38	2,92
F2	5,50 Ad	5,00 Bc	0,52	2,79
F3	7,40 Ab	6,30 Bb	1,78	0,43
F4	8,50 Aa	7,40 Ba	3,37	0,94
FD	6,30 c	5,40 bc	1,50	7,28
D.M.S.	0,70	1,07		
C.V.	3,83	3,26		

D.M.S. – Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V. – Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; n.s. – Não significativo.

Plantio e preparo do terreno

Após os 90 DAE, 4.000 mudas de cada substrato foram selecionadas e plantadas em um espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas (3 x 2), totalizando 1.667 plantas ha⁻¹, em dois solos texturalmente distintos, um arenoso em Patrocínio Paulista, onde anteriormente ao eucalipto era realizada a pecuária extensiva de leite, e outro, argiloso em Guará, onde anteriormente ao eucalipto era praticado o cultivo intensivo de soja.

Em ambos os locais de plantio, foram realizadas as operações de preparo do terreno. Foram realizados o rebaixamento da vegetação (usando trator de pneu com roçadeira, somente no solo argiloso), o controle da matocompetição (através da aplicação de herbicida em área total), o combate à formigas (gêneros *Acromyrmex* e *Atta*) e cupins e uma subsolagem à 50 cm de profundidade (com trator de pneu e subsolador) na linha de plantio.

Antes das mudas serem plantadas tiveram seus sistemas radiculares imersos em uma solução de MAP (calda a 1%) e cupinicida à base de fipronil (calda à 0,25%). O plantio foi manual usando

plantadeira tipo matraca, sendo a irrigação efetuada logo em seguida, através de trator de pneu e carreta pipa, colocando-se 2 L de água não potável por cova. Após 4 dias efetuou-se uma nova irrigação com a mesma quantia de água. A umidade natural do solo no momento de plantio era de 10,46 % (camada de 0 - 20 cm) e 11,92 % (camada de 20 – 40 cm) para o solo arenoso e de 23,06 % (camada de 0 - 20 cm) e de 26,78 % (camada de 20 – 40 cm) para o solo argiloso. Analisou-se também a umidade dos solos (usando-se amostras deformadas) sob diferentes níveis de tensão, através da Placa de Pressão de Richards (RICHARDS, 1949) e a partir da curva de retenção foi calculado a disponibilidade de água nos solos.

TABELA 3: Relação de nutrientes e dosagens para compor 100 L de solução, suficiente para 10.000 mudas, aplicados na fase de crescimento, em função do substrato.

TABLE 3: Nutrients and dosages list to compose 100 L solution enough to 10,000 seedlings applied during growth, due to substrate.

Nutriente	Substrato	Dosagem (g)
nitrato de cálcio	PLX	100,0
	CAC	350,0
MAP	PLX	30,0
	CAC	47,5
cloreto de potássio	PLX	40,0
	CAC	200,0
uréia	PLX	47,5
	CAC	90,0
sulfato de magnésio	PLX e CAC	50,0
bórax	PLX	0,135
ácido bórico	CAC	0,1
sulfato de manganês	PLX	0,06
	CAC	0,8
sulfato de amônia	CAC	40,0
sulfato de cobre	PLX	0,0125
	CAC	0,05
sulfato de zinco	PLX	0,03
	CAC	0,8
molibdato de sódio	PLX	0,004
	CAC	0,03
dissolvine	PLX	1,25
osmocote 19:06:10 ¹	CAC	300,0

⁽¹⁾ Misturado no substrato antes do enchimento dos tubetes.

Adubação da floresta

Foi realizada adubação com NPK, tendo como base a análise de fertilidade dos solos (Tabela 4). A dosagem para cada local (40 Kg de N ha⁻¹ para o solo argiloso e 60, 40 e 50 Kg ha⁻¹ de N-P-K, respectivamente para o solo arenoso), foi determinada segundo as recomendações de Gonçalves (1995), conforme detalhamento apresentado nas Tabelas 4, 5 e 6. A calagem não foi realizada, devido às dúvidas que existem em relação às respostas do Ca em eucalipto (Barros et al., 1990).

TABELA 4: Resultados das análises de fertilidade dos solos.

TABLE 4: Results of soil chemical analysis.

Determinações	Tipos de solo	
	Textura arenosa	Textura argilosa
pH (CaCl ₂)	4,4	4,9
Matéria Orgânica (g dm ⁻³)	12	28
P resina (mg dm ⁻³)	4	132
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	5	2
H + Al ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	35	46
K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	0,4	2,3
Ca ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	8	32
Mg ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	2	7
SB ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	11	42
CTC ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	46	87
V% ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	24	48
S (mg dm ⁻³)	4	10
B (mg dm ⁻³)	0,21	0,55
Cu (mg dm ⁻³)	1,2	4,3
Fe (mg dm ⁻³)	38	34
Mn (mg dm ⁻³)	5,0	4,7
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	4,6

TABELA 5: Recomendação de adubação para as duas áreas de plantio.

TABLE 5: Fertilization recommendation for the area planting.

Classe textural do Solo	Teor no solo ¹				Dose (kg ha ⁻¹)		
	matéria orgânica (g dm ⁻³)	argila (%)	P por resina (mg dm ⁻³)	K trocável (mmol ³ dm ⁻³)	N	P	K
Arenoso	0 - 15	< 15	3 - 5	0 - 0,7	60	40	50
Argiloso	16 - 40	15 - 35	> 8	> 1,5	40	0	0

⁽¹⁾ Gonçalves (1995).

Tratamentos de campo

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Em cada

repetição foram plantadas 96 mudas (8 linhas, com 12 plantas em cada uma), obedecendo a mesma distribuição espacial para os tratamentos em ambos os locais, com parcelas úteis de 24 plantas centrais. Desse modo, nos dois solos foram plantadas as mudas de todos os tratamentos conduzidos na fase de viveiro.

Aos seis e aos treze meses após o plantio foram realizadas as mensurações nas parcelas úteis, nos dois locais de plantio. Aos seis meses foram determinadas as alturas das árvores, com auxílio de vara graduada e aos treze meses, além da altura, foram também mensurados os diâmetros à altura do peito (DAP à 1,30 m), com auxílio de paquímetro digital.

TABELA 6: Adubação realizada nas duas áreas de plantio.

TABLE 6: Fertilization held in the areas of planting.

Classe textural do solo	Fonte de nutrientes					
	6:30:6 + 0,5% Zn ¹		13:00:15 + 0,5 % B ¹		NH ₄ SO ₄ ¹	
	(kg ha ⁻¹)					
	Plantio	1 ^a cobertura	2 ^a cobertura	Plantio	1 ^a cobertura	
Arenoso	200	200	200	0	0	
Argiloso	0	0	0	100	100	

⁽¹⁾ aplicado localizadamente.

Para fins de comparação entre os resultados das variáveis mensuradas, utilizou-se a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto aos seis, como aos treze meses de idade, o desenvolvimento em altura da floresta não foi influenciado pelo tipo de substrato usado na produção das mudas e pelos manejos hídricos de viveiro, tanto no solo arenoso, como no argiloso (Tabelas 7 e 9). Na análise do efeito do substrato no desenvolvimento em altura da floresta (Tabelas 8 e 10), verifica-se superioridade do substrato PLX apenas nas mudas produzidas sob o manejo F1. No entanto, essa superioridade foi devido ao estresse sofrido pelas mudas de CAC no viveiro, quando foram registrados 8% de perdas em função do déficit hídrico (LOPES, 2008). Na análise do efeito solo (Tabelas 8 e 10), verifica-se que o desenvolvimento em altura da floresta foi igual em ambos, o que indica que mesmo sendo o solo arenoso menos fértil que o solo de

textura média (Tabela 4), as práticas de manejo adotadas nesta pesquisa, recomendadas por Zen et al. (1995), Gonçalves (1995), Gonçalves et al. (2000), Barros et al. (2000) e Novais (2006) possibilitaram que fosse registrado o mesmo crescimento em altura do que o registrado no solo argiloso.

TABELA 7: Resultados médios das alturas de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, aos seis meses de idade, em função do substrato, do manejo hídrico e do solo.

TABLE 7: Average results of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* heights, at six months, due to substrate, nursery water management and soil.

Manejo hídrico de viveiro	Altura (m)							
	Solo de textura arenosa				Solo de textura argilosa			
	Substrato				Substrato			
	CAC	PLX	D.M.S.	C.V.	CAC	PLX	D.M.S.	C.V.
F1	0,86	0,94	0,29	14,33	0,76	1,14	0,55	25,88
F2	1,02	0,93	0,26	11,84	0,82	1,13	0,90	41,02
F3	0,96	0,88	0,21	10,08	0,92	0,88	0,10	5,04
F4	1,10	0,99	0,30	12,55	1,00	0,83	0,32	15,57
FD	1,15	1,03	0,28	11,23	0,94	0,93	0,26	12,56
D.M.S.	0,29	0,42			0,34	0,62		
C.V.	12,74	19,69			16,84	27,94		

D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

TABELA 8: Resultados médios das alturas das árvores de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, aos seis meses de idade, em função do manejo hídrico, para os tipos de substratos e solos.

TABLE 8: Average results of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* heights, at six months, due to water management, for the substrates and soils.

Manejo hídrico de viveiro	Altura (m)							
	Tipo de substrato				Tipo de solo			
	CAC	PLX	D.M.S.	C.V.	Textura arenosa	Textura argilosa	D.M.S.	C.V.
F1	0,81 Bb	1,04 A	0,23	22,08	0,90	0,95	0,23	22,08
F2	0,92 ab	1,03	0,32	29,17	0,98	0,98	0,32	29,17
F3	0,94 ab	0,88	0,08	8,32	0,92	0,90	0,08	8,32
F4	1,05 a	0,91	0,20	18,64	1,04	0,92	0,20	18,64
FD	1,04 a	0,98	0,13	11,43	1,09	0,94	0,13	11,43
D.M.S.	13,85	23,57						
C.V.	0,19	0,33						

D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna para os substratos e maiúsculas iguais na mesma linha, para os substratos e, maiúsculas iguais para os solos, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Com relação ao desenvolvimento em diâmetro aos treze meses (Tabela 9), verifica-se o mesmo comportamento observado para o desenvolvimento em altura (tanto aos seis, como aos treze meses), ou seja, não houve influência do substrato, o que já era esperado. O desenvolvimento em diâmetro também não foi afetado pelo tipo de solo; em ambos o DAP registrado foi o mesmo, o que evidencia que as práticas de manejo adotadas possibilitaram que um solo de baixa fertilidade (Tabela 4) promovesse o mesmo crescimento do eucalipto que um solo naturalmente fértil (caso do solo argiloso de Guarã).

TABELA 9: Resultados médios das alturas e dos diâmetros das árvores de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* aos treze meses de idade, em função do substrato, do manejo hídrico e do tipo de solo.

TABLE 9: Average results of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* heights and diameter, at thirteen months, due to substrate, water management and soil.

Manejo hídrico de viveiro	Altura (m)							
	Solo de textura arenosa				Solo de textura argilosa			
	Substrato				Substrato			
	CAC	PLX	D.M.S.	CV	CAC	PLX	D.M.S.	CV
F1	4,25 ab	4,39	0,77	7,88	3,76 B	4,97 A	0,89	9,04
F2	4,14 ab	4,44	0,42	4,37	4,02	4,68	2,00	20,43
F3	4,45 ab	4,38	0,67	6,70	4,35	4,19	0,28	2,95
F4	4,32 b	4,49	0,51	5,14	4,52	4,09	0,75	7,77
FD	4,86 a	4,64	0,18	1,65	4,47	4,33	1,01	10,18
D.M.S.	0,52	0,88			1,16	1,45		
C.V.	5,20	8,79			12,15	14,46		
Diâmetro (cm)								
F1	3,41 b	3,56	0,95	12,16	3,04	4,44	0,89	9,04
F2	3,31 Bb	3,75 A	0,36	4,49	3,30	4,21	2,00	20,43
F3	3,70 ab	3,49	0,62	7,70	3,55	3,56	0,28	2,95
F4	3,66 ab	3,87	0,55	6,50	3,86	3,42	0,75	7,77
FD	4,16 a	4,04	0,39	4,21	4,01	3,73	1,01	10,18
D.M.S.	0,58	1,02			1,25	1,93		
C.V.	7,08	12,08			15,65	22,16		

D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, para o mesmo solo, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Apesar de o manejo hídrico ser considerado um dos métodos para rustificação de mudas e, dessa rusticidade maior ou menor, ser atribuída (dentre outras características) a qualidade da muda, que varia em função da sua maturação e que garante sobrevivência e arranque diferenciados (CARNEIRO, 1995), nesta

pesquisa não foram observadas diferenças no crescimento, como também verificaram Rezende et al. (1984, apud STAPE et al., 2001) aos 60 meses de idade em um plantio de eucalipto com mudas rustificadas e não rustificadas em viveiro. Nesta pesquisa, tanto aos seis como aos treze meses de idade, o desenvolvimento foi igual, mesmo em se tratando de solos de classes texturais e fertilidades naturais diferentes. No entanto, apesar de não ter sido realizada a avaliação do desenvolvimento no primeiro mês de estabelecimento da floresta, poderia se esperar que os efeitos do manejo de viveiro, principalmente substrato e manejo hídrico, pudessem exercer influência no crescimento, apesar de que na pesquisa de Rezende et al. (1984, apud STAPE et al., 2001), essa diferença não aconteceu desde a idade zero do estabelecimento da floresta. Também é possível, a partir do segundo ano, quando a floresta cultivada no solo arenoso não receber mais fertilizantes químicos, que a floresta cultivada no solo argiloso desenvolva-se de modo mais acentuado, mesmo em se tratando do mesmo clone, o que, contudo, não poderá mais ser atribuído ao manejo de viveiro (qualidade da muda em função do substrato e da rusticidade).

A absorção dos nutrientes pelas plantas, particularmente os transportados por difusão, pode ser afetada por uma série de fatores, dentre os quais a umidade e a textura do solo, sendo que a umidade e a fertilidade baixas promovem alterações fisiológicas significativas nas plantas (Silva et al., 2000). No entanto, neste experimento os dois solos de classes texturais diferentes possibilitaram os mesmos resultados em HPA aos seis meses, e DAP e HPA aos treze meses, diferentemente do que observaram Souza et al. (2006) em três regiões da Bacia do Rio Doce, MG. Possivelmente, além da influência do material genético, que pode afetar na absorção, fazendo com que as exigências nutricionais do eucalipto variem entre espécies (Barros et al., 1990), e dentro de uma mesma espécie, entre procedências (Novais et al., 1990), também devido ao fato de que não houve diferença na retenção de água de um solo em relação ao outro (Tabela 11). Na profundidade de 1 m, obteve-se que no solo arenoso a disponibilidade de água foi de 163 mm m^{-1} de solo e para o solo argiloso foi de $116,2 \text{ mm m}^{-1}$ de solo (Tabela 12).

TABELA 10: Resultados médios das alturas e dos diâmetros das árvores de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, aos treze meses de idade, em função do manejo hídrico, para os tipos de substratos e solos.

TABLE 10: Average results of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* heights and diameter, at thirteen months, due water management for the substrates and soils.

Manejo hídrico de viveiro	Altura (m)							
	Tipo de substrato				Tipo de solo			
	CAC	PLX	D.M.S.	C.V.	textura arenosa	textura argilosa	D.M.S.	C.V.
F1	4,01 Bb	4,68 A	0,52	10,72	4,37	4,32	0,52	10,72
F2	4,08 ab	4,56	0,65	13,45	4,29	4,35	0,65	13,45
F3	4,40 ab	4,28	0,49	10,17	4,41	4,28	0,49	10,17
F4	4,42 ab	4,29	0,49	10,16	4,41	4,30	0,49	10,16
FD	4,66 a	4,48	0,33	6,53	4,75 A	4,40 B	0,33	6,53
D.M.S.	0,60	0,78						
C.V.	9,68	12,04						
Diâmetro (m)								
F1	3,23 Bb	4,00 A	0,68	16,91	3,74	3,48	0,68	16,91
F2	3,30 b	3,98	0,78	19,13	3,53	3,75	0,78	19,13
F3	3,63 ab	3,53	0,58	14,48	3,60	3,56	0,58	14,48
F4	3,76 ab	3,64	0,61	14,87	3,77	3,64	0,61	14,87
FD	4,08 a	3,89	0,46	10,42	4,10	3,87	0,46	10,42
D.M.S.	0,68	1,00						
C.V.	12,97	18,23						

D.M.S.: Diferença mínima estatística do Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$); C.V.: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas iguais na mesma linha, para os substratos e, maiúsculas iguais na mesma linha para os solos, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

TABELA 11. Média dos resultados da retenção de água nos dois solos.

TABLE 11: Average values for the soil water retention.

Tensão	Umidade do solo a base de volume (%)	
	Textura arenosa	Textura argilosa
Saturado	46,80	66,67
- 0,01 MPa	23,12	34,54
- 0,03 MPa	22,33	33,14
- 0,05 MPa	20,70	31,42
- 0,1 MPa	19,07	28,41
- 0,3 MPa	15,51	25,00
- 0,5 MPa	9,26	23,14
- 1,5 MPa	6,82	22,92
Densidade global (g cm^{-3})	1,40	0,95
Água disponível (mm m^{-1} solo)	163	116,2

CONCLUSÃO

Os diferentes substratos e manejos hídricos de viveiro, envolvendo rusticidade de mudas, não influenciaram no crescimento em altura e diâmetro da floresta aos seis e aos treze meses de idade, tanto no solo arenoso, como no solo argiloso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 270-283.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, Viçosa, 1990, p. 127-186.

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

COUTO, L. Cultivation and production of eucalypts in South América: with special reference to the leaf oils. In: **Eucalyptus – The Genus Eucalyptus**. COPPEN, J. J. W. Ed. Taylor & Francis. London, 2002, p. 239-250.

GAVA, J. L. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suave-onduladas. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF, Piracicaba, 2002, p. 223-243.

GONÇALVES, J. L. de M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos Florestais**. Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. de M.; RAIJ, B.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas & Fundação IAC, 1996. p. 245-259.

GRUBER, Y. B. G. Otimização da lâmina de irrigação na produção clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* var. *Plathyphylla*). 2006. 144 f. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LOPES, J. L. W. Qualidade de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. 2008. 171 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

NEVES, J. C. L. Doses e modos de localização dos nutrientes em recipientes contendo volumes variáveis de substrato. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Editora da UFV: Viçosa, 2004. Palestra não disponibilizada.

NOVAIS, R. F. O eucalipto, felizmente existe. 2006. Disponível em: <
http://www.reflore.com.br/exibe.php?id=52&cod_editorial=2&url=noticias.php&pag=0&busca=>.

Acesso em 09 de abril de 2007.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Editora Folha de Viçosa, Viçosa, p. 25-98, 1990.

PEREIRA, M. R. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus sp.* W. (Hill ex Maiden) submetidas a diferentes níveis de água no solo. 2006. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

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

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

SILVA, M. R. da. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação. 1998. 105 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. da. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). 2003. 100 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, W. da.; SILVA, A. A. da.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, R. S. de. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 24, n. 1, jan-mar 2000. p. 147-159.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 399-410, 2006.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**. Netherlands, n. 22, p. 19-41, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: - **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. SANTAREM, E. R. et al. Tradutores. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, p. 613-641, 2004.

ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. **Anais do 1 Seminário Sobre Cultivo Mínimo do Solo Em Florestas**, Curitiba, 1995. CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF: Curitiba, 1995, p. 65-72.

5. CONCLUSÕES

Os resultados das pesquisas realizadas com o híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* nas fases de viveiro e campo possibilitam as conclusões a seguir.

Os dois substratos avaliados, CAC e PLX, e o manejo hídrico por subsuperfície aplicado durante a fase de rustificação das mudas, através de cinco diferentes frequências diárias de irrigação não influenciaram, de modo geral:

- a transpiração diária e o número de estômatos;
- os níveis de estresse hídrico em campo e demais fatores abióticos e bióticos levantados aos 15 e aos 30 dias após o plantio, que por sua vez, afetaram significativamente a sobrevivência indicando a necessidade de replantio nos dois solos (argiloso e arenoso);
- o desenvolvimento da floresta, aos seis e aos treze meses de idade, nos dois solos em que as mudas foram plantadas;

Os substratos e o manejo hídrico influenciaram significativamente:

- as características morfológicas e nutricionais das mudas;
- o potencial hídrico foliar e
- a resistência estomática.

O substrato CAC mostrou-se ligeiramente superior ao PLX para os macronutrientes e micronutrientes avaliados, embora o aumento da frequência de irrigação (para ambos os substratos) não tenha possibilitado teores e acúmulos crescentes nos diferentes órgãos das plantas. Às mudas produzidas nos dois substratos foi atribuído alto padrão de qualidade morfológica e nutricional.

Dessa maneira, conclui-se que o período conhecido como de rustificação de mudas em viveiro não é suficiente para aclimatá-las por meio do manejo hídrico, de modo a possibilitar maior resistência em campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M.; MARTINEZ-HERRERO, M. D.; MARTINEZ-GARCIA, P. F.; MARTINEZ-CORTS, J. Evaluación agronômica de los sustratos de cultivo. I Jornadas de Sustratos. **Actas de Horticultura**, n. 11, 1992, p. 141-154.

ABRAF. **Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Florestas Plantadas 2007 – Ano Base 2006**. Brasília, 81 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/anuario-ABRAF-2007.pdf>>. Acesso em 09 de abril de 2007.

ABREU, M. F. de. Legislação de substratos para plantas. **Anais do V Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Ilhéus, 2006. Ceplac/Cepec. Ilhéus, 2006, p. 75-77.

ABREU, M. F. de.; ABREU, C. A. de.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Campinas, 2002. Documentos IAC, 70. Campinas: IAC, 2002, p. 17-28.

ALVARENGA, R. C., et al. Efeitos do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 107-114, 1994.

ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. SAMPAIO, A. N.; HOMEM, V. P.; MORAES, L. A. de; PINHEIRO, G. L., LADISLAU, G.; GUIMARÃES, R. F.; BARRETO, P. C.; CAVALCANTI, G. R. A. Eds. Impresso nas oficinas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro – Jundiaí, SP. São Paulo, 1961, 667 p.

ANSORENA MINER, J. **Sustratos: Propiedades y caracterización**. Mundi-Prensa, Madrid, España, 1994. 172 p.

BARROS, N. F. de.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 270-283.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação de eucalipto. Informe agropecuário. **Epamig**. Belo Horizonte, v. 18, n. 186, 1997, p. 70-75.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. Eds. **Nutrition of the Eucalypts**. Collingwood. CSIRO Publishing, 1995. p. 335-356.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo – eucalipto**. Editora Folha de Viçosa, Viçosa, 1990. 430 p.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, Viçosa, 1990, p. 127-186.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. **Anais do IV Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa: UFV, 2004, p. 106-157.

BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Campinas, 2002. Documentos IAC, 70. Campinas: IAC, 2002, p. 7-15.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7^a ed. UFV, Viçosa, 2005. 611 p.

BERTOLA, A. **Eucalipto – 100 anos de Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc403.pdf>>. Acesso em: 04 de janeiro de 2008.

BERTOLANI, F. **Plantio irrigado de pinus na CAFMA**. Informação verbal - contato telefônico em 03 de dezembro de 2007.

BOOMAN, J. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. **Anais do I Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Porto Alegre, 2000. Gênese, Porto Alegre, 2002, p. 23-42.

BRASIL - Diário Oficial da União. Ministério da Agricultura. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. **Métodos oficiais**. Brasília, 110 p., 1988.

BRASIL - Diário Oficial da União. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa N° 27, de 5 de junho de 2006**. Disponível em: <ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe_eletronico/2006/iels.julho.06/iels124/U_IN-MAPA-SDA-27_050606.pdf>. Acesso em: 24 de novembro de 2007.

BRASIL – Diário Oficial da União. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2004. **Decreto Lei nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 - Instrução Normativa n. 14, de 15 de dezembro de 2004**. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/seab/in_14_04_anexo.pdf#search=%22instru%C3%A7%C3%A3o%20normativa%20substratos%22. html>. Acesso em 26 de setembro de 2006.

CAMPOS, S. L. Substratos à base de casca de pinus para produção de mudas. **Anais do Seminário Técnico-Científico Sobre Viveiros Florestais, 2**. IPEF. 2007. Piracicaba. CD-ROM.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de mudas florestais**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1995. 451 p.

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

CARVALHO, C. M.; SILVA, C. R. Determinação das propriedades físicas de substrato. **Notas**

de aulas práticas. 1992, 6 p. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

CAVINS, T. J.; WHIPKER B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet** / NCSU, Raleigh, n. 590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em: 10/10/2007.

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

CHAVES, R. **Plantio irrigado de eucalipto na DURATEX.** Informação verbal - contato telefônico em 15 de janeiro de 2008.

COUTO, L. Cultivation and production of eucalypts in South América: with special reference to the leaf oils. In: ***Eucalyptus – The Genus Eucalyptus.*** COPPEN, J. J. W. Ed. Taylor & Francis: London, 2002, p. 239-250.

COUTO, L.; MÜLLER, M. D.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A. **Florestas plantadas para energia. Aspectos técnicos, sócio econômicos e ambientais.** 2002. Disponível em: <http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Couto.pdf>. Acesso em 03 de janeiro de 2008.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding.** New York: Calendron Press; Oxford University Press, 1994, 287 p.
em: <<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc403.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2007.

EMBRAPA. **Florestas – Brasil é referência mundial em eucalipto. 2004.** Disponível em: <http://www.embrapa.br/linhas_de_acao/temas_basicos/florestas/florestas_2/mostra_documento>. Acesso em 17 de maio de 2007.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Campinas, 2002. Documentos do Instituto Agrônômico, n. 70, p. 29-37, 2002.

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

FERREIRA, F. A. Relatório de viagem técnica a empresa Duraflora S/A para inspeções fitopatológicas de 06 a 10/03/95. **Duratex S.A. – Unidade de Agudos – Cedoc**. Agudos, não paginado, 1995.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil**. Mogi Guaçu, SP: International Paper, 2002, 98 p.

FERREIRA, M. Melhoramento e silvicultura clonal. **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 22-30, 1992.

FOELKEL, C. E. B. Visão e ação: complementos mais que necessários ao setor de base florestal. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, Set-Nov, 2007, p. 58 -59.

FONTENO, W. C. Substrates in horticulture. **Acta Horticulture**, v. 342, p. 93-122. 1993.

FREITAG, A. S. Freqüências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotti* em viveiro. 2007. 60 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GAVA, J. L. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suavemente onduladas. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF, Piracicaba, 2002, p. 223-243.

GOLDSTEIN, G. A.; ANDRADE, J. L.; MEINZER, F. C.; HOLDBROCK, N. M.; CAVALIER, J.; JACKSON, P.; CELIS, A. Stem water storage and diurnal patterns of water use in tropical forest trees. **Plant Cell and Environment**, Oxford, n. 21, p. 397-406, 1997.

GOMES, J. L.; SILVA, A. R. da. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa, p. 190-225, 2004.

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

GONÇALVES, J. L. de M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. **Anais do I Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas**, Curitiba, 1995. CNPFlorestas/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF, Curitiba, p. 43-60, 1995.

GONÇALVES, J. L. de M. **Fertilidade e manejo de solos florestais** - LCF 5723. 2005. Disponível em: [http://lcf.esalq.usp.br/lea/lcf5723/Mat%C3%A9ria%20Org%C3%A2nica,%20parte%203%20\(Cultivo%20M%C3%ADnimo\).pdf](http://lcf.esalq.usp.br/lea/lcf5723/Mat%C3%A9ria%20Org%C3%A2nica,%20parte%203%20(Cultivo%20M%C3%ADnimo).pdf). Acesso em 05 de janeiro de 2008.

GONÇALVES, J. L. de M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos Florestais**. Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. de M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. **Resumos do 13 Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**, 13, 1996, Águas de Lindóia. Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 1- CD-ROM.

GONÇALVES, J. L. de M.; RAIJ, B.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas & Fundação IAC, 1996. p. 245-259.

GONÇALVES, J. L. de M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. **Anais do I Simpósio sobre Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba, 2000. IPEF, Piracicaba, p. 309-350, 2000.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 3-55.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 1- CD-ROM.

GONÇALVES, M. R. Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus* spp. sob dois regimes hídricos. Viçosa, 1992. 84 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

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

GOUVEA, C. F.; MORI, E. S.; BRASIL, M. A. M.; VALE, C. F.; BONINE, C. A. V. Seleção fenotípica por padrão de proporção de casca rugosa persistente em árvores de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, visando formação de população base de melhoramento genético: qualidade

da madeira. **Anais da Iufro Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts**, Salvador, 1997. Colombo: EMBRAPA, CNPFlorestas, v. 1. p. 335-360. 1997.

GRUBER, Y. B. G. Otimização da lâmina de irrigação na produção clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* var. *Plathyphylla*). 2006. 144 f. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

GRUSZYNSKI, C. Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas. 2002. 99 p. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia - Horticultura), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 191-217.

Home Page: WIKIPEDIA. Texto: Etimologia dos nomes dos países. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Etimologia_dos_nomes_dos_pa%C3%ADses>. Acesso em 27 de maio de 2008.

IKEMORI, Y. K.; CAMPINHOS JÚNIOR., E. Produção de sementes de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* por polinização aberta - Resultados preliminares. **Anais do 4 Congresso Florestal Brasileiro**, Belo Horizonte, 1982. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura v. 8, n. 28, p. 306-308, 1983.

ISMAEL, J. J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN). 2001. 106 p. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

JORNAL JÁ. **Notícias sobre a cultura do eucalipto no RS.** Disponível em: < http://www.jornalja.com.br/especial_detalhe.php?id=171&cat=9>. Acesso em 26 de novembro de 2007.

KÄMPF, A. N. Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substratos no Brasil. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa: Editora da UFV, p. 3-10, 2004.

KÄMPF, A. N. O estado da arte na pesquisa sobre substrato para plantas. **Anais do V Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Ilhéus, 2006. Ceplac/Cepec, Ilhéus, p. 93-96, 2006.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais.** Agropecuária: Guaíba, 2000b. 254 p.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. **Anais do I Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Porto Alegre, 2000. Porto Alegre: Genesis:, p. 139-146, 2000a.

KLAR, A. E. **A Água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel, 1984, 408 p.

KLAR, A. E. Evapotranspiração. In: **_. A água no sistema solo-planta-atmosfera.** 2ed. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

KLAR, A. E. **Irrigação – Frequência e quantidade de aplicação.** Nobel. São Paulo, 1991. 156 p.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Evolution and agricultural water user. In: - **Water relations of plant and soils.** San Diego: Academic Press, 1995. p. 377 – 405.

LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: - **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Editora Rima, 2000, p. 341-430.

LIMA, P. C.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de.; MOSQUIM, P. R. Alterações na absorção e distribuição de nutrientes minerais em plantas de *Eucalyptus* spp submetidas à deficiência hídrica no solo. IN: Conferência IUFRO sobre silvicultura e melhoramento de eucaliptos. **Anais...** Salvador: EMBRAPA, 1997. p. 38-45.

LIMA, P. C.; BARROS, N. F. de; REIS, G. G.; MOSQUIM, P. R. Alterações morfológicas, fisiológicas e participação de matéria seca em mudas de *Eucalyptus* spp submetidas à deficiência hídrica no solo. In: **IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypt**, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, 1997b. p. 30-37.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 301 p.

LOPES, J. L. W. Qualidade de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. 2008. 171 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

LOPES, J. L. W. Efeitos de diferentes substratos na qualidade e no ciclo de produção de mudas de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. 2002. 76 p. **Monografia** (Especialização em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2002.

LOPES, J. L. W. Irrigação em viveiros de espécies florestais. **Anais do 2 Seminário Técnico-Científico Sobre Viveiros Florestais**, Piracicaba, setembro de 2007. IPEF. Piracicaba, 2007. CD-ROM.

LOPES, J. L. W. Irrigação em viveiros de espécies florestais. **Anais do 1 Curso de Produção de Mudas Florestais**, Botucatu, 2006. Meta Ambiente – Consultoria & Serviços Florestais Ltda: Botucatu, abril, 2006. CD-ROM.

LOPES, J. L. W. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. 2004. 100 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia-Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

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

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 97-106, 2005.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 31, p. 713-722, 2007.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil – madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1992, 368 p.

LUDLOW, M. M. Adaptative significance of stomatal responses to water stress. In: TURNER, N. C. & KRAMER, P. J., eds. **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York, John-Wiley, 1980. p. 123-138.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L. de; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005.

MAIA, J. da S. **Plantio irrigado de pinus na CAFMA**. Informação verbal - contato telefônico em 27 de novembro de 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, São Paulo, 1980, 251 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Potafós**, 2^a ed., Piracicaba, 1997. 315 p.

MALVESTITI, A. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa: Editora da UFV, p. 226-235, 2004.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal. Fotossíntese. Respiração. Relações Hídricas. Nutrição Mineral**. Viçosa: Editora da UFV, 2005. 451 p.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrientes. In: - **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 2 ed., San Diego – US, p. 229 –312, 1995.

MARTINEZ, P. F.; Manejo de sustratos para horticultura. 2002, **Documentos do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 70. p. 53-76, 2002.

MARTINI, A. J. O plantador de eucaliptos: A questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade. 2004. 320 f. **Dissertação** (Mestrado em História Social) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINS, F. B. Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith). 2007. 73 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MC DONALD, S. E., RUNNING, S. W. Monitoring irrigation in western forest tree nurseries. In: LANDIS, T.D. et al. **Seedling nutrition and irrigation – the container tree nursery manual**. USDA – Forest Service. Handbook 674, v. 4, p. 1 – 8, 1988.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4 ed.; Bern: International Potash Institute, 1987, 687 p.

MINAMI, K. Adubação em substrato. **Anais do I Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Porto Alegre, 2000. Gênese: Porto Alegre, p. 147-152, 2000.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade**. São Paulo, T. A. Queiroz, 1995. 135 p.

MIRANDA, S. C de.; RIBEIRO, R. de L. D.; RICCI, M. dos S. F.; ALMEIDA, D. L. de. **Avaliação de substratos alternativos para a produção de mudas de alface em bandejas**. Comunicado Técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Agrobiologia, n. 24, p. 1-6, 1998. Disponível em <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/agri_org.html - 91k -. html>. Acesso em 26 de fevereiro de 2007.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. Verso e Reverso Comunicações. São Paulo, 2000, 112 p.

MÜLLER, J. J. V. Utilização de substrato na olericultura. **Anais do 1 Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Porto Alegre, 2000. Gênese: Porto Alegre, p. 159-162, 2000.

NEVES, J. C. L. Doses e modos de localização dos nutrientes em recipientes contendo volumes variáveis de substrato. **Anais do 4 Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Editora da UFV: Viçosa, 2004. Palestra não disponibilizada.

NEVES, J. C. L., GOMES, J. M., NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F., NOVAIS, R. F. Ed. **Relação solo – eucalipto**. Editora Folha de Viçosa, Viçosa, p. 99-126, 1990.

NOVAIS, R. F. O eucalipto, felizmente existe. 2006. Disponível em: <http://www.reflore.com.br/exibe.php?id=52&cod_editorial=2&url=noticias.php&pag=0&busca=>. Acesso em 09 de abril de 2007.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. F.; NEVES, J. C. L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, p. 29-37, 1982.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Editora Folha de Viçosa, Viçosa, p. 25-98, 1990.

OLIVEIRA, A. C. de. Pontos-chave na eucaliptocultura brasileira. **Revista Opiniões**. Ribeirão Preto. Set-Nov 2007, p. 36.

OLIVEIRA, A. C. **Floresta plantada: Um caminho para o desenvolvimento sustentável**. Set-Nov, 2006. Disponível em: (<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao005/Artigos/Artigo005-22-G.htm>) > Acesso em: 03 de agosto de 2007.

OLIVETTI NETO, A. **Qualidade de Cavacos de Eucalipto para Obtenção de Celulose Kraft**. 2007. Disponível em: em: <<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc403.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2007.

PACHECO, M. **A contribuição da floresta plantada em nossas vidas**. Set-Nov., 2006. Disponível em: (<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao005/Artigos/Artigo005-09-G.htm>) > Acesso em 03 de agosto de 2007.

PEREIRA, M. R. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus sp.* W. (Hill ex Maiden) submetidas a diferentes níveis de água no solo. 2006. 69 p. **Dissertação**

(Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. 2 ed. Berne, International Potash Institute, 1990. 363 p.

PRYOR, L. Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 213, p. 53 -59, 1971.

QUEIROZ, L. R. de S.; BARRICHELO, L. E. G. **O eucalipto – Um século no Brasil**. 1ª ed. Neoband Soluções Gráficas, São Paulo, 2007. 127 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2001. 906 p.

RAWAT, P. S.; GUPTA, B. B.; RAWAT, J. S. Transpiration as affected by soil moisture in *Eucalyptus tereticornis* seedlings. **Indian Forester**, Dehra Dun. v. 110, n. 1, p. 35-39, 1985.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990, 188 p.

REIS, G. G.; M. das G. F.; Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica do IPEF**. Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, maio 1997.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. **Anais do 1 Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal**, 1993, Belo Horizonte. SIF: Viçosa, p. 161-172, 1993.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. da C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. N.; OLIVEIRA, C. H. R. de. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus spp* submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 921-931, 2006.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Sci.**, 68:95-112, 1949.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. **Anais do I Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, 2000, Porto Alegre. Gênese: Porto Alegre, p. 209-215, 2000.

RUBIRA, J. L. P.; BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales en contenedor**. Centro de Publicaciones, Madrid, España, 1996, 189 p.

RUSCHI, A. **Estão plantando um deserto**. 1974. Disponível em: <<http://www.domaine.com.br/index.php?x=impressoes&codigo=2>> Acesso em 26 de janeiro de 2008.

RUY, O. F. Variação da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. 1998. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SANTANA, R. C.; REZENDE, J. A. Cultivo mínimo na reforma de povoamentos de *Eucalyptus* na Duratex. **Anais do 1 Seminário Sobre Cultivo Mínimo do Solo Em Florestas**, Curitiba, 1995. CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF: Curitiba, 1995, p. 63 -64.

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

SCHMITZ, J. A.; SOUZA, P. V. de.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 32, v. 6, p. 937- 944, 2002.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N.; CAMARGO, M. A. F. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 56, p. 69-82, 1999.

SILVA, C. R. da. Grupo Eucatex Agro. **Anais do 1 Curso de Produção de Mudanças Florestais**, Botucatu, 2006. Meta Ambiente – Consultoria & Serviços Florestais Ltda: Botucatu, abril, 2006. CD-ROM.

SILVA, J. C. Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 75, p. 1 -10, 2003.

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

SILVA, M. R. da. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação. 1998. 105 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. da. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). 2003. 100 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, W. da.; SILVA, A. A. da.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, R. S. de. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 24, n. 1, jan - mar 2000. p. 147-159.

SILVEIRA, R. L. V. A. Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações de nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

cultivadas em solução nutritiva. 2000. 169 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**. GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Eds. IPEF. Piracicaba, 2000, p. 79-104.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Potafós**, Piracicaba, n. 12, p. 1–32, 2001.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Potafós**, Piracicaba. Informações Agrônomicas, n. 91 – setembro 2000. Encarte técnico.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SOUZA, J. A. Evolução do cultivo mínimo na Bahia Sul Celulose S. A. 1995. **Anais do 1 Seminário Sobre Cultivo Mínimo do Solo Em Florestas**, Curitiba, 1995. CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF: Curitiba, 1995, p. 61-62, 1995.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 399-410, 2006.

STAPE, J. L. A pesquisa silvicultural e a visão socioambiental são imprescindíveis para os novos clusters florestais. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto. Dez-07/fev-08, p. 37, 2008.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**. Netherlands, n. 22, p. 19-41, 2001.

STONEMAN, G. L.; TURNER, N. C.; DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-grown *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. **Tree Physiology**. Victoria-Canada, v. 14, p. 633-646, 1994.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Fisiologia do Estresse. In: – **Fisiologia Vegetal**. 3.ed., 2002. p. 613-654.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Water and plant cells. In: - **Plant Physiology**, 2 ed. Stunder Massachusetts: Sinauer Associates, p. 61 – 80, 1998.

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

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

TAVEIRA, J. A. M. O manejo de substratos na produção de hortaliças e flores. **Anais do Seminário Internacional de Cultivo Protegido – Hortitec 2000**, Holambra. Flortec: Holambra, 2000, p. 1 – 10.

TEIXEIRA, P. C.; LEAL, P. G. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Nutrición potássica y relaciones hídricas em plantas de *Eucalyptus* spp. **Bosque**, Valdivia, v. 16, n. 1, p. 61-68, 1995.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 64. p. 150-162. 2003.

VILLELA FILHO, A. **Silvicultura: Benefícios cada vez maiores**. Set-nov, 2006. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao006/Artigos/Artigo006-08-G.html>> Acesso em: 03 de agosto de 2007.

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

WILCKEN, C.F. Danos de cupins subterrâneos *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) em plantios de *Eucalyptus grandis* e controle com inseticidas no solo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, 21(3): 329-338. 1992.

ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. **Anais do 1 Seminário Sobre Cultivo Mínimo do Solo Em Florestas**, Curitiba, 1995. CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF: Curitiba, 1995, p. 65-72.

ZHANG, J.; DAVIES, W. J. Sequential response of whole plant water relations to prolonged soil drying and the involvement on xylem sap ABA regulation in the regulation of stomatal behavior of sunflower plants. **New Phytologist**, London, v. 113, p. 167-174. Oct. 1989.

ZUFFELLATTO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Imprensa Universitária da UFPR, Curitiba, 2001, 39 p.

ANEXOS

7.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO

1ª FASE DE VIVEIRO



Coleta das estacas



Estaquia



Enraizamento



Casa de sombra



Crescimento

2ª FASE DE VIVEIRO



Mudas no substrato CAC



Mudas no substrato PLX



Mudas nos substratos: 1º plano PLX (tom avermelhado); 2º plano CAC (tom verde)

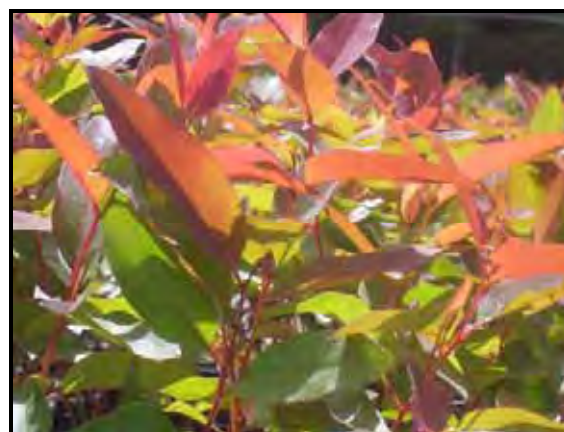


Reservatórios para irrigação por subsuperfície

EFEITOS DO MANEJO HÍDRICO NA FASE DE VIVEIRO



Mudas no substrato CAC – após manejo F1



Mudas no substrato PLX – após manejo F1



Mudas no substrato CAC, manejo FD



Mudas no substrato PLX, manejo FD

AVALIAÇÕES REALIZADAS PRÉ PLANTIO



Sobrevivência



Resistência estomática



Consumo de água - peso



Transpiração – método das pesagens



Potencial hídrico



Nº. de estômatos - impressão da epiderme foliar

PLANTIO



Solo arenoso



Solo argiloso

IRRIGAÇÃO



Solo arenoso



Solo argiloso

LEVANTAMENTO DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS



Formigas cortadeiras



Danos causados por cupim



Deriva de herbicida glyfosate



Anelamento por fungo



Déficit hídrico



Dano mecânico



Dano por tatu



DESENVOLVIMENTO DA FLORESTA AOS 6 MESES DE IDADE



Solo arenoso



Solo argiloso

DESENVOLVIMENTO DA FLORESTA AOS 13 MESES DE IDADE



Solo arenoso



Solo argiloso

7.2 DADOS METEREOLÓGICOS

Tabela 1. Dados pluviométricos para os municípios de Guará e Patrocínio Paulista, para o período de dezembro de 2005 a fevereiro de 2006.

Dia	Patrocínio Paulista			Guará	
	Dezembro 2005	Janeiro 2006	Fevereiro 2006	Janeiro 2006	Fevereiro 2006
Precipitação em mm					
1	14,0	28,0	0,2	40	20,0
2	9,5	13,7	0,3	10	2,5
3	36,5	24,5	0,0	15	0,0
4	0,0	10,0	76,8	35	11,0
5	0,0	58,0	0,0	64	0,0
6	3,2	36,5	0,0	13,5	0,0
7	5,4	6,0	0,0	12,0	0,0
8	11,0	0,2	0,0	7,0	0,0
9	9,0	6,8	27,8	2,5	0,0
10	9,0,0	0,0	0,0	0,0	49,0
11	42,8	0,0	27,8	0,0	17,0
12	27,8	0,0	13,3	0,0	100,0
13	13,7	0,0	54,7	0,0	2,0
14	1,0	0,0	19,8	0,0	0,0
15	0,6	0,0	1,0	0,0	52,0
16	0,8	0,0	63,7	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,3	1,5	0,0
18	9,2	0,0	13,7	0,0	0,0
19	13,8	25,7	0,0	5,0	0,0
20	4,1	0,0	0,0	0,0	1,0
21	1,2	0,0	0,8	0,0	37,0
22	0,4	0,0	43,0	0,0	49,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0
24	16,7	0,0	19,0	0,0	7,5
25	1,8	0,0	0,0	4,5	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
27	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0
28	0,0	21,0	2,4	41,0	0,0
29	0,0	40,7		24,0	
30	0,0	38,3		3,0	
31	0,0	0,0		0,0	
Total	213,5	313,7	364,6	282,0	370,0

Sendo que:

1- Estes dados não refletem a condição real de cada local de plantio. Foram coletados nas unidades da Cooperativa dos Agricultores da Região de Orândia Ltda (CAROL), SP.

2- Os valores de precipitação, destacados em negrito, indicam a não ocorrência de chuva nos locais dos testes.

3- Datas relativas às fases experimentais:

27/12/2005 - Início dos tratamentos de viveiro.

21/01/2006 - Plantio na área de solo arenoso.

22/01/2006 - Plantio na área de solo argiloso.

26/01/2006- 2ª irrigação do plantio.