

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM**

**ANDREZZA MARA MARTINS GANDINI**

**PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E DA NUTRIÇÃO DE MUDAS  
CLONAS DE *Eucalyptus urophylla* POR FUNGOS  
ECTOMICORRÍZICOS EM VIVEIRO COMERCIAL**

**DIAMANTINA - MG**

**2011**

**ANDREZZA MARA MARTINS GANDINI**

**PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E DA NUTRIÇÃO DE MUDAS  
CLONAS DE *Eucalyptus urophylla* POR FUNGOS  
ECTOMICORRÍZICOS EM VIVEIRO COMERCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:  
Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti

**DIAMANTINA - MG**

**2011**

ANDREZZA MARA MARTINS GANDINI

**PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E DA NUTRIÇÃO DE MUDAS  
CLONAS DE *Eucalyptus urophylla* POR FUNGOS  
ECTOMICORRÍZICOS EM VIVEIRO COMERCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 25 / 02 / 2011

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM

Prof. Dr. Márcio José Rossi - UFSC

Profa. Dra. Maria Catarina Megumi Kasuya - UFV

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti – UFVJM  
Orientador

DIAMANTINA - MG

2011

*DEDICO*

*Aos meus pais, Gilberto e Marta, a minha irmã Elizzandra e aos meus avós.  
E a todas as pessoas que tornaram possível a conclusão desta pesquisa.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao professor Paulo Henrique Graziotti pela orientação, mas acima de tudo, pelos ensinamentos diários que me proporcionou durante esses anos de convivência.

Ao professor Márcio José Rossi da UFSC, pelo fornecimento dos inoculantes e pelo apoio na execução do projeto.

À Empresa Acelor Mittal pela infra-estrutura necessária para a condução do experimento.

Aos professores Enilson e Cunha, pelo auxílio nas análises estatísticas.

A minha irmã Elizzandra, pelo apoio e auxílio na execução das análises.

A Danielle e aos alunos do grupo de estudo em Microbiologia do Solo, pela amizade e convivência.

Aos professores do Curso de Mestrado em Produção Vegetal, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Aos colegas do Mestrado em Produção Vegetal, pela amizade e convivência.

A todos os professores que passaram pela minha vida e que contribuíram para a minha formação pessoal e acadêmica.

Aos meus pais que mesmo distante, sempre estiveram presentes.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

GANDINI, A.M.M. **Promoção do crescimento e da nutrição de mudas clonais de *eucalyptus urophylla* por fungos ectomicorrízicos em viveiro comercial.** 2011. 32p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

A utilização dos fungos ectomicorrízicos (FEM) em plantios comerciais de eucalipto melhora a adaptação das mudas no campo e permite um uso mais eficiente de fertilizantes. A eficiência de doses de inoculante de FEM em promover o crescimento, a absorção de nutrientes, a colonização ectomicorrízica e a qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* foi avaliada em condições de viveiro comercial. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, com quatro doses de inoculante composto de micélio vegetativo incluso em gel de alginato de cálcio (0, 5, 10 e 15 cápsulas) dos FEM *Amanita muscaria* isolado UFSC-Am161, *Elaphomyces anthracinus* (*Cenococcum geophilum*) isolado Amance, *Pisolithus microcarpus* isolado ITA-06 e *Scleroderma areolatum* isolado UFSC-Sc129, mais um controle não inoculado com 100 % da adubação de substrato, com quatro repetições. Os FEM, em geral, promoveram maior diâmetro do coleto, altura da parte aérea, massa seca da parte aérea, colonização ectomicorrízica, teores e conteúdos foliares de N, P e K nas mudas clonais de eucalipto. O melhor crescimento e colonização foram observados na maior dose de inoculante e os maiores teores e conteúdo de P, N e K na dose de 10 cápsulas de inoculante. O índice de qualidade de Dickson não foi influenciado pelos diferentes fungos e doses de inoculante. As mudas clonais de eucalipto inoculadas pelos FEM e crescidas com a metade da adubação de substrato, apesar de menor produção de massa seca, apresentaram teores e conteúdos de P e N e teor de K maiores ou iguais àquelas crescidas com a adubação de substrato completa e não inoculadas. Apresentaram, assim, qualidade suficiente para o transplântio aos 90 dias.

**Palavras-chave:** Ectomicorriza, conteúdo de nutrientes, teor de nutrientes, colonização ectomicorrízica, qualidade de mudas

#### ABSTRACT

GANDINI, A.M.M. 2011. **Promotion of growing and nutrition of clonal *Eucalyptus urophylla* seedling by ectomycorrhizal fungi in commercial plant nursery.** 2011. 32p.

Dissertation (Masters in Vegetable Production) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Diamantina, 2011.

The use of ectomycorrhizal fungi (EMF) in commercial plantation of eucalyptus improves the adaptation of seedlings in farm and allows a more efficient use of fertilizers. The efficiency of doses of inoculant of EMF to promote growth, nutrients absorption, ectomycorrhizal colonization and clonal seedlings quality of *Eucalyptus urophylla* in commercial plant nursery were assessed on this study. The crop fertilization of the substrate of production of seedling was reduced at 50 per cent to avoid inhibitory effect of crop fertilization on ectomycorrhizal colonization. The experiment was made in completely randomized design in 4x4-factorial scheme, with four doses of inoculum compounded with vegetal mycelium impregnated by calcium-alginate gel (0, 5, 10 and 15 capsules) of EMF *Amanita muscaria* isolated UFSC-Am161, *Elaphomyces anthracinus* (*Cenococcum geophilum*) isolated Amance, *Pisolithus microcarpus* isolated ITA-06 and *Scleroderma areolatum* isolated UFSC-Sc129, plus a non-inoculated control with a hundred per cent of fertilization of the substrate with four repetitions. The EMF, in general, promoted bigger diameter of the base, height of aerial part, dry matter of aerial part, ectomycorrhizal colonization, concentration and leaf content of N, P and K on clonal seedling of eucalyptus. The best growth and colonization were observed at the highest dose of the inoculant and the highest levels and contents of P, N and K at a dose of 10 capsules of inoculant. The Dickson Quality Index was not influenced by different fungi and doses of inoculum. The clonal eucalyptus seedling inoculated by the EMF and that was grown with half substrate fertilization, despite of less production of dry matter, show concentration and content of P and N and concentration of K bigger or equal to those seedling that was grown with the fertilization of substrate of production of seedlings of complete and non-inoculated. They also submit sufficient quality for transplantation as early as 90 days.

**Keywords:** Ectomycorrhiza, nutrient content, ectomycorrhizal colonization, nutrient concentration, quality of seedlings

## LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 1	Índice de qualidade de Dickson de mudas clonais de <i>Eucalyptus urophylla</i> inoculadas por doses crescentes de inoculante de <i>Amanita</i>	10
----------	--	----

*muscaria*, *Elaphomyces anthracinus*, *Pisolithus microcarpus* e *Scleroderma areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.....

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diâmetro do coleto (a), altura da parte aérea (b), massa seca da parte aérea (c) e comprimento radicular colonizado médio (d) de mudas clonais de <i>Eucalyptus urophylla</i> inoculadas por doses crescentes de inoculante <i>Amanita muscaria</i> , <i>Elaphomyces anthracinus</i> , <i>Pisolithus microcarpus</i> e	8



*Scleroderma areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.....

Figura 2	Teores e conteúdos foliares de P (a, b), N (c, d) e K (e, f) em mudas clonais de <i>Eucalyptus urophylla</i> inoculadas por doses crescentes de inoculante de <i>Amanita muscaria</i> , <i>Elaphomyces anthracinus</i> , <i>Pisolithus microcarpus</i> e <i>Scleroderma areolatum</i> com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.....	11
Figura 3	Mudas clonais de <i>Eucalyptus urophylla</i> inoculadas por doses crescentes de inoculante de <i>Amanita muscaria</i> , <i>Elaphomyces anthracinus</i> , <i>Pisolithus microcarpus</i> e <i>Scleroderma areolatum</i> com 90 dias de crescimento em viveiro comercial (a) e torrões após a retirada dos tubetes (b).....	15

## SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii

	10
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	2
2 INTRODUÇÃO.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	4
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
5	
CONCLUSÕES.....	16
AGRADECIMENTOS.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
ANEXO .....	20

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui atualmente um déficit de 260 milhões de metros cúbicos por ano de madeira reflorestada. Toda esta madeira consumida vem de florestas nativas, uma vez que a estimativa de consumo do Brasil é de 350 milhões de metros cúbicos por ano. Para suprir toda essa madeira oriunda de florestas nativas, seria necessário o plantio de 8,7 milhões de hectares de florestas (ABRAF, 2010). Em 2009 o país reflorestou com eucalipto uma área de apenas 3,0 milhões de hectares. Em função do aumento da demanda por matéria-prima, do aumento na fiscalização sobre o uso de madeira proveniente de matas nativas e da dificuldade de expansão da área plantada por questões ambientais, faz-se necessário o estudo de tecnologias que possam aumentar a produtividade das florestas e reduzir o ciclo da cultura.

A inoculação com fungos ectomicorrízicos (FEM) pode ser uma tecnologia promissora, pois estes quando associados ao sistema radicular, beneficiam as plantas, principalmente quando estas crescem em solos de baixa fertilidade. Os FEM aumentam o volume de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente, as quantidades de nutrientes e de água absorvidos, contribuindo para o crescimento das florestas plantadas (Silva et al., 2007). A inoculação com FEM também auxilia no crescimento das mudas em viveiro, aumenta a sobrevivência das mudas de eucalipto no campo e aumenta a produtividade da floresta (Chen et al., 2006). A utilização dos FEM em viveiros também pode melhorar o aproveitamento dos fertilizantes usados permitindo a otimização dos mesmos e reduzindo a contaminação dos corpos d'água e do lençol freático.

A avaliação da qualidade de mudas no viveiro ainda não é bem definida (Gomes et al., 2002), um dos principais problemas é determinar quais são as características da planta que indicarão seu melhor desempenho no campo. O índice de qualidade Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960) é utilizado para avaliar a qualidade de mudas de eucalipto em viveiros e possui a característica de no seu cálculo utiliza-se diferentes variáveis.

Contudo, na literatura consultada não foram encontrados trabalhos em viveiros florestais utilizando inoculantes de FEM em mudas clonais de *Eucalyptus* sp., a maioria dos trabalhos sobre FEM tem sido feito em laboratório ou condições de casa de vegetação (Courty et al., 2010). Neste sentido o presente estudo objetivou avaliar a eficiência de doses de inoculante de fungos ectomicorrízicos em promover o crescimento, a absorção de nutrientes, a colonização ectomicorrízica e a qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* em condições de viveiro comercial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2009/ABRAF. Brasília, 120p. 2010.

CHEN, Y.L.; KANG, L.H.; MALAJCZUK, N.; DELL, B. Selecting ectomycorrhizal fungi for inoculating plantations in South China: effect of *Scleroderma* on colonization and growth of exotic *Eucalyptus globulus*, *E urophylla*, *Pinus elliottii*, and *P. radiata*. **Mycorrhiza**, Berlin, n.16, p.251-259, 2006.

COURTY, P.E.; BU'EE, M.; DIEDHIOU, A.G.; FREY-KLETT, P.; LE TACON, F.; RINEAU, F.; TURPAULT, M.P.; UROZ, S.; GARBAYE, J. The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes: new perspectives and emerging concepts. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, n.42, p.679-698, 2010.

DICKSON, A.; LEAF, A.L. & HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.**, Mattawa, n.36, p.10-13, 1960.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v.26, n. 6, p. 655-664, 2002.

SILVA, M.A.; COSTA, M.D.; ROCHA, R.B.; BORGES, A. C. Formação de ectomicorrizas por monócários e dicários de *Pisolithus* sp. e interações nutricionais em *Eucalyptus grandis*. **Rev. Bras. Ciênc. Solo.**, Viçosa, v.3, n.5, p.917-929, 2007.

## 2 INTRODUÇÃO

A associação simbiótica ectomicorrízica é comum em *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. cultivados em larga escala no Brasil. Contudo, é rara em viveiros florestais provavelmente devido aos altos níveis de adubação fosfatada e nitrogenada (Soares et al., 1990), e a utilização de substratos compostos de materiais inertes como vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco, o que os tornam desprovidos dos fungos ectomicorrízicos (FEM). Esses fungos conferem benefícios às plantas, como maior crescimento, aumento na absorção de nutrientes e maior resistência a estresses bióticos e abióticos (Marx e Cordell, 1989; Graziotti et al., 2003; Chen et al., 2006a; Aggangan et al., 2010). A utilização dos FEM em plantios comerciais de eucalipto, tem sido considerada uma alternativa para o uso mais eficiente de fertilizantes, tornando as mudas mais resistentes a patógenos e com maior sobrevivência quando transplantadas para o campo (Souza et al., 2006), principalmente em solos de baixa fertilidade onde, em geral, são instalados os povoamentos florestais no Brasil. Ainda assim, essa tecnologia não tem sido utilizada comercialmente no Brasil.

Com a inoculação de mudas seminais de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus globulus* com esporos de *Sclerotinia* spp. em condições controladas, observou-se uma colonização de até 100 % das raízes finas (Chen et al., 2006c). Os autores observaram aumentos na produção de massa seca total de até 1,6 vezes em mudas de *E. urophylla* e de 2,0 vezes em mudas de *E. globulus* em relação as mudas não inoculadas. A inoculação de *Chondrogaster angustisporus* UFSC-Ch163 e *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116 em mudas de *Eucalyptus dunnii*, em condições de casa de vegetação com baixa fertilização de P, aumentou o comprimento radicular colonizado, a absorção de P e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) (Souza et al., 2004). Contudo, estes resultados variam com a planta hospedeira, com as doses de inoculante e fertilizantes, com o isolado e, ou espécie de FEM utilizados (Garbaye, 1990; Sawyer et al., 2003; Chen et al., 2006c Oliveira et al., 2006). A inoculação de mudas de *E. dunnii* com *Pisolithus* sp. isolado UFSC-Pt24 crescido em uma mistura vermiculita-turfa-meio de cultura apresentaram maior porcentagem de colonização na maior dose de inoculante (10 % no substrato de produção de mudas), o aumento da altura (1,3x), diâmetro (1,4x) e MSPA (1,7 x) foi observado a partir de 3 % de inoculante no substrato de produção de mudas e os maiores conteúdos de P foram a partir de 1 % de inoculante (Alves et al., 2001).

A escolha das variáveis que avaliam a qualidade das mudas em viveiro ainda não é bem definida (Gomes et al., 2002). O índice de qualidade Dickson (IQD) vem sendo utilizado para avaliar a qualidade de mudas (Dickson et al., 1960), e sendo considerado como bom indicador, pois na sua interpretação é considerada a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de várias características importantes. Nesta avaliação não se deve utilizar características isoladas, pois, por exemplo a classificação

baseada apenas em altura, poderia indicar melhor qualidade para mudas com elevado crescimento em altura, com tendência ao tombamento no campo, ao passo que mudas menores, poderiam ser desprezadas (Fonseca et al., 2002). No entanto, o IQD é considerado um método destrutivo, tornando-se desinteressante para muitas empresas florestais por demandar custo e tempo. O IQD também não considera a porcentagem de colonização das raízes por fungos ectomicorrízicas, característica essa que pode propiciar maior adaptação e sobrevivência das mudas no campo, reduzindo o replantio de mudas no campo, operação esta com elevado custo.

Apesar de vários anos de estudos, a rotina de inoculação desses fungos em plantios comerciais não está estabelecida para as condições brasileiras. A falta de inoculantes ectomicorrízicos adequados no mercado é um dos principais fatores que contribuem para esta situação (Rossi et al., 2007). Além disto, na literatura consultada não foram encontrados trabalhos com a inoculação de FEM em viveiro comercial de mudas de eucalipto, sendo que a grande maioria dos trabalhos avaliam os efeitos da inoculação dos FEM em condições controladas, principalmente em casa de vegetação (Courty et al., 2010) e com mudas seminais (Alves et al., 2001; Souza et al., 2004; Chen et al., 2006c). Assim, faz-se necessário determinar as melhores combinações fungo-hospedeiro, doses de inoculante, substratos e doses de nutrientes mais adequados para mudas clonais produzidas em viveiros comerciais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de doses de inoculante de fungos ectomicorrízicos em promover o crescimento, a absorção de nutrientes, a colonização micorrízica e a qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* em condições de viveiro comercial.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um viveiro comercial de mudas clonais de *Eucalyptus* sp. no município de Itamarandiba – MG, com sede nas coordenadas geográficas 17,86 °S de latitude e 42,86 °W de longitude. A temperatura média anual do município é de 20,1 °C e o clima é tropical de altitude Cfa (Koppen) (Ministério de Minas e Energia, 2005).

Os inoculantes de FEM foram produzidos em meio de cultura líquido em biorreator *airlift* (Rossi et al., 2007) e posteriormente veiculados em cápsulas de 4 mm de gel de alginato de cálcio no Laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal de Santa Catarina, onde passaram por testes de viabilidade.

A adubação de substrato de produção de mudas do viveiro foi reduzida em 50 %, para evitar efeito inibitório desta sobre colonização ectomicorrízica. Assim, o experimento foi

realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, sendo: as doses 0, 5, 10 e 15 cápsulas de gel de alginato de cálcio contendo micélio vegetativo dos FEM: *Amanita muscaria* isolado UFSC-Am161; *Elaphomyces anthracinus* (*Cenococcum geophilum*) isolado Amance, na fase sexuada recebe o nome de *Elaphomyces anthracinus*; *Pisolithus microcarpus* isolado ITA-06 e *Scleroderma areolatum* isolado UFSC-Sc129, a parcela experimental foi composta por 40 mudas clonais do híbrido natural *Eucalyptus urophylla*, sendo consideradas úteis as 18 mudas centrais.

O substrato utilizado constou de uma mistura vermiculita-casca de arroz carbonizada-fibra de coco na proporção de 2:1:1 (v:v:v), fertilizada com 50 % da adubação de substrato de produção de mudas: 1.633 mg dm<sup>-3</sup> de P (MAP, 48 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); 59,5 mg dm<sup>-3</sup> de P (19N-06P-10K, Osmocote<sup>®</sup> produzido por ProduQuímica); 204,5 mg dm<sup>-3</sup> de Mg (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O); 1.413 mg dm<sup>-3</sup> de K (KCl); 653,1 mg dm<sup>-3</sup> de Ca (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O); 7,2 mg dm<sup>-3</sup> de Fe (Ferrilene<sup>®</sup> 6 % produzido por ValoAgro); 96,1 mg dm<sup>-3</sup> de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); 28,0 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O); 22,8 mg dm<sup>-3</sup> de Mn (MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O) e 98,4 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O).

Uma amostra do substrato de plantio foi coletada no viveiro e seca ao ar. Foi tomado uma subamostra e, passada em peneira de malha 2 mm de abertura, constituída de substrato fino seco ao ar para análises químicas (Silva, 2009). Em outra subamostra foi determinado o nitrogênio total pelo método de destilação Kjeldahl, conforme descrito pela Embrapa (1997). Para a obtenção do carbono orgânico foi utilizado o método de Walkley & Black (1934). A caracterização física do substrato foi porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade aparente e capacidade máxima de retenção de água (CMRA) e umidade, segundo metodologia proposta por Silva (1998). Obtendo-se o seguinte resultado para o substrato que recebeu metade da adubação: pH em água 7,3, C = 132,27 g kg<sup>-1</sup>, N = 6,10 g kg<sup>-1</sup>, P = 372,4 mg dm<sup>-3</sup>, K = 1.848 mg dm<sup>-3</sup>, Ca = 5,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg = 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Al = 0,1 mg dm<sup>-3</sup>, capacidade de troca de cátions efetiva = 11,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, capacidade de troca de cátions a pH 7 = 12,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, saturação de alumínio = 1 % e saturação por bases = 91 %, umidade a 65 °C = 40 %, porosidade total = 64,3 %, macroporosidade = 34,6 %, microporosidade = 29,7 %, e densidade aparente = 0,001 kg dm<sup>-3</sup>, CMRA = 18,1 mL cm<sup>-3</sup>.

Após a distribuição do substrato e das cápsulas de inoculante em tubetes com 55 cm<sup>3</sup>, as mini estacas de *Eucalyptus urophylla* foram plantadas. Inicialmente as bandejas foram para a casa de vegetação, onde permaneceram por 30 dias e foram fertirrigadas semanalmente a partir do 15º dia com a adubação de crescimento composta por: 127,0 mg dm<sup>-3</sup> de Ca (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O); 43,2 mg dm<sup>-3</sup> de P (Kristalon<sup>®</sup>, N6-P11-K36 produzido por Yara Brasil Fertilizantes); 529,7 mg dm<sup>-3</sup> de N ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Fe (Ferrilene<sup>®</sup> 6 %) e 100 mL m<sup>-3</sup> solução de micronutrientes (14,9 mg dm<sup>-3</sup> de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); 3,06 mg dm<sup>-3</sup> de Cu

( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ); 2,5 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Zn ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e 0,79 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Na ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Após este período, as mudas permaneceram por 10 dias sob sombrite na plataforma de aclimação e continuaram sendo fertirrigadas semanalmente com a adubação de crescimento. Em seguida o sombrite foi removido e as mudas receberam semanalmente mais três fertirrigações com a adubação de crescimento e posteriormente três fertirrigações com adubação de rustificação composta por: 63,5 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Ca ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 495 mg  $\text{dm}^{-3}$  de P (Kristalon<sup>®</sup>, N6-P11-K36); 523,5 mg  $\text{dm}^{-3}$  de K (KCl); 1,5 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Fe (Ferrilene<sup>®</sup> 6%) e solução de micronutrientes 100 mL  $\text{m}^{-3}$  (14,86 mg  $\text{dm}^{-3}$  de B ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ); 3,06 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Cu ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ); 2,55 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Zn ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e 0,793 mg  $\text{dm}^{-3}$  de Na ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). As mudas foram irrigadas diariamente e não receberam nenhum tipo tratamento fitossanitário.

Aos 90 dias mediu-se a altura da parte aérea e diâmetro do coleto das mudas, logo após as mudas foram cortadas rente ao tubete separando a parte aérea das raízes. As raízes foram lavadas em água corrente para a remoção do substrato, em seguida obteve-se uma amostra composta de raízes das mudas de cada parcela, que foram cortadas em aproximadamente 2 cm, e armazenadas em solução de formalina-aceto-álcool na proporção de 9:1:1 (v:v:v) para posterior determinação da porcentagem do comprimento radicular colonizado por FEM. O restante das raízes e a parte aérea foram secas até peso constante em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, para determinação da MSPA e MSR, esta última utilizada na determinação do IQD. Em seguida as folhas foram destacadas e pesadas para determinação da massa seca das folhas (MSF). As folhas foram moídas em moinho tipo “Wiley”, e depois digeridas em ácido nítrico-perclórico 2:1 (v:v) e determinado o teor de P por colorimetria e K por fotometria (Malavolta et al., 1997). O N foi determinado pelo método de Kjeldahl (destilação) após digestão sulfúrica. Os conteúdos foliares de N, P e K foram determinados a partir da massa seca foliar (MSF). A massa seca total usada no cálculo do IQD foi determinada somando a MSPA e MSR.

A porcentagem de comprimento radicular colonizado por FEM foi determinada pela técnica de contagem em placa reticulada (Giovanetti & Mosse, 1980).

Os dados de altura, diâmetro, e porcentagem do comprimento radicular colonizado foram transformados usando  $\ln(x+2)$ , por não seguirem distribuição normal e, ou serem inferiores a 30 %.

O índice de qualidade Dickson (IQD), foi determinado em função da massa seca total (MST), da altura da parte aérea (ALT), do diâmetro do coleto (DIAM), MSPA e da MSR (Dickson et al., 1960).

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\text{DIAM} \times \text{ALT}}$$



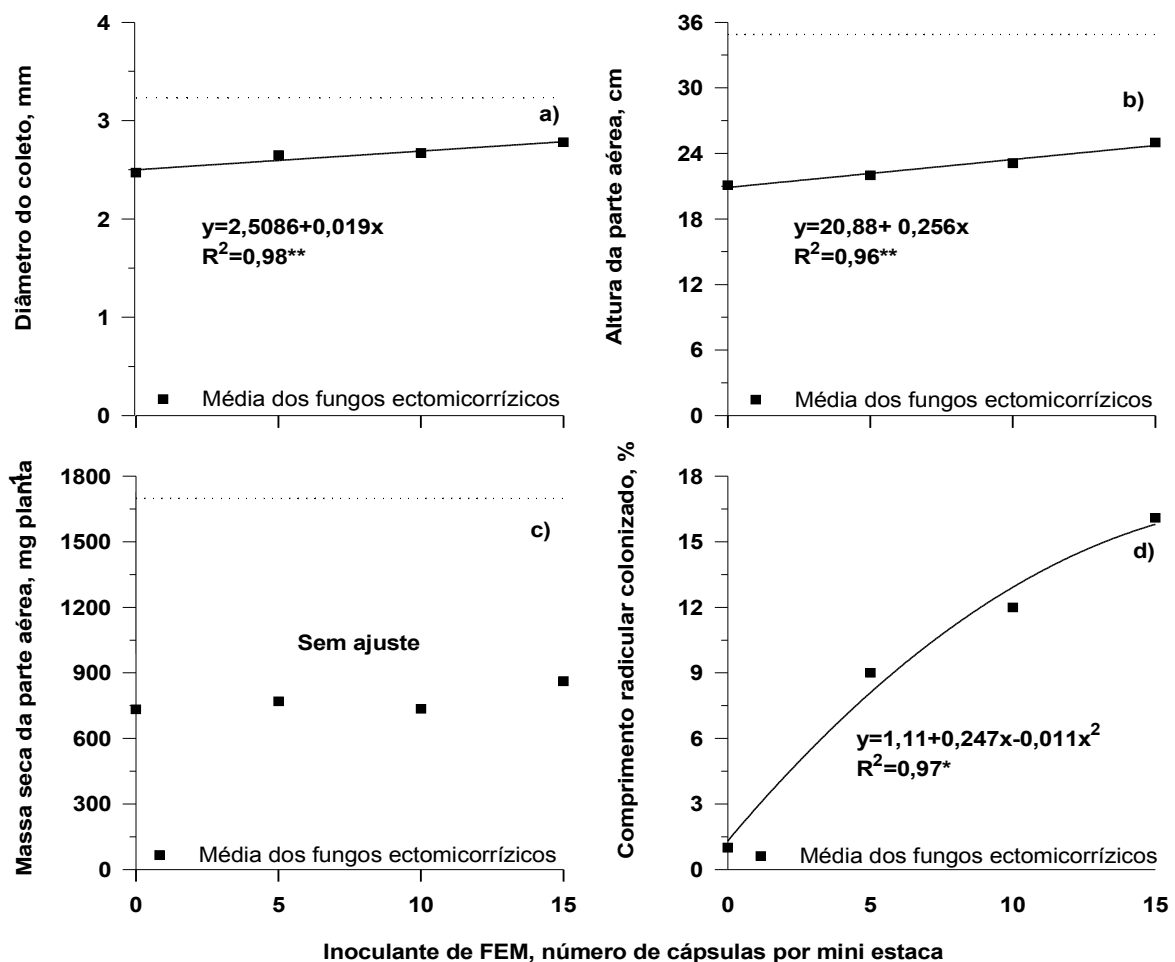
$$\frac{\text{ALT (cm)}}{\text{DIAM (mm)}} + \frac{\text{MSPA (g)}}{\text{MSR (g)}}$$

Após a análise de variância, para comparação entre tratamentos com 50 % da adubação de substrato de produção de mudas e quando significativo, o efeito de fungos foi avaliado pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e para o efeito de doses de inoculante foram estabelecidas regressões. Para comparação entre os tratamentos com 50 e 100 % da adubação de substrato de produção de mudas do viveiro comercial as médias foram comparadas uma a uma pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito das doses de inoculante dos fungos

Nas mudas crescidas com 50 % da adubação de substrato de produção de mudas, o diâmetro do coleto, altura da parte aérea, MSPA e colonização foram influenciados pelas doses de inoculante e não pelos fungos (Figura 1). O diâmetro do coleto e altura da parte aérea das mudas apresentaram comportamento linear com o aumento das doses de inoculante, o diâmetro do coleto foi de 2,78 mm na maior dose de inoculante e a altura da parte aérea de



produzidas com 100 % da adubação de substrato de produção de mudas no viveiro e não inoculadas.

Apesar da MSPA ter sido influenciada pelas doses de inoculante, não foi encontrado ajuste para a regressão (Figura 1c). As mudas inoculadas com 15 cápsulas produziram maior MSPA ( $862 \text{ mg planta}^{-1}$ ), sendo 1,2 vezes maior que às não inoculadas ( $733 \text{ mg planta}^{-1}$ ). Maiores valores de MSPA também foram observados nas mudas inoculadas com maior dose de inoculante de FEM produzido em turfa-vermiculita-meio de cultura (10 % do substrato de crescimento) (Alves et al., 2001). Aumento na produção de MSPA de mudas de eucaliptos inoculados com FEM é bem documentado na literatura. Mudanças de *E. dunnii* produziram maior MSPA do que as não inoculadas quando inoculadas com *Pisolithus* sp. isolado UFSC-Pt24 (1,7 vezes) (Alves et al., 2001), com *Scleroderma* sp. isolado UFSC-Sc68 (3,3 vezes) (Souza et al., 2008) e com *P. microcarpus* isolado UFSC-Pt116 (1,2 vezes) e *Chondrogaster angustisporus* isolado UFSC-Ch163 (1,3 vezes) (Souza et al., 2004). Contudo, esses trabalhos diferem do presente pelo fato das mudas não serem clonais, terem se desenvolvido em condições de casa de vegetação em substratos esterilizados com baixa fertilização fosfatada, o tempo de crescimento ter sido maior (100 e 120 dias) e o inoculante utilizado ter sido produzido em uma mistura de turfa-vermiculita-meio de cultura. Nesses trabalhos as doses de P no substrato de produção das mudas variaram de  $15,9 \text{ mg dm}^{-3}$  de P na forma do fertilizante 14N-8P-8K peletizado de liberação lenta (Nutricote<sup>®</sup>) (Alves et al., 2001) a  $35,7 \text{ mg dm}^{-3}$  de P na forma de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (Souza, 2004), ou seja até 106 vezes menor do que os  $1.633 \text{ mg dm}^{-3}$  de P na forma de MAP (48 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) mais os  $59,5 \text{ mg dm}^{-3}$  de P na forma do fertilizante 19N-6P-10K peletizado de liberação lenta (Osmocote<sup>®</sup>) usados no substrato de plantio do presente trabalho, sem considerar a fertirrigação semanal com P, como apresentado no material e métodos.

As mudas não inoculadas, que foram crescidas em substrato com redução de 50 % da adubação, apresentaram uma colonização pequena (variando de 0,7 a 1,3 %) (Figura 1d). Como o substrato de produção de mudas foi composto de materiais inertes, vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco, essa colonização pode ter sido resultado da presença de esporos na água de irrigação ou trazidos pelo vento, já que o viveiro é localizado próximo a área de plantio de eucalipto. É importante ressaltar que neste trabalho o substrato de produção de mudas não foi esterilizado e água de irrigação não era destilada, ao contrário da maioria dos trabalhos com FEM, como o de Alves et al. (2001) e Souza et al. (2004). A porcentagem do comprimento radicular colonizado aumentou com as doses de inoculante igualmente para todos os fungos, apresentando um comportamento quadrático, sendo a maior colonização de 16,1 % do comprimento radicular na maior dose (15 cápsulas), ou seja 16 vezes maior do que

as mudas inoculadas (Figura 1d). Aumento na colonização também foi observado em mudas de *E. dunnii* inoculadas com doses crescentes de inoculante de *Pisolithus* sp. produzido em uma mistura de turfa-vermiculita-meio de cultura (Alves et al., 2001). Em mudas de *E. dunnii* inoculadas com diferentes isolados de FEM a porcentagem do comprimento radicular colonizado foi até 12 % maior nas mudas inoculadas com inoculante de *Pisolithus* sp. produzidos a partir dos isolados UFSC-Pt22 ou UFSC-Pt145 em uma mistura de turfa-vermiculita-meio de cultura (Souza et al., 2008). Contudo, como mencionado anteriormente esses trabalhos receberam uma menor adubação adubação fosfatada.

O IQD não foi influenciado pelos diferentes fungos e doses de inoculante (Tabela 1), para mudas inoculadas com FEM este índice pode não ser adequado, pois só considera variáveis relacionados com o crescimento da muda e não considera a porcentagem do comprimento radicular colonizado e variáveis nutricionais.

**Tabela 1.** Índice de qualidade de Dickson de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* inoculadas por doses crescentes de inoculante de *Amanita muscaria*, *Elaphomyces anthracinus*, *Pisolithus microcarpus* e *Sclerotium areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.

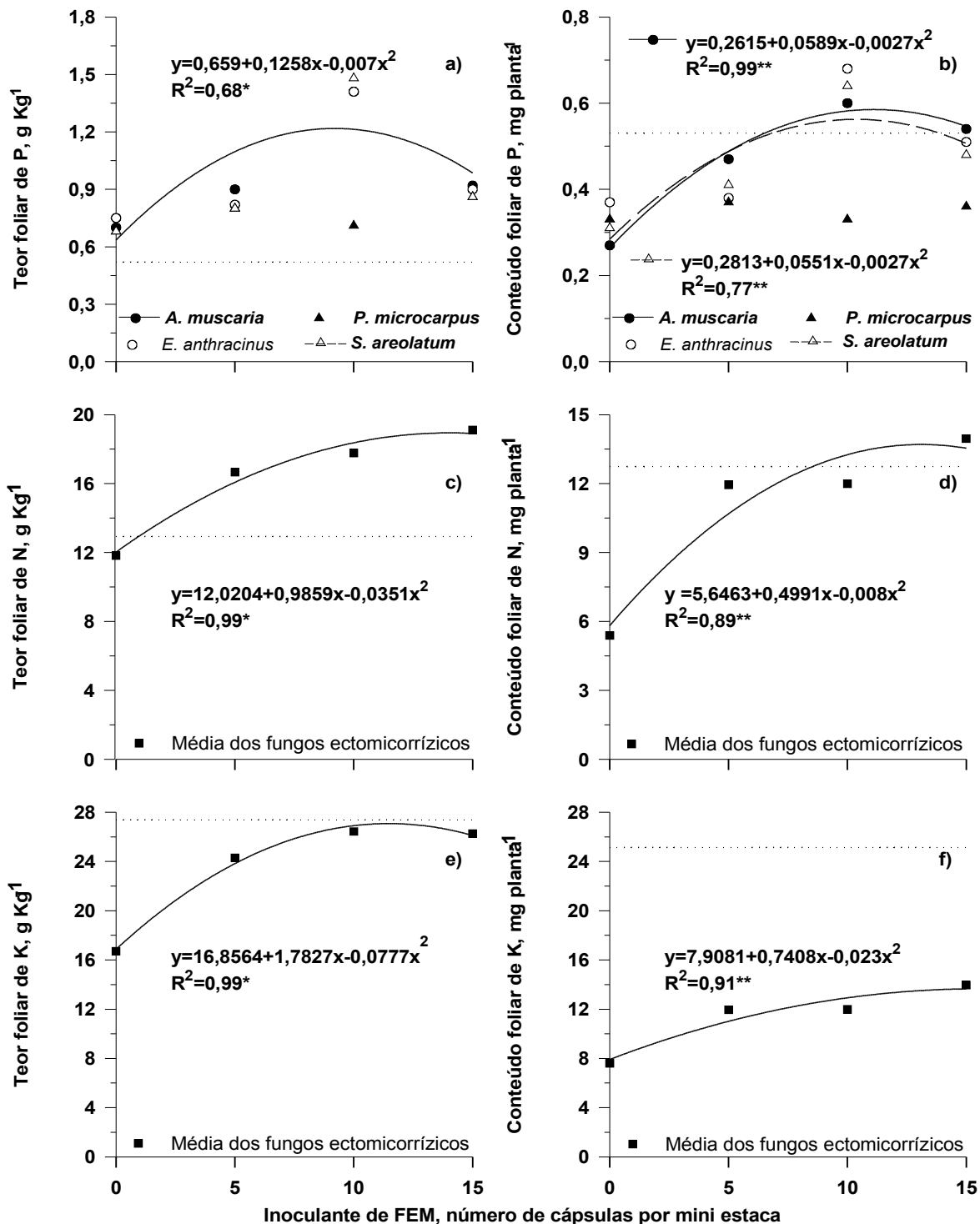
Fungo	Número de cápsula com fungo					Média
	Controle <sup>1/</sup>	0	5	10	15	
----- Índice de qualidade de Dickson -----						
<i>A. muscaria</i>		0,03 <sup>+2/</sup>	0,04 <sup>+</sup>	0,03 <sup>+</sup>	0,05 <sup>+</sup>	0,04
<i>E. anthracinus</i>		0,04 <sup>+</sup>	0,04 <sup>+</sup>	0,04 <sup>+</sup>	0,05 <sup>+</sup>	0,04
<i>P. microcarpus</i>		0,04 <sup>+</sup>	0,04 <sup>+</sup>	0,03 <sup>+</sup>	0,03 <sup>+</sup>	0,04
<i>S. areolatum</i>		0,04 <sup>+</sup>	0,05 <sup>+</sup>	0,03 <sup>+</sup>	0,05 <sup>+</sup>	0,04
Média	0,11	0,04	0,04 <sup>+</sup>	0,03	0,04	0,04

1/ Controle = Mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas com 100 % da adubação de substrato de produção de mudas.

2/ Médias seguidas de + diferem do controle com 100 % da adubação de plantio ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores e conteúdos foliares de P foram influenciados pela interação entre fungo e dose de inoculante (Figura 1a, b). Entre os FEM avaliados somente a inoculação com o *P. microcarpus* isolado ITA-06 não aumentou os teores e os conteúdos de P nas mudas com o aumento das doses de inoculante (Figura 2a, b). O aumento da dose de inoculante dos demais FEM até 10 cápsulas por mini estaca aumentou os teores e conteúdos de P nas mudas. No entanto, só foi obtido ajuste de regressão para os teores e conteúdos foliares de P nas mudas inoculadas com *A. muscaria* isolado UFSC-Am161 e os conteúdos nas mudas inoculadas com *S. aerolatum* isolado UFSC-Sc129 (Figura 2a, b), tendo sido observado comportamento quadrático e em média duas vezes maior do que nas mudas não inoculadas. Apesar de não ter

vido encontrado ajuste para regressão, os maiores teores de P foram observados nas mudas inoculadas com *S. aerolatum* isolado UFSC-Sc129 (2,2 vezes maior que as não inoculadas) e os maiores conteúdos nas mudas inoculadas com *E. anthracinus* isolado Amance (2,0 vezes maior que as não inoculadas), ambos na dose de 10 cápsulas.



2d). Em relação ao K os maiores teores foliares (27,1 g kg<sup>-1</sup>) foram observados na dosagem de 11 cápsulas de inoculante, sendo em média 1,6 vezes maior do que nas mudas não

inoculadas ( $16,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Figura 2e). Enquanto os maiores conteúdos foliares de K foram observados na dose de 15 cápsulas de inoculante ( $9,9 \text{ mg planta}^{-1}$ ), este foi 1,8 vezes maior do que nas mudas não inoculadas (Figura 2f).

Na literatura são raros os estudos do efeito da inoculação de FEM em espécies florestais que apresentam resultados de teores e conteúdos de N e K. Isto pode ser devido a não observação de efeitos da inoculação de FEM sobre essas variáveis, mesmo porque é sabido que o maior benefício dos FEM está na absorção de elementos poucos móveis no solo como o P. Estudos com eucaliptos apresentando resultados com essas variáveis são ainda mais raros. Vieira e Peres (1988), estudando doses de P em mudas de *E. grandis* inoculadas com *Pisolithus tinctorius* isolado Pt 854, observaram aumentos de 3,3 vezes mais conteúdo de N e de 2,6 vezes mais de K em relação as mudas não inoculadas na dose de  $23 \text{ mg de P kg}^{-1}$  de solo. Silva et al. (2003) observaram aumentos de até 2,3 vezes no conteúdo de N em mudas de *E. grandis* em sete de oito tratamentos fúngicos e aumentos de até 1,9 vezes no conteúdo de K em três de oito tratamento; todos utilizando fungos; em quatro isolados de *Pisolithus* sp. ou misturas destes. Andreazza et al. (2004) observaram aumentos de 2,1 vezes no conteúdo de N e aumentos de 1,2 vezes no conteúdo K em mudas de *Eucalyptus grandis* inoculadas com três isolados de *Pisolithus* sp. quando crescidas na menor dose de P ( $8 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Chen et al. (2006b) observaram aumentos de até 2,2 vezes no conteúdo de N e de 1,7 vezes no de K na parte aérea de mudas de *E. urophylla* inoculadas com esporos de *Scleroderma* spp. Esses trabalhos não apresentaram resultados de teores de N e K, bem como de teores de P, assim os maiores conteúdos desses nutrientes observados nestes trabalhos parecem ser mais resultantes do maior crescimento das mudas pelo efeito dos FEM sobre outros fatores, como absorção de água, e não sobre a absorção dos nutrientes como observado no presente trabalho.

#### **4.2 Efeito da redução de 50 % da adubação de substrato de produção de mudas em viveiros**

As mudas crescidas em substrato com redução em 50 % da adubação de substrato de produção de mudas e inoculadas com FEM apresentaram menor diâmetro de coleto, altura de parte aérea, MSPA e IQD do que aquelas não inoculadas e crescidas em substrato com 100 % da adubação (Figura 1 e Tabela 1). Porém, em ambas as condições, as mudas apresentaram diâmetro do coleto inferiores e altura da parte aérea dentro do recomendando (diâmetro superior a 4 mm e altura entre 20 a 35 cm) por Alfenas et al. (2004) para mudas de *Eucalyptus grandis*.

As mudas com 100% da adubação de substrato de produção de mudas e não inoculadas não apresentaram qualquer sinal de colonização ectomicorrízica (Figura 1d). Já aquelas também não inoculadas, mas crescidas com redução em 50 % da adubação de substrato apresentaram 1,0 % do comprimento radicular colonizado por FEM. Essa diferença pode ser devido a redução da adubação, pois é sabido que altas doses de fertilizantes, principalmente fosfatados, inibem a colonização ectomicorrízica (Bougher et al., 1990; Soares et al., 1990; Souza et al., 2004).

As mudas que cresceram no substrato com adubação completa (100 %) apresentaram IQD 2,7 vezes maior que aquelas com 50 % da adubação no substrato (Tabela 1). Apesar do menor IQD das mudas crescidas em substrato com redução da adubação, as mudas estavam visualmente saudáveis (Figura 3a), não apresentavam sintomas de deficiência nutricional e de ataque de patógenos, os torrões estavam bem formados (Figura 3b), apresentavam mais de quatro pares de folhas bem formados e a altura da parte aérea maior que 20 cm como proposto por Alfenas et al. (2004). Além disto, as mudas que receberam as maiores doses de inoculante apresentaram teores de N e K maiores (Figura 1c, e) aos considerados adequados para mudas de *Eucalyptus grandis* (N: 13-15 g kg<sup>-1</sup>; K: 15-20 g kg<sup>-1</sup>) com idade variando de 80 a 100 dias (Alfenas et al., 2004). Apesar dos teores de P nas mudas inoculadas terem sido menores que o considerado adequado para mudas de eucalipto (P: 1,5-2,0 g kg<sup>-1</sup>) (Alfenas et al., 2004), os teores de P observados nas mudas inoculadas com 10 cápsulas e redução em 50 % da adubação de substrato foi 2,4 vezes maior que as mudas não inoculadas e que receberam a adubação de substrato completa.

Sem considerar a colonização ectomicorrízica as mudas inoculadas estavam dentro do padrão comercial e nutricional para irem a campo. Mas, considerando a colonização de 16 % do comprimento radicular nas mudas crescidas com redução da adubação e que receberam a maior dose de inoculante contra a ausência de colonização nas crescidas com a adubação de substrato completa, as primeiras podem apresentar vantagens adaptativas quando plantadas no campo. Assim, as mudas colonizadas no viveiro poderão recuperar aquele menor crescimento no viveiro após o transplante no campo. Pois, é consenso na literatura que mudas colonizadas por FEM podem apresentar maior sobrevivência e crescimento quando transplantadas para o campo (Dell e Malajczuk, 1997; Chen et al., 2006c).

**Figura 3.** Mudanças clonais de *Eucalyptus urophylla* inoculadas por doses crescentes de inoculante de *Amanita muscaria*, *Elaphomyces anthracinus*, *Pisolithus microcarpus* e *Scleroderma areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial (a) e torrões após a

retirada dos tubetes (b). Controle = mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas com 100 % da adubação de substrato de produção de mudas no viveiro e não inoculadas.

Além disto, apesar da redução da adubação de substrato de produção de mudas pela metade, os teores e conteúdos foliares de P, N e K das mudas inoculadas com as maiores doses de inoculantes foram maiores ou iguais aos das mudas fertilizadas com a adubação de plantio completa (Figura 2a, b, c, d, e), exceto para os conteúdos foliares de K (Figura 2f). Nas mudas inoculadas com 10 cápsulas de inoculante de *S. areolatum* isolado UFSC Sc129, os teores foliares de P ( $1,48 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram 2,8 vezes maiores do que os das mudas com 100 % da adubação de substrato de produção de mudas ( $0,53 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Figura 2a). Os teores foliares de N nas mudas inoculadas com 15 cápsulas ( $10,17 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram 1,5 vezes maiores do que aquelas não inoculadas e com adubação de substrato completa (Figura 2c). Estes resultados demonstram que a inoculação com FEM foi eficiente em promover melhor nutrição de P, N e K, e que além de fornecer mudas previamente micorrizadas no momento do transplante para o campo, a inoculação também pode ajudar no equilíbrio nutricional sob condições de viveiro comercial.

O aumento na absorção de nutrientes em mudas clonais de eucalipto sob condições de viveiro comercial proporcionado pelos tratamentos com inoculação de FEM em relação às não inoculadas é fato inédito na literatura científica e confirma a possibilidade de uso destes fungos nos plantios florestais de eucalipto nas condições do Brasil e reforça a necessidade de índices de qualidade de mudas que considerem a colonização ectomicorrízicas das raízes das mudas e de estudos que avaliem a influência da simbiose ectomicorrizas após o plantio no campo. Alguns autores preconizam que a porcentagem de comprimento radicular colonizado deveria ser um dos principais parâmetros para avaliar a qualidade de mudas, pois está relacionada ao vigor e à aptidão para o estabelecimento e crescimento no campo, aumentando as chances de sobrevivência (Mikola, 1989; Garbaye, 1990).

No presente trabalho, apesar da porcentagem do comprimento radicular ter sido inferior à obtida por outros autores, exemplo Alves et al. (2001), demonstrou-se a possibilidade de obtermos mudas clonais de eucalipto colonizadas produzidas em viveiro comercial, e que esta colonização foi capaz de promover benefícios às mudas.

## 5 CONCLUSÕES

A maior dose de inoculante de fungos ectomicorrízicos promove a maior colonização das raízes de mudas clonais de eucaliptos produzidas em viveiro comercial.

As mudas colonizadas por fungos ectomicorrízicos apresentam qualidade suficiente para o transplante aos 90 dias.

O índice de qualidade de Dickson não é adequado para avaliar a qualidade de mudas de eucaliptos colonizadas por fungos ectomicorrízicos.

A inoculação com *Amanita muscaria* isolado UFSC-Am161, *Elaphomyces anthracinus* isolado Amance e *Scleroderma areolatum* isolado UFSC-Sc129 aumenta os teores e conteúdos de P.

O melhor crescimento e colonização são observados na maior dose de inoculante e os maiores teores e conteúdos de P, N e K na dose de 10 cápsulas por mini estaca.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo fornecimento dos inoculantes de fungos ectomicorrízicos. À Empresa Acelor Mittal pela infra-estrutura necessária para a condução do experimento. À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pela infra-estrutura necessária para realização das análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGANGAN, N.S.; HEUNG, K.M.; SIM, H.H. Growth response of *Acacia mangium* Willd. Seedlings to arbuscular mycorrhizal fungi and four isolates of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker and Couch. **New For.**, Dordrecht, v.39, n.2, p.215-230, 2010.

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

ALVES, J.R.; SOUZA, O.; PODLECH, P.A.S.; GIACHINI, A.J.; OLIVEIRA, V.L. Efeito de inoculante ectomicorrízico produzido por fermentação semi-sólida no crescimento de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Pes. Agropec. Bras.**, Brasília, v.36, n.2, p.307-313, 2001.

ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, Z.I.; SILVA, R.F.; LONGHI, S.J. Espécies de *Pisolithus* sp. na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciênc. Flor.**, Santa Maria, v.14, n.2, p.51-60, 2004.

BOUGHER, N.L.; GROVE, T.S.; MALAJCZUK, N. Growth and phosphorus acquisition of karri (*Eucalyptus diversicolor* B. Muell.) seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi in relation to phosphorus supply. **New Phytol.**, New York, n.114, p.77-85, 1990.

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.L.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1996. 374p.



CHEN, Y.L.; DELL, B.; MALAJCZUK, N. Effect of *Scleroderma* spore density and age on mycorrhiza formation and growth of containerized *Eucalyptus globulus* and *E. urophylla* seedlings. **New For.**, Dordrecht, v.31, n.3. p.453-467, 2006a.

CHEN, Y.L.; KANG L.H.; DELL, B. Inoculation of *Eucalyptus urophylla* with spores of *Scleroderma* in a nursery in south China: comparison of field soil and potting mix. **For. Ecol. Manag.**, Oxford, n.222, p.439-449, 2006b.

CHEN, Y.L.; KANG, L.H.; MALAJCZUK, N.; DELL, B. Selecting ectomycorrhizal fungi for inoculating plantations in South China: effect of *Scleroderma* on colonization and growth of exotic *Eucalyptus globulus*, *E urophylla*, *Pinus elliottii*, and *P. radiata*. **Mycorrhiza**, Berlin, n.16, p.251-259, 2006c.

COURTY, P.E.; BU´EE, M.; DIEDHIOU, A.G.; FREY-KLETT, P.; LE TACON, F.; RINEAU, F.; TURPAULT, M.P.; UROZ, S.; GARBAYE, J. The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes: new perspectives and emerging concepts. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, n.42, p.679-698, 2010.

DELL, B.; MALAJCZUK, N., L'inoculation des *Eucalyptus* introduits en Asie avec des champignons ectomycorhiziens australiens en vue d'augmenter la productivite des plantations. *In*: LE TACON, F. **Champignons et Mycorhizes en Foret. Revue Forestière Française**, Numéro special, p.174-184, 1997.

DICKSON, A.; LEAF, A.L. HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.**, Mattawa, n.36, p.10-13, 1960.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

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

GARBAYE, J. Utilisation des mycorhizes en sylviculture. *In*: STRULLU, D.G. **Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées**. Paris: Lavoisier, p.197-250, 1990.

GIOVANETTI, M. G.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.**, New York, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

GRAZZIOTTI, P.H.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Espécies arbóreas e ectomicorrizas em relação ao excesso de metais pesados**. Tópicos Ci. Solo. Viçosa: SBCS, v.3, p.55-105, 2003.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v.26, n. 6, p. 655-664, 2002.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARX, D.H.; CORDELL, C.E. The use of specific ectomycorrhizas to improve artificial forestation practices. In: WHIPPS, J.M.; LUMSDEN, R.D. **Biotechnology of fungi for improving plant growth**. New York: Cambridge University Press, 1989. p.1-25.

MIKOLA, P. The role ectomycorrhizae in forest nurseries. **Agr. Ecosys. Environm.**, Washington, v.28, p.343-450, 1989.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Vale do Jequitinhonha**. Diagnóstico do Município de Itamarandiba-MG. Brasília, 2005. 39p.

OLIVEIRA, L.P.; ROSSI, M.J.; FURIGO Jr., A.; SILVA FILHO, G.N.; OLIVEIRA, V.L. Viability and infectivity of an ectomycorrhizal inoculum produced in an airlift bioreactor and immobilized in calcium alginate. **Braz. J. Microbiol.**, Rio de Janeiro, v.37, n.3, p.251-255, 2006.

ROSSI, M.J.; FURIGO, A.J.; OLIVEIRA, V.L.; Inoculant Production of Ectomycorrhizal Fungi by Solid and Submerged Fermentations. **Food Technol. Biotechnol.**, Zagreb, v.45, n.3, p.277-286, 2007.

SAWYER, N.A.; CHAMBERS, S.M. CAIRNEY, J.W.G. Utilisation of inorganic and organic phosphorus sources by isolates of *Amanita muscaria* and *Amanita* species native to temperate eastern Australia. **Aust. J. Bot.**, East Melbourne, v.51, p.151-158, 2003.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.

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

SILVA, R.F.; ANTONIOLLI, Z.I. ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden em solo arenoso. **Ciênc. Flor.**, Santa Maria v.13, n.1, p.33-42, 2003.

SOARES, I.; BORGES, A.C.; BARROS, N.F.; BELLEI, M.M. Níveis de fósforo na formação de ectomicorrizas em mudas de eucalipto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Campinas, v.14, p.327-332, 1990.

SOUZA, L.A. B.; SILVA FILHO, G.N.; OLIVEIRA, V.L. Eficiência de fungos ectomicorrízicos na absorção de fósforo e na promoção do crescimento de eucalipto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.39, p.349-355, 2004.

SOUZA, V.C.; SILVA, R.A.; CARDOSO, G.D.; BARRETO, A.F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.**, Campina Grande, v.10, n.3, p.612-618, 2006.

SOUZA, L.A.; BONNASSIS, P.A.P. SILVA FILHO, G.N.; OLIVEIRA, V.L. New isolates of ectomycorrhizal fungi and the growth of eucalypt. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.43, n.2, p.235-241, 2008.

VIEIRA, R.F.; PERES, J.R.R. Definição do teor de fósforo no solo para máxima eficiência da associação micorrízica em *Eucalyptus grandis*. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Campinas, v.12, p.237-241, 1988.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjarref method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chomic acid titration method. **Soil Sci.**, Baltimore, v.37, p.29-38, 1934.

## ANEXO

**Tabela 1.** Resumo do quadro da ANOVA de todas as variáveis analisadas.

Variável	Dose (D)	Fungo (F)	D x F	Controle	CV, %	QMRes.
Diâmetro do coleto	**	ns	Ns	**	2,58	0,0016
Altura da parte aérea	**	ns	Ns	**	1,75	0,0032
Massa secada parte aérea	*	ns	Ns	**	15,93	17475,66
Comprimento radicular colonizado	**	ns	Ns	**	14,68	0,0978
Índice de qualidade de Dickson	ns	ns	Ns	ns	27,35	0,0001
Teor de fósforo	**	**	**	**	8,54	0,0058
Conteúdo de fósforo	**	*	**	ns	29,41	0,0172
Teor de nitrogênio	**	Ns	Ns	ns	20,63	11,0877
Conteúdo de nitrogênio	**	Ns	Ns	**	34,43	8,1055
Teor de potássio	**	Ns	Ns	*	14,97	12,5376
Conteúdo de potássio	**	Ns	Ns	**	24,98	9,2611

1/ ns = Não significativo; \* = significativo a 5 %; \*\* = significativo a 1%; pelo teste F.

**Tabela 2.** Massa seca das raízes, foliar e total de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* inoculadas por doses crescentes de inoculante *Amanita muscaria*, *Elaphomyces anthracinus*, *Pisolithus microcarpus* e *Scleroderma areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.

Fungo	Número de cápsula com fungo				Média	
	Controle <sup>1/</sup>	0	5	10		15
----- Massa seca das raízes, mg planta <sup>-1</sup> -----						
<i>A. muscaria</i>		410	401	368	448	407
<i>E. anthracinus</i>		435	375	439	437	422
<i>P. microcarpus</i>		381	377	342	373	368
<i>S. areolatum</i>		486	522	403	445	464
Média	747	428	419	388	426	415
----- Massa seca foliar, mg planta <sup>-1</sup> -----						
<i>A. muscaria</i>		383	524	427	588	481
<i>E. anthracinus</i>		488	465	479	463	499
<i>P. microcarpus</i>		486	465	468	421	460

<i>S. areolatum</i>		455	517	433	555	490
Média	981	453	493	452	532	482
----- Massa seca total, mg planta <sup>-1</sup> -----						
<i>A. muscaria</i>		1079	1199	1121	1354	1189
<i>E. anthracinus</i>		1180	1109	1196	1321	1202
<i>P. microcarpus</i>		1160	1126	1088	1120	1123
<i>S. areolatum</i>		1224	1320	1093	1356	1248
Média	2446	1161	1189	1124	1288	1190

1/ Controle = Mudras de *Eucalyptus urophylla* produzidas com 100 % da adubação de substrato de produção de mudras.

*E. anthracinus*

**Tabela 3.** Diâmetro do coleto, altura da parte aérea, massa seca da parte aérea e comprimento radicular colonizado de mudras clonais de *Eucalyptus urophylla* inoculadas por doses crescentes de inoculante de *Amanita muscaria*, *Elaphomyces anthracinus*, *Pisolithus microcarpus* e *Scleroderma areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.

Fungo	Controle <sup>2/</sup>	Número de cápsula com fungo				Média	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
		0	5	10	15			
-----								
Diâmetro do coleto, mm								
-----								
<i>A. muscaria</i>		2,53 <sup>+2/</sup>	2,70 <sup>v</sup>	2,69 <sup>+</sup>	2,68 <sup>+</sup>	2,65		
<i>E. anthracinus</i>		2,44 <sup>+</sup>	2,63 <sup>+</sup>	2,80 <sup>+</sup>	2,64 <sup>+</sup>	2,63		
<i>P. microcarpus</i>		2,35 <sup>+</sup>	2,61 <sup>+</sup>	2,59 <sup>+</sup>	2,67 <sup>+</sup>	2,56		
<i>S. areolatum</i>		2,58 <sup>+</sup>	2,68 <sup>+</sup>	2,59 <sup>+</sup>	3,16	2,75		
Média	3,23	2,47 b <sup>3/</sup>	2,65 ab	2,67 a	2,78 a	2,64	y=2,51+0,019x	0,98**
-----								
Altura da parte aérea, cm								
-----								
<i>A. muscaria</i>		21,1 <sup>+</sup>	22,5 <sup>+</sup>	24,0 <sup>+</sup>	25,4 <sup>+</sup>	23,2		
<i>E. anthracinus</i>		20,8 <sup>+</sup>	21,6 <sup>+</sup>	22,2 <sup>+</sup>	23,9 <sup>+</sup>	22,1		
<i>P. microcarpus</i>		20,8 <sup>+</sup>	22,1 <sup>+</sup>	23,9 <sup>+</sup>	24,7 <sup>+</sup>	22,9		
<i>S. areolatum</i>		21,7 <sup>+</sup>	21,6 <sup>+</sup>	22,4 <sup>+</sup>	25,8 <sup>+</sup>	22,9		
Média	34,9	21,1 b	22,0 ab	23,1 a	25,0 a	22,8	y=20,88+0,256x	0,96**
-----								
Massa seca da parte aérea, mg planta <sup>-1</sup>								
-----								
<i>A. muscaria</i>		669 <sup>+</sup>	798 <sup>+</sup>	753 <sup>+</sup>	906 <sup>+</sup>	782		
<i>E. anthracinus</i>		745 <sup>+</sup>	734 <sup>+</sup>	757 <sup>+</sup>	884 <sup>+</sup>	780		

<i>P. microcarpus</i>		779 <sup>+</sup>	749 <sup>+</sup>	746 <sup>+</sup>	747 <sup>+</sup>	755	
<i>S. areolatum</i>		738 <sup>+</sup>	798 <sup>+</sup>	690 <sup>+</sup>	911 <sup>+</sup>	784	
Média	1699	733 b	770 ab	736 b	862 a	775	Sem ajuste
-----							
Comprime nto radicular colonizado, %							
-----							
<i>A. muscaria</i>		0,7	10,5 <sup>+</sup>	11,8 <sup>+</sup>	16,6 <sup>+</sup>	9,9	
<i>E. anthracinus</i>		1,3 <sup>+</sup>	7,3 <sup>+</sup>	12,4 <sup>+</sup>	18,7 <sup>+</sup>	9,9	
<i>P. microcarpus</i>		0,9	9,1 <sup>+</sup>	12,3 <sup>+</sup>	15,6 <sup>+</sup>	9,5	
<i>S. areolatum</i>		1,0 <sup>+</sup>	9,0 <sup>+</sup>	11,8 <sup>+</sup>	13,3 <sup>+</sup>	8,8	
Média	0	1,0 c	9,0 b	12,0ab	16,1 a	9,5	$y=1,11+0,274x-0,011x^2$ 0,97*

1/ Controle = Mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas com 100 % da adubação de substrato de produção de mudas.

2/ Médias seguidas de + diferem do controle com 100 % da adubação de plantio ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

3/ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

**Tabela 4.** Teores e conteúdos foliares de P, N e K em mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* inoculadas por doses crescentes de inoculante de *Amanita muscaria*, *Elaphomyces anthracinus*, *Pisolithus microcarpus* e *Scleroderma areolatum* com 90 dias de crescimento em viveiro comercial.

Fungo	Controle <sup>1/</sup>	Número de cápsula com fungo				Média	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
		0	5	10	15			
-----								
Teor de P, g Kg <sup>-1</sup>								
-----								
<i>A. muscaria</i>		0,70	0,90 <sup>2/</sup>	1,41 <sup>+</sup>	0,92 <sup>+</sup>	0,98	$y=0,6381+0,1255x-0,007x^2$	0,68*
<i>E. anthracinus</i>		0,75 <sup>+</sup>	0,82 <sup>+</sup>	1,41 <sup>+</sup>	0,90 <sup>+</sup>	0,97		
<i>P. microcarpus</i>		0,68	0,80 <sup>+</sup>	0,7	0,86 <sup>+</sup>	0,76		
<i>S. areolatum</i>		0,68	0,80 <sup>+</sup>	1,48 <sup>+</sup>	0,86 <sup>+</sup>	0,96		
Média	0,53	0,70	0,83	1,25	0,89	0,92		

----- Conteúdo de P, mg planta <sup>-1</sup> -----								
<i>A. muscaria</i>		0,27	0,47	0,60	0,54	0,47	$y=0,2615+0,0589x-0,0027x^2$	0,99**
<i>E. anthracinus</i>		0,37	0,38	0,68	0,51	0,48		
<i>P. microcarpus</i>		0,33	0,37	0,33	0,36	0,35	$y=0,2813+0,0551x-0,0027x^2$	0,77**
<i>S. areolatum</i>		0,31	0,41	0,64	0,48	0,46		
Média	0,52	0,27	0,47	0,60	0,54	0,47		
----- Teor de N, g Kg <sup>-1</sup> -----								
<i>A. muscaria</i>		11,8	16,0	17,8	21,1	16,7	$y=12,0204+0,9859x-0,0351x^2$	0,99*
<i>E. anthracinus</i>		12,2	17,8	18,3	18,6	16,7		
<i>P. microcarpus</i>		10,9	17,8	18,8	20,2	16,9		
<i>S. areolatum</i>		12,3	15,1	16,2	16,5	15,1		
Média	12,93	11,8	16,7	17,8	19,1	16,3		
----- Conteúdo de N, mg planta <sup>-1</sup> -----								
<i>A. muscaria</i>		4,58 <sup>+</sup>	8,33	7,82	12,68	8,35	$y=5,6463+0,4991x-0,0083x^2$	0,89**
<i>E. anthracinus</i>		5,97	8,45	8,83	10,46	8,43		
<i>P. microcarpus</i>		5,33 <sup>+</sup>	8,39	8,91	8,52	7,79		
<i>S. areolatum</i>		5,69	7,83	7,02	9,03	7,39		
Média	12,74	5,39	8,25	8,15	10,17	7,99		
----- Teor de K, g Kg <sup>-1</sup> -----								
<i>A. muscaria</i>		16,8 <sup>+</sup>	24,2	26,37	26,5	23,5	$y=16,8564+1,7827x-0,0777x^2$	0,992*
<i>E. anthracinus</i>		17,4 <sup>+</sup>	25,6	26,14	26,4	23,9		
<i>P. microcarpus</i>		16,3 <sup>+</sup>	21,4	24,82	25,0	21,9		
<i>S. areolatum</i>		16,2 <sup>+</sup>	26,0	28,41	27,1	24,4		
Média	27,39	16,7	24,3	26,4	26,3	23,4		
----- Conteúdo de K, mg planta <sup>-1</sup> -----								
<i>A. muscaria</i>		6,43 <sup>+</sup>	12,65 <sup>+</sup>	11,44 <sup>+</sup>	15,61 <sup>+</sup>	11,53	$y=7,9081+0,7408x-0,0239x^2$	0,910**
<i>E. anthracinus</i>		8,57 <sup>+</sup>	11,76 <sup>+</sup>	12,55 <sup>+</sup>	14,85 <sup>v</sup>	11,94		
<i>P. microcarpus</i>		7,92 <sup>+</sup>	9,98 <sup>+</sup>	11,59 <sup>+</sup>	10,48 <sup>+</sup>	9,99		
<i>S. areolatum</i>		7,47 <sup>+</sup>	13,42 <sup>+</sup>	12,38 <sup>+</sup>	14,88 <sup>+</sup>	12,04		
Média	25,15	7,60	11,95	11,99	13,96	11,37		

1/ Controle = Mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas com a adubação de substrato de produção de mudas do viveiro comercial.

2/ Médias seguidas de + diferem do controle com 100 % da adubação de substrato de produção de mudas ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

