

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E
MUCURI – UFVJM

LIDIOMAR SOARES DA COSTA

**EFICIÊNCIA DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS NO
CRESCIMENTO DO EUCALIPTO A PARTIR DE MUDAS CLONAIAS
INOCULADAS**

DIAMANTINA – MG
2014

LIDIOMAR SOARES DA COSTA

**EFICIÊNCIA DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS NO
CRESCIMENTO DO EUCALIPTO A PARTIR DE MUDAS
CLONAIIS INOCULADAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência florestal, área de concentração Recursos Florestais, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Alexandre Christófaro Silva

DIAMANTINA - MG
2014

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Nathália Machado Laponez Maia – CRB6/3002

C837e 2014	<p>Costa, Lidiomar Soares da. Eficiência de fungos ectomicorrízicos no crescimento do eucalipto a partir de mudas clonais inoculadas / Lidiomar Soares da Costa. – 2014. 49 p. : il., gráfs., tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva Coorientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti.</p> <p>Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2014.</p> <p>1. Viveiro comercial. 2. Ectomicorrizas. 3. Plantios comerciais. 4. Essências florestais. 5. Reflorestamento. I. Silva, Alexandre Christófaros. II. Graziotti, Paulo Henrique. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 634.9562</p>
---------------	---

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

LIDIOMAR SOARES DA COSTA

**EFICIÊNCIA DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS NO
CRESCIMENTO DO EUCALIPTO A PARTIR DE MUDAS
CLONAI INOCULADAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência florestal, área de concentração Recursos Florestais, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27 de Fevereiro de 2014

Prof. Dr. Márcio José Rossi - UFSC
Membro

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM
Membro

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti - UFVJM
Co-orientador

Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva - UFVJM
Presidente

DIAMANTINA - MG
2014

OFEREÇO

A Deus

DEDICO

Aos meus irmãos pelo apoio e incentivo sempre fundamentais, à minha mãe (in memoriam) pelo incentivo aos estudos e pelo exemplo de caráter e humildade.

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus por todos os momentos vividos e, principalmente, pela saúde.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição na minha formação acadêmica.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

A minha família pelo apoio e incentivo fundamentais em todos os momentos.

Ao professor Paulo Henrique Graziotti, pela orientação, ensinamentos e experiências transmitidos em mais de cinco anos de trabalhos.

Ao professor Alexandre Christófaros Silva, pela orientação, ensinamentos e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao professor Marcio José Rossi pelo fornecimento dos inoculantes e pelo suporte dado à realização deste trabalho.

Ao professor Enilson de Barros Silva pela consideração e sugestões à conclusão deste trabalho

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pelos ensinamentos, atenção e disponibilidade.

Aos amigos do laboratório de Microbiologia do Solo pela colaboração na realização dos experimentos e análises, e pelos momentos de descontração.

À Gerdau Aços Longos, pela cessão da infraestrutura e apoio necessários para a condução dos experimentos.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela amizade e consideração.

A todos que torceram pelo sucesso na realização deste trabalho.

RESUMO

COSTA, L.S. **Eficiência de fungos ectomicorrízicos no crescimento do eucalipto a partir de mudas clonais inoculadas**. 2014. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

A inoculação de fungos ectomicorrízicos em mudas podem aumentar a sustentabilidade dos plantios comerciais de eucalipto. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação em viveiro de mudas clonais de eucalipto de micélio vegetativo de fungos ectomicorrízicos impregnados em gel de alginato sobre o crescimento das mudas em viveiro e após o plantio no campo. No primeiro experimento avaliou-se a eficiência da inoculação de micélio vegetativo de fungos ectomicorrízicos impregnados em gel de alginato em viveiro comercial de mudas clonais de eucalipto. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, sendo mudas dos clones GG100 e GG680 inoculadas com *Pisolithus microcarpus*, *Hysterangium gardneri* e *Scleroderma areolatum* e crescidas em substrato com redução da adubação fosfatada, mais os controles não-inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na produção das mudas. No segundo experimento, mudas produzidas no primeiro foram plantas em campo para avaliação do crescimento e da colonização durante um ano. A sobrevivência das mudas no viveiro não foi influenciada pela inoculação ou pela redução da adubação fosfatada. Aos 120 dias e em geral para os dois clones, a altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca total e frequência de nota máxima para formação do torrão das raízes das mudas inoculadas com *P. microcarpus* foram maiores que as do Controle, e iguais ao Comercial. A porcentagem de pontas colonizadas foi baixa para todos os fungos e não apresentou relação com a promoção do crescimento. A inoculação ou redução da adubação fosfatada influenciou apenas os teores de Ca, Fe, Cu e Mn na parte aérea das mudas, porém os resultados não foram suficientes para explicar a promoção do crescimento observado. No campo, sobrevivência foi de 100 % apenas para as plantas inoculadas com *P. microcarpus* e para as plantas do Comercial, em ambos os clones. Aos dois meses as plantas inoculadas com *P. microcarpus* foram maiores que as demais inoculadas e as do Controle, e o diâmetro do coleto das plantas inoculadas com *H. gardneri* e *P. microcarpus* foi igual as do Comercial. Aos quatro meses, as plantas inoculadas já haviam se igualado com as do Comercial. As diferenças na altura e diâmetro desapareceram nas avaliações aos seis e 12 meses de plantio. Os teores de clorofila foram maiores nas plantas do GG100. Aos seis meses a porcentagem de pontas colonizadas médias dos dois clones foi maior nas plantas inoculadas com *S. areolatum*, seguida daquelas inoculadas com *P. microcarpus* e das do Controle e aos 12 meses a porcentagem de pontas de raízes colonizadas foi semelhante em todos os tratamentos e foi, em média, foi 4,3 vezes maior do que a observada aos seis meses. Os teores de P, Ca, Mg e Zn aos seis, e os teores de N, K, Ca, Mg, Mn e B aos 12 meses, foram influenciados apenas por clones. Os fungos ectomicorrízicos avaliados não foram eficientes em colonizar as mudas no viveiro. A inoculação do micélio vegetativo do fungo *P. microcarpus* contribui para o crescimento de mudas com redução de adubação fosfatada em viveiro comercial. A eficiência do inoculante em promover benefícios é dependente do fungo veiculado. A baixa colonização obtida na fase de viveiro e a origem dos fungos, diferente do local do experimento, ajudam a explicar a ausência de benefícios da inoculação no campo. A colonização ectomicorrízica nas plantas de eucalipto ocorre naturalmente e aumenta na medida do estabelecimento da planta no campo.

Palavras-chave: Viveiro comercial, ectomicorrizas, plantios comerciais.

ABSTRACT

COSTA, L.S. **Efficiency of ectomycorrhizal fungi on the growth of Eucalyptus from clonal seedlings inoculated.** 2014. 49p. Dissertation (Masters Degree in Forest Science) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

The inoculation of ectomycorrhizal fungi on seedlings can increase the sustainability of the commercial eucalypt plantations. This study evaluated the efficiency of inoculation in nursery clonal seedlings with mycelium of ectomycorrhizal impregnated in alginate gel on the growth of seedlings in the nursery and after planting in the field. First experiment was conducted in a randomized block in a factorial 2 x 5, with eucalyptus clones GG100 and GG680 inoculated with *Pisolithus microcarpus*, *Hysterangium gardneri* and *Scleroderma areolatum* and grown in a substrate with reduction of phosphorus fertilization and controls non-inoculated with (Controle) and without (Comercial) reduction of phosphorus fertilization in the nursery. In the second experiment, seedlings produced in the previous experiment were planted in the field to assess growth and colonization for one year. The seedling survival was not influenced by inoculation or by the reduction of phosphorus fertilization. At 120 days and in general for the two clones, height, diameter, dry weight of shoots, total dry matter and frequency of maximum grades for formation of clod of the roots of seedlings inoculated with *P. microcarpus* were greater than those of the Controle, and equals to the Comercial. The percentage of colonized tips roots were low for all fungi and not associated with the growth promotion. The inoculation or reduction of phosphorus fertilization only influenced the levels of Ca, Fe, Cu and Mn in shoots of seedlings. The seedlings were planted in sandy soil previously cultivated with eucalyptus. The survival rate was 100% only for plants inoculated with *P. microcarpus* and the plants of the Comercial, in both clones. At two months the plants inoculated with *P. microcarpus* were larger than the other inoculated plants and of the Controle, and stem diameter of the plants inoculated with *H. gardneri* and *P. microcarpus* were equal to the Comercial. At four months, the inoculated plants were already equalized with of the Comercial. The differences in height and diameter disappeared at ages six and 12 months after planting. At six months, the average percentage of the two clones colonized tips was greater in plants inoculated with *S. areolatum*, followed by those inoculated with *P. microcarpus* and those of the Controle. At 12 months the percentage of root tips colonized was similar in all treatments and was on average was 4.3 times greater than that observed after six months. The ectomycorrhizal fungi evaluated were not efficient in colonizing the seedlings in the nursery. The inoculation of the vegetative mycelium of the fungus *P. microcarpus* contributes to the growth of seedlings with reduced phosphorus fertilization in the nursery commercial. The efficiency of the inoculant is dependent in promote the benefits conveyed fungus. Inoculation of seedlings in the nursery did not promote further growth in the field after planting. The low colonization obtained in the nursery and the origin of the fungi, different from the experimental site, help to explain the lack of benefits of inoculation in the field. The ectomycorrhizal colonization occurs naturally in eucalypt plants and increases according the establishment of the plant in the field.

Key-words: Commercial nursery, ectomycorrhizae, commercial plantations

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO I	Pág.
<p>Figura 1</p>	<p>Características dos torrões das raízes das mudas de eucalipto correspondentes às notas: a) Nota 3 - torrão firme e bem enraizado; b) Nota 2 - torrão moderadamente firme e parcialmente enraizado; c) Nota 1 - torrão fraco e mal enraizado.</p> <p style="text-align: right;">21</p>
<p>Figura 2</p>	<p>Altura e diâmetro do coleto das mudas de clones de eucalipto GG100, híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>Eucalyptus grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas, em viveiro comercial.</p> <p style="text-align: right;">22</p>
<p>Figura 3</p>	<p>Massa seca da parte aérea (a) e massa seca total (b) das mudas dos clones GG100, híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>Eucalyptus grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada no substrato de produção das mudas, em viveiro comercial.</p> <p style="text-align: right;">23</p>
<p>Figura 4</p>	<p>Frequência das notas atribuídas à formação das raízes das mudas de clones de eucalipto inoculados com fungos ectomicorrízicos não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas.</p> <p style="text-align: right;">24</p>
<p>Figura 5</p>	<p>Porcentagem de pontas colonizadas das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>Eucalyptus grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com redução (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada no substrato de produção das mudas aos 120 dias, em viveiro comercial.</p> <p style="text-align: right;">25</p>
<p>Figura 6</p>	<p>Teores de nutrientes das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>Eucalyptus grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não-inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas, em viveiro comercial.</p> <p style="text-align: right;">26</p>
<p>ARTIGO CIENTÍFICO II</p>	
<p>Figura 7</p>	<p>Temperatura média e precipitação em Três Marias – MG no período de Dezembro de 2011 a Dezembro de 2012.</p> <p style="text-align: right;">37</p>

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO II	Pág.	
Tabela 1	<p>Porcentagem de pontas de raízes colonizadas, das mudas dos clones GG100, híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E ucalyptus urophylla</i> com <i>E ucalyptus grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada, no plantio.</p>	39
Tabela 2	<p>Caracterização física e química do solo das linhas de plantio das mudas de eucalipto e das entrelinhas da área experimental.</p>	40
Tabela 3	<p>Sobrevivência em campo das plantas dos clones GG100, híbrido de <i>E. urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>E. grandis</i> inoculadas com fungos ectomicorrízicos e não-inoculadas com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na fase de produção das mudas.</p>	41
Tabela 4	<p>Altura e diâmetro do coleto das plantas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de <i>E.urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>E. grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada (Comercial), em campo.</p>	43
Tabela 5	<p>Porcentagem de pontas de raízes colonizadas das plantas dos clones GG100, híbrido de <i>E. urophylla</i>, e GG680, híbrido do cruzamento de <i>E. urophylla</i> com <i>E. grandis</i> inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção de mudas, aos seis e 12 meses após o plantio.</p>	45

SUMÁRIO

RESUMO	Pág. vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
ARTIGO CIENTÍFICO I	14
Resumo.....	14
Abstract	15
1. Introdução	16
2. Material e métodos	18
3. Resultados	21
4. Discussão	27
5. Conclusões	29
6. Referências bibliográficas	31
ARTIGO CIENTÍFICO II	34
Resumo	34
Abstract	35
1. Introdução.....	36
2. Material e métodos	37
3. Resultados	41
4. Discussão	46
5. Conclusões	48
6. Referências bibliográficas	49
APÊNDICES.....	51

INTRODUÇÃO GERAL

O equilíbrio entre oferta e demanda de madeira no país é questão de grande importância para a economia e a ecologia brasileira. Ao mesmo tempo em que a relação entre oferta e demanda determina o preço da madeira, afetando diretamente a competitividade de uma gama de indústrias, também é fator-chave para a redução do desmatamento das matas nativas dos diferentes biomas nacionais. Perspectivas de expansão dessas indústrias merecem atenção para que a sua matéria-prima essencial não lhes falte ou se torne mais onerosa. A existência de um excesso de demanda por madeira pode acarretar dois efeitos: de um lado, a elevação no preço desse insumo básico pode aumentar a atratividade das atividades silviculturais e induzir a entrada de produtores independentes, mas reduzir a competitividade de uma cadeia de produtos; e, de outro, excesso de demanda pode pressionar as matas nativas tropicais

No Brasil, as espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais utilizadas nos reflorestamentos, pois a sua exploração é responsável por grande parte do sucesso da atividade florestal brasileira, principalmente dos setores ligados à produção de papel e celulose (ABRAF, 2013). A elevada utilização do eucalipto nos reflorestamentos ocorre devido a sua diversidade de espécies, adaptabilidade em várias regiões e climas e seu potencial de produção. Apesar disso, a demanda por madeira é superior à capacidade dos plantios existentes, o que poderia ocasionar um apagão florestal, que é a falta de madeira em quantidade suficiente para atender o mercado em determinado período de tempo (ABRAF, 2013). Para suprir essa demanda de madeira, considerando a baixa fertilidade dos solos que são usados para os reflorestamentos, é necessário que sejam adotadas alternativas biotecnológicas viáveis ambiental e economicamente, visto que, as principais fontes de fertilizantes não são renováveis e a ampliação das áreas plantadas encontra restrições quanto à legislação ambiental e territorial.

Estudos foram desenvolvidos em diferentes regiões, épocas e culturas, mostrando os benefícios da utilização de organismos como alternativas biotecnológicas para o crescimento de várias espécies florestais, em especial o eucalipto. Uma dessas alternativas é o uso de fungos ectomicorrízicos (FEM) na produção de mudas de eucalipto nos viveiros (SOUZA et al., 2004; BRUNDRETT et al. 2005; CHEN et al., 2006).

O uso de FEM em viveiros florestais oferece potencial para aumento de crescimento e vigor das mudas sob condições de viveiro (BRUNDRETT et al., 2005; CHEN et al., 2006) e para melhoria na qualidade e performance das mudas transplantadas

(QUORESHI et al., 2008; RIVERO et al., 2009). Os FEM podem melhorar o crescimento e sobrevivência das plantas pela estimulação da absorção de água e nutrientes do solo, e pelo aumento da resistência das plantas ao estresse biótico e abiótico (CHALOT et al., 2002; GARBAYE, 2000). Assim, o uso de FEM em viveiros florestais pode ajudar a reduzir a utilização de fertilizantes químicos e pesticidas, prevenindo a contaminação do solo e das águas (KHASA et al., 2001).

No entanto, a presença de fungos ectomicorrízicos em viveiros comerciais pouco é observada devido à grande quantidade adubação, principalmente fosfatada, utilizada nestes locais. A adição de fósforo no substrato usado pode alterar a eficiência ectomicorrízica, ocorrendo maior eficiência simbiótica entre o eucalipto e isolados de FEM quando os níveis de P encontram-se sub-ótimos (SOUZA et al., 2004; JHA et al, 2008; QUORESHI e KHASA, 2008). Porém, mesmo com eficiência simbiótica baixa, os elevados teores de P não impedem totalmente a colonização das raízes (SOUZA et al., 2004).

O volume de água fornecido às mudas é outro fator a ser considerado quando há inoculação de fungos ectomicorrízicos em viveiros. As quantidades excessivas ou reduzidas de água nas plantas tendem a diminuir a intensidade de colonização micorrízica. No caso das plantas excessivamente irrigadas, há a tendência ao aparecimento de raízes grossas e opacas, destituídas de pelos radiculares. Essas raízes não são colonizadas pelos fungos micorrízicos, já que os mesmos infectam apenas as raízes finas jovens e curtas (CASTELLANO e MOLINA, 1989).

Outro fator que dificulta a inoculação em viveiros comerciais é a inexistência de inoculantes no mercado brasileiro, pois a importação pode ser onerosa e o inoculante ser de isolados fungicos não adaptados as condições nacionais. Embora a tecnologia para a produção de inoculantes de diversos tipos já exista ainda falta pesquisa que indiquem isolados eficientes para as diversas regiões e, ou condições em que o eucalipto é planta no Brasil. Além disso faltam trabalhos no país que comprovem contundentemente ganhos significativos na produtividade de plantios comerciais iniciados com mudas micorrizadas. Outro problema é que a tecnologia de produção de mudas florestais em viveiros comerciais desenvolveu-se, em grande parte, sustentada pelo paradigma da intensa fertilização química, desencorajando a adoção de técnicas biotecnológicas alternativas, como a micorrização de mudas nos viveiros. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação em viveiro de mudas clonais de eucalipto de micélio vegetativo de fungos ectomicorrízicos impregnados em gel de alginato sobre o crescimento das mudas e sobre o efeito da inoculação após o plantio no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012 / ABRAF. Brasília, 2013, 148p.
- BRUNDRETT, M.; MALAJCZUK, N.; MINGQUIN, G.; DAPING, X.; SNELLING, S.; DELL, B. Nursery inoculation of Eucalyptus seedlings in Western Australia and southern china using spores and mycelial inoculum of diverse ectomycorrhizal fungi from different climatic regions. **Forest Ecology and Management**, v.209, p.193-205, 2005.
- CASTELLANO, M. A.; MOLINA, R. Mycorrhizae. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. (Ed.). **The biological components: nursery pests and mycorrhizae**. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **The container tree nursery manual**. Washington, p.101-171, 1989.
- 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.
- CHALOT, M.; JAVELLE, A.; BLAUDEZ, D.; LAMBILLIOTE, R.; COOKE, R.; SENTENAC, H.; WIPF, D.; BOTTON, B. An update on nutrient transport processes in ectomycorrhizas. **Plant and Soil**, v.244, p.165-175, 2002.
- GARBAYE, J. The role of ectomycorrhizal symbiosis in the resistance of forest to water stress. **Outlook on Agriculture**, v.29, p.63-69, 2000.
- KHASA, P.D.; SIGLER, L.; CHAKRAVARTY, P.; DANCİK, B.P.; ERIKSON, L.; MCCURDY, D. Effect of fertilization on growth and ectomycorrhizal development of container-grown and bare-root nursery conifer seedlings. **New Forest**, v.22, p.179-197, 2001.
- JHA, B.N.; SHARMA, G.H.; SHUKLA, A.K. Effect of ectomycorrhizal development on growth in pines seedlings. **Journal of Plant Sciences**, v.3, n.1, p.77-84, 2008.
- QUORESHI, A.M.; KHASA, D.P. Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on root colonization, growth, and nutrient uptake of aspen and balsam poplar. **Biomass and Bioenergy**, v.32, p.381-391, 2008.
- QUORESHI, A.M.; PICHE, Y.; KHASA, D.P. Field performance of conifer and hardwood species 5 years after nursery inoculation in the Canadian Prairie Provinces. **New Forests**, v.35, p.235-253, 2008.
- RIVERO, S.H.T.; MOORILLÓN, V.G.N.; BORUNDA, E.O. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rizosphere fungi. **Bioresource Technology**, v.100, v.1992-1998, 2009.
- 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.349-355, 2004.

ARTIGO CIENTÍFICO I

Promoção do crescimento de mudas clonais de eucalipto por *Pisolithus microcarpus*

RESUMO: Os fungos ectomicorrízicos têm sido muito estudados por exercerem significativo papel na funcionalidade e manutenção dos ecossistemas, através da formação de associações mutualísticas. A eficiência da inoculação de micélio vegetativo de fungos ectomicorrízicos impregnados em gel de alginato foi avaliada em viveiro comercial de mudas clonais de eucalipto. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, sendo mudas dos clones GG100 e GG680 inoculadas com *Pisolithus microcarpus*, *Hysterangium gardneri* e *Scleroderma areolatum* e crescidas em substrato com redução da adubação fosfatada, mais os controles não-inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na produção das mudas. A sobrevivência das mudas não foi influenciada pela inoculação ou pela redução da adubação fosfatada. Aos 120 dias e em geral para os dois clones, a altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca total e frequência de nota máxima para formação do torrão das raízes das mudas inoculadas com *P. microcarpus* foram maiores que as do Controle, e iguais ao Comercial. A porcentagem de pontas colonizadas foi baixa para todos os fungos e não apresentou relação com a promoção do crescimento. A inoculação ou redução da adubação fosfatada influenciou apenas os teores de Ca, Fe, Cu e Mn na parte aérea das mudas, porém os resultados não foram suficientes para explicar a promoção do crescimento observado. A inoculação do micélio vegetativo do fungo *P. microcarpus* contribui para o crescimento de mudas com redução de adubação fosfatada em viveiro comercial. A eficiência do inoculante em promover benefícios é dependente do fungo veiculado.

Palavras-chave: nutrição de plantas, nutrientes, colonização micorrízica, produção de mudas.

Promotion of growth of clonal eucalyptus seedlings by *Pisolithus microcarpus*

ABSTRACT: The ectomycorrhizal fungi have been widely studied for exercising significant role in the functionality and maintaining of the ecosystems by forming mutualistic associations. The efficiency of inoculation with vegetative mycelium of ectomycorrhizal fungi impregnated alginate gel was evaluated in commercial nursery clonal eucalyptus. The experiment was conducted in a randomized block in a factorial 2 x 5, with eucalyptus clones GG100 and GG680 inoculated with *Pisolithus microcarpus*, *Hysterangium gardneri* and *Scleroderma areolatum* and grown in a substrate with reduction of phosphorus fertilization and controls non-inoculated with (Controle) and without (Comercial) reduction of phosphorus fertilization in the nursery. The seedling survival was not influenced by inoculation or by the reduction of phosphorus fertilization. At 120 days and in general for the two clones, height, diameter, dry weight of shoots, total dry matter and frequency of maximum grades for formation of clod of the roots of seedlings inoculated with *P. microcarpus* were greater than those of the Controle, and equals to the Comercial. The percentage of colonized tips roots were low for all fungi and not associated with the growth promotion. The inoculation or reduction of phosphorus fertilization only influenced the levels of Ca, Fe, Cu and Mn in shoots of seedlings, but the results were not sufficient to explain the observed growth promotion. The inoculation of the vegetative mycelium of the fungus *P. microcarpus* contributes to the growth of seedlings with reduced phosphorus fertilization in the nursery commercial. The efficiency of the inoculant is dependent in promote the benefits conveyed fungus.

Keywords: plant nutrition, nutrients, mycorrhizal colonization, seedling production

1 INTRODUÇÃO

Os fungos ectomicorrízicos (FEM) têm sido muito estudados por serem importantes funcionalidade e manutenção dos ecossistemas, através da formação de associações mutualísticas conhecidas como ectomicorrizas. A formação dessas estruturas permite às plantas explorar maior superfície através de hifas que colonizam as raízes permitindo um melhor aproveitamento de água e propiciam maior resistência a estresses hídricos, a temperaturas mais elevadas e acidez do solo, e maior tolerância às substâncias tóxicas no solo e a patógenos do sistema radicular (ALLEN, 1991; GRAZZIOTTI et al., 2003, HERRMAN et al., 2004). Um dos mais consistentes e importantes efeitos nutricionais dos fungos ectomicorrízicos é a melhora na absorção de nutrientes pouco móveis como o P (BUCHER, 2007; TAYLOR e PETERSON, 2005). Os FEM são muito úteis àquelas plantas que por natureza não possuem mecanismos morfológicos e fisiológicos eficientes para a absorção de P (ANDERSON e CAIRNEY, 2007).

As associações com fungos ectomicorrízicos predominam em famílias de plantas nas quais encontram-se as espécies mais utilizadas em silvicultura no mundo, como o *Eucalyptus*, cuja área plantada no Brasil é de aproximadamente 5,1 milhões de hectares (ABRAF, 2013). Apesar da contribuição das florestas plantadas, a demanda de madeira é superior à capacidade de produção sustentável dos reflorestamentos existentes, refletindo-se nos preços praticados no mercado, na competitividade da indústria florestal e nos remanescentes das florestas nativas. A expansão da base florestal plantada encontra restrições sobretudo de ordem ambiental, tornando urgente intervenções para maximizar o potencial produtivo com estratégias adequadas de manejo. Dentre as ações, está o plantio de mudas inoculadas com fungos ectomicorrízicos. No Brasil, apesar do conhecimento dos bons resultados proporcionados pela inoculação (ALVES et al., 2001; SOUZA et al., 2004), não há produção e aplicação comercial de inoculantes de fungos ectomicorrízicos, prática que já ocorre em países como Austrália, Canadá, Chile, Estados Unidos e México (CASTELLANO & MOLINA, 1989; GARBAYE, 1990).

A presença de fungos ectomicorrízicos em viveiros comerciais, geralmente, não é observada devido à grande quantidade adubação, principalmente fosfatada, utilizada nestes locais e volume de água fornecido às mudas (CASTELLANO e MOLINA, 1989). Além disso, a inoculação em viveiros comerciais no Brasil também esbarra na inexistência de inoculantes disponíveis no mercado nacional. Em outros países esses inoculante são uma realidade

(<http://www.mycorrhizae.com/tools-tips-products/>;

<http://www.phcmexico.com.mx/phcmicorrizas.html>). O uso de esporos ectomicorrízicos, produzidos em basidiocarpos, encontra limitações devido à sazonalidade da produção de basidiocarpos, a quantidade limitada de basidiocarpos disponíveis para a fabricação do inoculante, a viabilidade dos esporos e o tempo relativamente longo entre a inoculação e a formação de ectomicorrizas. Também, ao se fazer a inoculação com esporos, não há possibilidade de seleção dos melhores indivíduos fúngicos que irão formar ectomicorrizas com a planta hospedeira (COSTA, et al., 2003).

A utilização do micélio vegetativo em meio sólido, composto de turfa-vermiculita-meio de cultura Melin-Norkans modificado (MMN) possibilita o trabalho com fungos ectomicorrízicos previamente selecionados e tem sido utilizada. Outro inoculante testado é o obtido pela técnica de fermentação de meio líquido, com posterior inclusão micélio em gel de alginato de cálcio (MAUPÉRIN et al., 1987; ROSSI et al., 2007). Estudos realizados utilizando esse inoculante, desmonstram uma maior eficiência, provavelmente pela proteção de micélio no interior do gel, maior facilidade de armazenamento e maior período de sobrevivência dos fungos (KUEK et al., 1992; OLIVEIRA et al., 2006; ROSSI et al., 2007). Porém, os fungos ectomicorrízicos apresentam diferenças fisiológicas e nutricionais quando cultivados em meio de cultura, variando a velocidade de crescimento e a tolerância à falta de oxigênio (MOLINA e PALMER, 1982), além da suscetibilidade à contaminação devido à presença de açúcares (GARBAYE, 1990).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação de micélio vegetativo de fungos ectomicorrízicos produzido em cultivo submerso e impregnados em gel de alginato em viveiro comercial de mudas clonais de eucalipto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O estudo foi realizado de agosto a dezembro de 2011 no viveiro comercial de mudas clonais de *Eucalyptus* sp. da empresa Gerdau, localizada em Três Marias – MG, nas coordenadas geográficas 18°14'43"S e 45°03'30"W. A temperatura média anual do município é de 22,5 °C e precipitação média anual de 1.442 mm e tem classificação climática Aw: Clima tropical com estação seca de inverno (Köppen). Durante o período que as mudas ficaram no viveiro a temperatura média foi de 22,1 °C (INMET, 2011).

2.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento blocos casualizados visando o controle de diferentes fatores ambientais, como irrigação e incidência de radiação solar. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 5, sendo mudas dos clones GG100 e GG680 de eucalipto, inoculadas com *Pisolithus microcarpus* isolado UFSC-Pt116, *Hysterangium gardneri* isolado UFSC-Hg93 e *Scleroderma areolatum* isolado UFSC-Sc129 e crescidas em substrato com redução da adubação fosfatada, mais os controles não-inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na produção das mudas. Os tratamentos possuíam quatro blocos com 70 mudas por parcela experimental.

2.3 Fungos ectomicorrízicos e produção de inoculante

Os fungos ectomicorrízicos (FEM) utilizados foram isolados de basidiomas coletados em plantações comerciais de *Eucalyptus dunnii* em Santa Catarina e pertencem a coleção do Laboratório de Diversidade Microbiana da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os inoculantes foram produzidos no Laboratório de Bioprocessos da UFSC em meio de cultura PGKM em cultivo submerso (ROSSI et al., 2007) e posteriormente veiculados em cápsulas de gel de alginato de cálcio com 4 mm de diâmetro. Após a produção, os inoculantes passaram por testes de viabilidade.

2.4 Substrato de produção das mudas, fertilização e inoculação

O substrato de produção de mudas utilizado foi uma mistura 3:1 (v:v) de vermiculita média (Agrofloc Médio – Brasil Minérios LTDA.) e fibra de coco (Golden mix – Amafibra Fibras e Substratos Agrícolas da Amazônia LTDA.). Para os tratamentos inoculados e os Controles (dois clones não-inoculados) foi adicionado ao substrato 0,89 g dm⁻³ do fertilizante

19-06-10 (N-P₂O₅-K₂O) de liberação lenta (3 a 4 meses) Osmocote® (Scotts – Sierra Horticultura Product Company), o que forneceu a cada muda o equivalente a 1,28 mg de P. Para os Comerciais (dois clones não inoculados e sem redução da adubação do substrato de produção de mudas) o substrato recebeu 1,80 mg dm⁻³ de P na forma do fertilizante 19-06-10 (N-P₂O₅-K₂O) mais 19,10 mg dm⁻³ de P na forma de Superfosfato Simples (Vanguard – Macro & Micro Comércio Adubos LTDA.). Assim nos tratamentos Comerciais, cada muda recebeu o equivalente a 20,9 mg de P.

Após a adição dos fertilizantes e homogeneização, o substrato foi umedecido com 10 % do seu volume em água e em seguida o inoculante foi adicionado, obtendo-se assim a proporção de 13 cápsulas de inoculante por 55 cm³ de substrato (por tubete). No substrato produzido para o tratamento Controle, dos dois clones, foi misturados a mesma quantidade de cápsulas de gel alginato de cálcio, porém sem micélio fúngico. Os tratamentos Comerciais não receberam qualquer tipo de inoculante. O substrato foi acondicionado em tubetes de 55 cm³, previamente lavados em água corrente e desinfetados por imersão em água a 85 °C por 10 segundos.

2.5 Plantio das miniestacas

Miniestacas com 6 a 8 cm de comprimento e com dois pares de folhas, dos clones GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, foram coletadas no minijardim clonal da Gerdau em Três Marias – MG e no mesmo dia estaqueadas nos tubetes preenchidos com os respectivos substratos para cada tratamento. Estes clones foram escolhidos por serem de cruzamentos diferentes e de importância comercial para a empresa. O GG100 apresenta densidade básica de 499 kg m⁻³ e o GG680 apresenta densidade de 564 kg m⁻³.

2.6 Condução do experimento

As mudas foram acondicionadas em casa de vegetação, com irrigação por micro aspersão com turno de rega 20 minutos e lâmina de água 1 mm. Dois dias após o estaqueamento, as mudas foram pulverizadas com uma solução de 2 mL L⁻¹ do fungicida tebuconazole (Folicur® - Bayer CropScience S.A.) com objetivo de minimizar o ataque de fungos às mudas. Este fungicida foi escolhido por ser do grupo das triazóis e possuir menor efeito sobre os fungos do filo Basidiomicota. Após 22 dias, as mudas foram transferidas para casa de sombra, onde permaneceram por 12 dias. Entre os dias 28 e 29 de idade das mudas ocorreu falta de água no viveiro e estas passaram por um estresse hídrico. A partir do 31º dia,

até 120 dias as mudas receberam fertirrigações semanais. As fertirrigações foram realizadas com regador, sendo que em cada uma foram aplicados 2 L m^{-2} da solução nutritiva contendo: 2.028 mg de N ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$); 60 mg de Fe (Ferrilene[®] 6 %); 928,7 mg de P (Superfosfato Simples); 1709 mg de K (KCl); 197,6 mg de Mn (MnSO_4); 22,1 mg de B (H_3BO_3); 20 mg de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$); 6,5 mg de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e 8,6 mg de Mg (MgSO_4). Considerando que toda a solução distribuída na área do tubete (diâmetro interno de 27 mm) infiltrou, a fertirrigação semanal forneceu 0,96 mg de P por muda. O Superfosfato Simples foi retirado da solução nutritiva a partir da quarta fertirrigação para os tratamentos inoculados e o Controle. O Comercial recebeu 12 fertirrigações com a solução nutritiva completa. Aos 44 dias após o estaqueamento as mudas foram transferidas para canteiro a pleno sol, onde permaneceram até os 120 dias. A adubação fosfatada dos tratamentos inoculados e Controle foi no total de $4,2 \text{ mg P planta}^{-1}$, enquanto que para o tratamento Comercial a adubação fosfatada totalizou $32,4 \text{ mg P planta}^{-1}$.

2.7 Avaliações e colheita do experimento

A sobrevivência, altura da parte aérea e diâmetro do coleto das mudas foram avaliados aos 90 e 120 dias após o estaqueamento. Aos 122 dias, as mudas foram cortadas rente ao tubete, separando a parte aérea das raízes. Os torrões, raízes mais substrato foram removidos do tubete e atribuídas notas para a formação do torrão das raízes (Figura 1). Em seguida, as raízes foram lavadas em água corrente para a remoção do substrato e obtenção de uma subamostra de raízes de 10 mudas escolhidas aleatoriamente da parcela experimental, essas subamostras compuseram uma amostra de raízes composta da parcela experimental. Estas amostras de raízes foram armazenadas em solução de álcool 50 % para posterior determinação da porcentagem de pontas de raízes colonizadas por FEM (BRUNDRETT et al., 1996). O restante das raízes e a parte aérea foram secos até peso constante em estufa de circulação de ar forçada a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes e o cálculo da massa seca total (MST). A parte aérea foi moída em moinho tipo Willey, digerida em ácido nítrico perclórico 2:1 (v:v) e os teores de nutrientes foram determinados segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).



Figura 1. Características dos torrões das raízes das mudas de eucalipto correspondentes às notas: a) Nota 3 – torrão firme e bem enraizado; b) Nota 2 – torrão moderadamente firme e parcialmente enraizado; c) Nota 1 – torrão fraco e mal enraizado.

2.8 Análises estatísticas

Os dados de notas para formação torrão foram submetidos a uma análise de frequência. Os demais dados de altura, diâmetro do coleto, sobrevivência, massa seca da parte aérea, massa seca total, porcentagem de pontas de raízes colonizadas e teores nutrientes foram analisados quanto à distribuição (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (Teste de Cochran & Bartlett) e em seguida foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

3 RESULTADOS

3.1 Sobrevivência, crescimento das mudas e colonização das raízes

Nas duas avaliações (90 e 120 dias), a sobrevivência foi influenciada apenas por clones, sendo a sobrevivência 23,1 % aos 90 dias e 25,2 % aos 120 dias, maior para as mudas do GG100 em relação às aquelas do GG680. A altura e diâmetro foram influenciados por clones e pela inoculação de FEM em todos os períodos de avaliação (Figura 2). As mudas do GG100 foram maiores do que as do GG680, sendo essa diferença de 3,0 cm aos 90 dias e de 5,1 cm aos 120 dias para altura e de 0,12 mm aos 90 dias e de 0,2 mm aos 120 dias para diâmetro do coleto (Figura 2).

Em relação aos FEM, a altura das mudas inoculadas com *P. microcarpus* foi 10,3 % maiores que as do Controle aos 90 dias após o estaqueamento, porém foi 7,9 % menor que as do Comercial (Figura 2a). Já, aos 120 dias as mudas inoculadas com este fungo mantiveram a diferença em relação às aquelas do Controle e se igualaram às do Comercial (Figura 2b). Aos 90

dias, o diâmetro do coleto das mudas inoculadas com *H. gardneri* e *P. microcarpus* foi igual as do Comercial e maior que as do Controle e as inoculadas com *S. areolatum* (Figura 2c). Já aos 120 dias, apenas as mudas inoculadas com *P. microcarpus* mantiveram-se iguais as do Comercial, enquanto as inoculadas com *S. areolatum* e *H. gardneri* e Controle foram menores (Figura 2d).

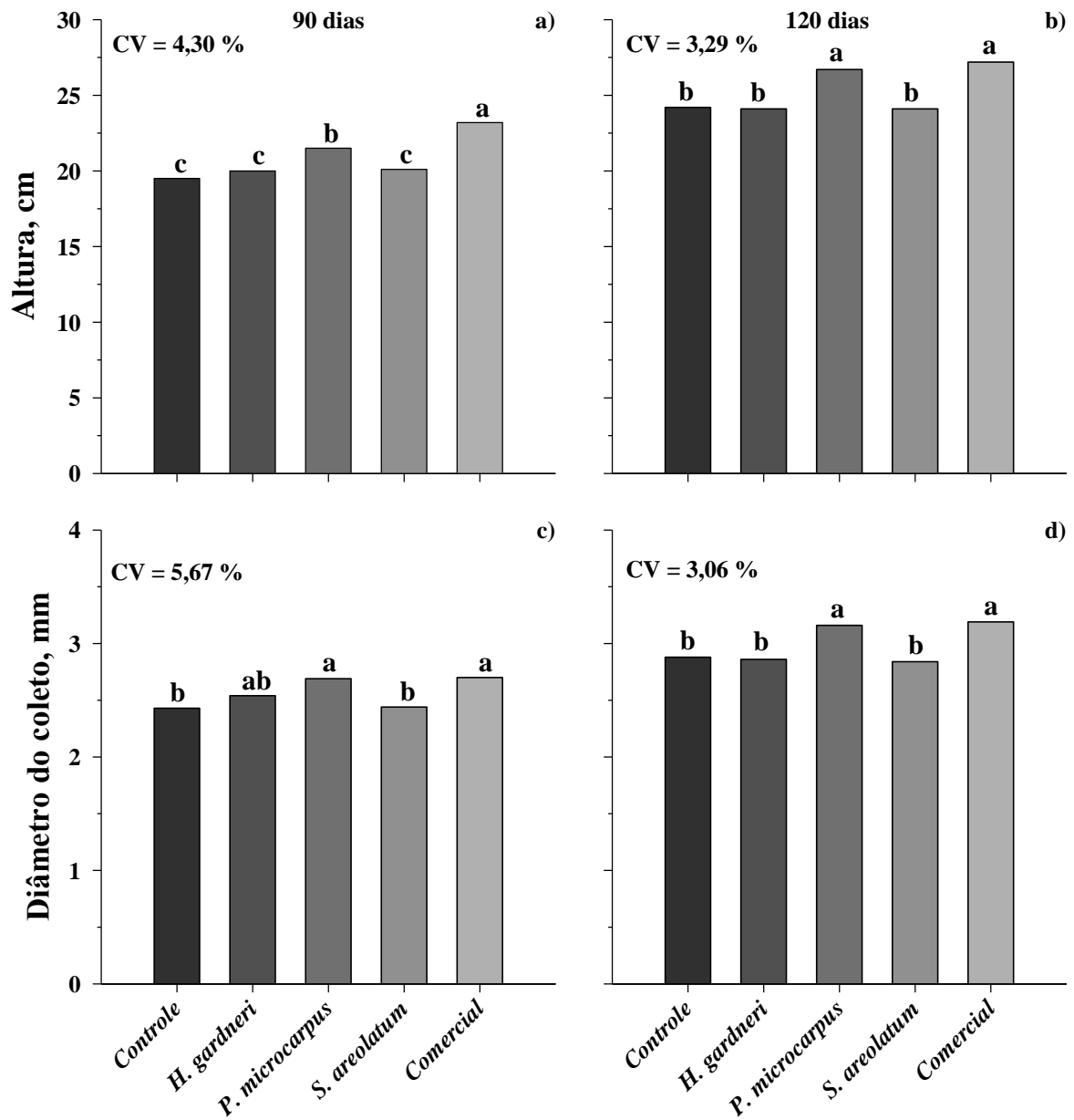


Figura 2. Altura e diâmetro do coleto médios das mudas de clones de eucalipto GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *Eucalyptus grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas, em viveiro comercial. Tratamentos seguidos da mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A MSPA foi influenciada pelos efeitos principais, clones e inoculação de FEM e a MST apenas pela inoculação (Figura 3). A média geral da MSPA das mudas do GG680 (1,83 g) foi maior do que as do GG100 (1,68 g). Para as duas variáveis de biomassa seca, as mudas inoculadas com *P. microcarpus* foram maiores do que aquelas do Controle, sendo 45,4 % para MSPA e 41,5 % para MST, e foram iguais àsquelas do Comercial (Figura 3). As mudas inoculadas com *S. areolatum* e *H. gardneri* foram iguais as do Controle e menores do que as do Comercial.

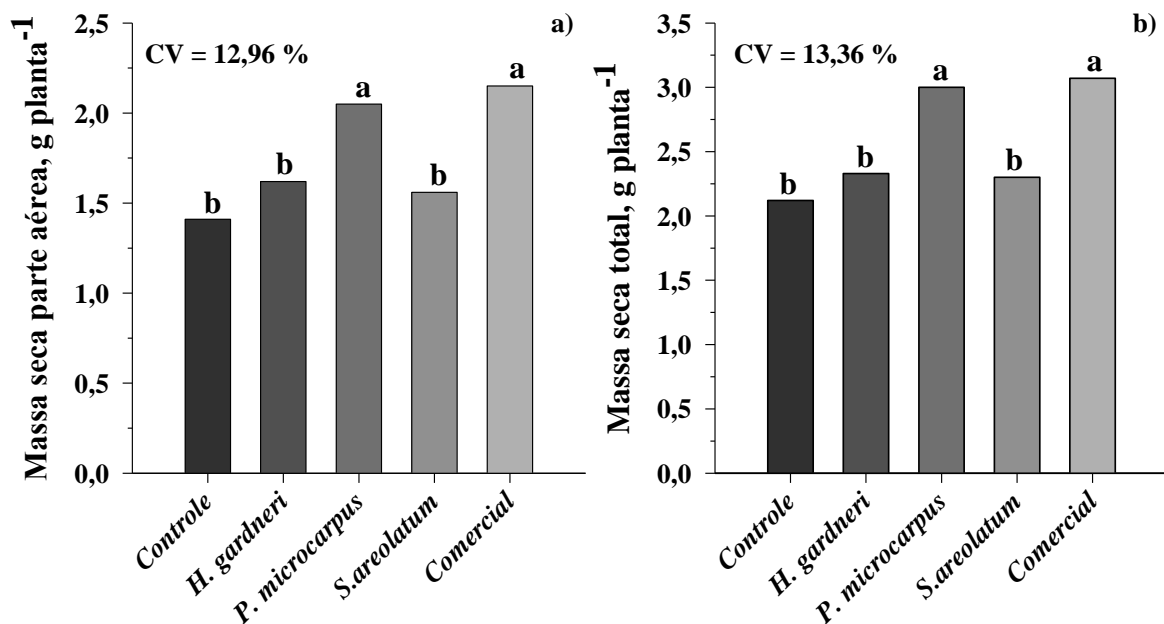


Figura 3. Massa seca da parte aérea (a) e massa seca total (b) das mudas dos clones GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *Eucalyptus grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada no substrato de produção das mudas, em viveiro comercial. Tratamentos seguidos da mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para os dois clones e todas as condições inoculação ou adubação, a frequência de nota máxima para formação do torrão das raízes foi sempre maior do que a frequência de torrões moderadamente firmes e parcialmente enraizados e de fracos e mal enraizados (Figura 4). A frequência de nota máxima para formação do torrão das raízes foi maior nas mudas do GG100 do que naquelas do GG680 (Figura 4). Em ambos os clones as mudas inoculadas com *P. microcarpus* apresentaram maior frequência de notas 3, sendo que para o GG100, as mudas inoculadas com este fungo tiveram 8,5 % a mais de notas máximas, quanto à formação de raízes e torrão, do que o Controle e 18,9 % a mais que o Comercial. Para GG680, as mudas inoculadas com *P. microcarpus* obtiveram 18,4 % a mais de notas máximas do que o Controle e 11,9 % a mais que o Comercial (Figura 4).

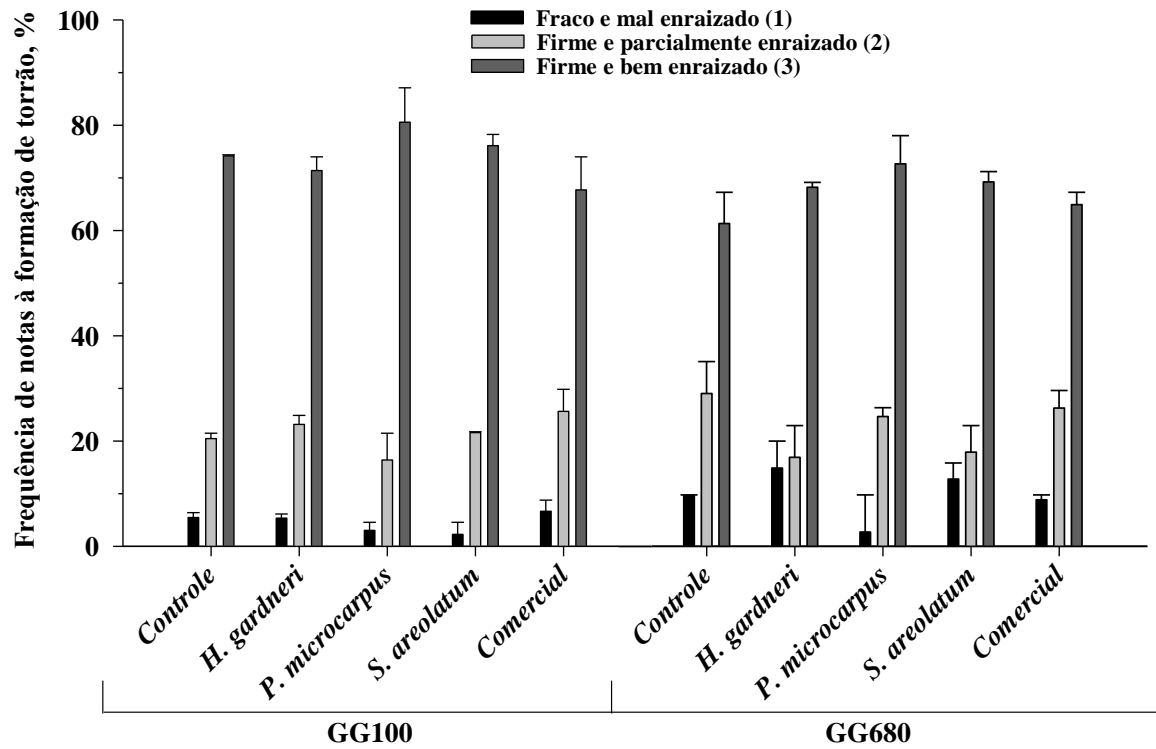


Figura 4. Frequência das notas atribuídas à formação das raízes das mudas de clones de eucalipto inoculados com fungos ectomicorrízicos não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas.

A colonização ectomicorrízica foi observada em todos os tratamentos (Figura 5). Para o GG100, as mudas inoculadas com os três fungos apresentaram porcentagem de pontas colonizadas iguais as do Controle e maiores do que as do Comercial. Já para o GG680, as mudas inoculadas com *H. gardneri* possuíam maior colonização, e os demais tratamentos não diferiram entre si.

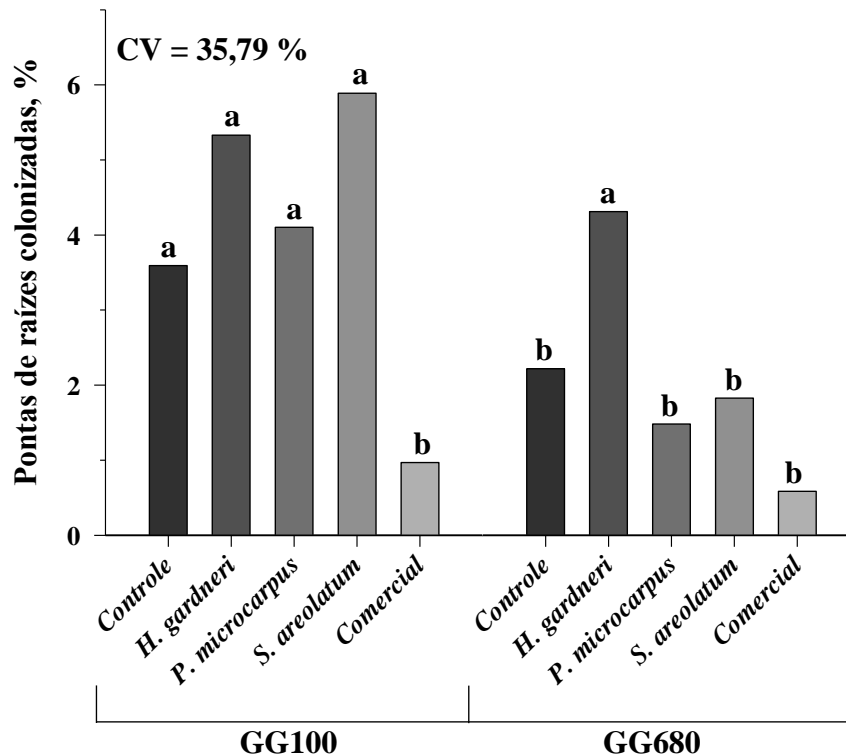


Figura 5. Porcentagem de pontas colonizadas das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla* e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *Eucalyptus grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com redução (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada no substrato de produção das mudas aos 120 dias, em viveiro comercial. Tratamentos seguidos da mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.2 Teores de nutrientes

Os teores de P, Mg e B na parte aérea das mudas não foram influenciados ($p > 0,05$) pelos isolados e clones, e foram em média $0,47 \text{ g Kg}^{-1}$ de P, $2,76 \text{ g Kg}^{-1}$ de Mg e $44,2 \text{ mg Kg}^{-1}$ de B. Já os teores de N, K e Zn foram influenciados ($p < 0,05$) apenas pelos clones, sendo os teores médios de N iguais a $6,9 \text{ g Kg}^{-1}$ para o GG100 e $6,2 \text{ g Kg}^{-1}$ para o GG680, os teores de K iguais a $25,5 \text{ g Kg}^{-1}$ para o GG100 e $21,9 \text{ g Kg}^{-1}$ para o GG680 e os teores de Zn iguais a $18,8 \text{ mg Kg}^{-1}$ para o GG100 e $22,7 \text{ mg Kg}^{-1}$ para o GG680.

Os teores de Ca, Fe, Cu e Mn foram influenciados ($p < 0,01$) pela inoculação de FEM e pelos clones (Figura 6). Nas mudas do GG100, os teores de Ca não diferiram entre aquelas inoculadas com *H. gardneri* e *P. microcarpus* e as das não-inoculadas (Controle e Comercial) (Figura 6a), enquanto os teores desse nutriente naquelas inoculadas com *S. areolatum* foram menores do que as do Comercial. Para o GG680, os teores de Ca foram maiores nas mudas inoculadas com *H. gardneri*.

Os teores de Fe das mudas do GG100 inoculadas foram iguais àsquelas do Comercial, porém não diferiram do Controle (Figura 6b). Para o GG680, os teores de Fe nas mudas inoculadas foram menores que as mudas do Comercial e iguais as do Controle.

Os maiores teores de Cu nas mudas do GG100 foram observados nas mudas inoculadas com *H. gardneri* seguido daquelas inoculadas com *P. microcarpus*, porém os teores desse nutriente nas últimas não diferiram das do Controle e do Comercial (Figura 6c). Para o GG680, os teores de Cu foram iguais entre todos os tratamentos fúngicos.

Os teores de Mn nas mudas do GG100 não foram influenciados pela inoculação ou redução da adubação (Figura 6d). Para o GG680, os teores de Mn foram maiores nas mudas do Controle e nas mudas inoculadas pelos três FEM, no entanto estas últimas não diferiram das do Comercial.

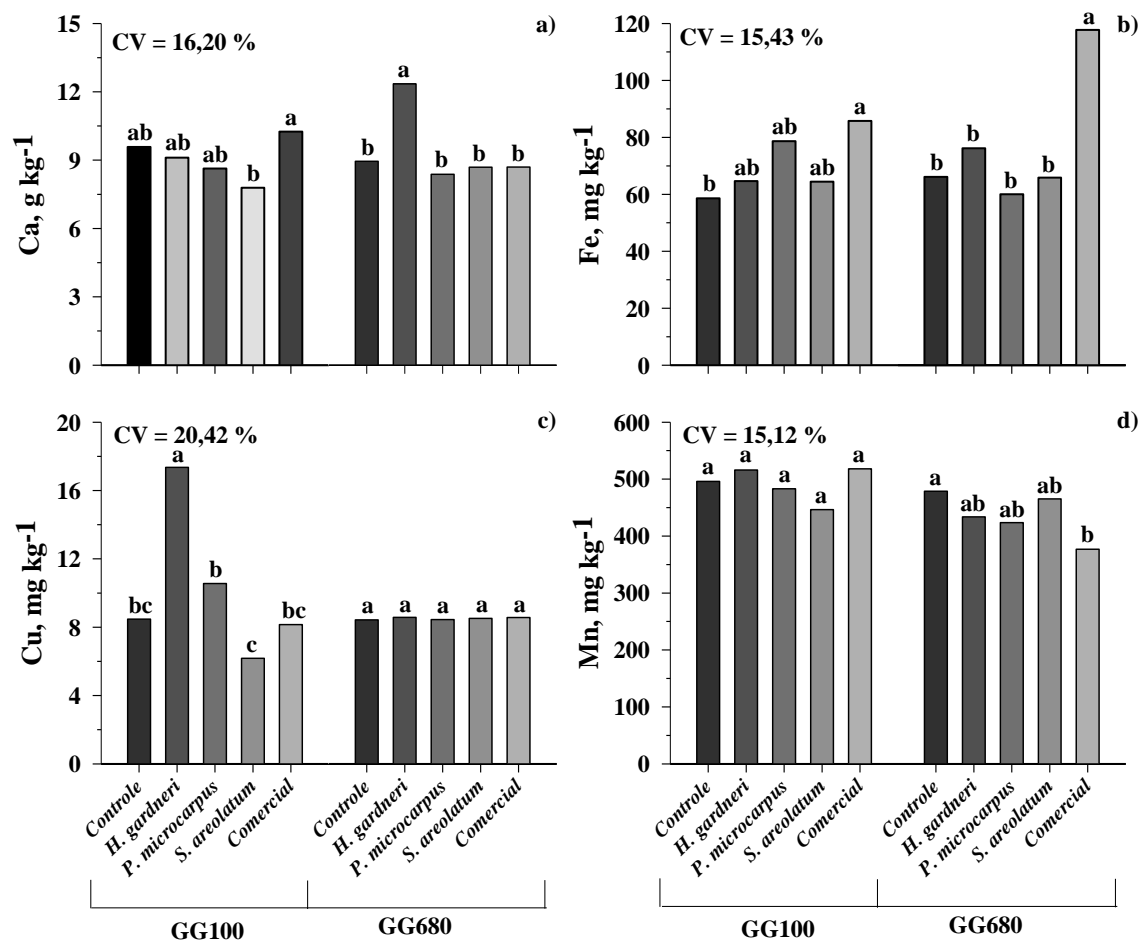


Figura 6. Teores de nutrientes das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. Urophylla* com *Eucalyptus grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não-inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas, em viveiro comercial. Tratamentos seguidos da mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4 DISCUSSÃO

4.1 Sobrevivência, crescimento das mudas e colonização das raízes

A ausência de efeito da inoculação de FEM sobre a sobrevivência das mudas corrobora com o observado em *Eucalyptus globulus* e *E. urophylla* inoculadas com *Scleroderma* spp. (CHEN et al., 2006)

A capacidade diferenciada de FEM em promover a altura da parte aérea, diâmetro do coleto e na biomassa de mudas de eucalipto (Figura 2 e 4) também foi observada em outros trabalhos (SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2012). A massa seca de mudas de *Eucalyptus* inoculadas com *P. microcarpus* foram 23 % maiores que as não-inoculadas quando crescidas em casa de vegetação (SOUZA et al., 2004). A inoculação de *Pisolithus* sp. também aumentou no diâmetro e massa seca da parte aérea em mudas de *Populus tremuloides* e *Pinus kesiya* cultivadas em casa de vegetação (JHA et al., 2008; QUORESHI e KHASA, 2008). Mudas de *Eucalyptus dunnii* possuíam maior diâmetro do coleto (1,4 vezes), altura da parte aérea (1,3 vezes) e MSPA (1,7 vezes) quando inoculadas com *Pisolithus* sp. do que as não inoculadas (ALVES et al., 2001). Isto demonstra a importância dos trabalhos que objetivam a seleção de FEM mais promissores para o uso na micorrização controlada em viveiros de produção de mudas. Mas a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos com eucalipto foi em condições de casa de vegetação e com mudas seminais.

Apesar da não influencia da inoculação sobre a sobrevivência das mudas a maior frequência de notas 3 (torrão firme e bem enraizado) para os torrões das mudas inoculadas com o *P. microcarpus* (Figura 4) indica uma melhor qualidade das mudas e, conseqüentemente maior probabilidade de sobrevivência delas no campo. A formação de raízes é um dos fatores que podem interferir no desempenho inicial das mudas no campo, uma vez que mudas que apresentam grande produção de raízes, principalmente finas, são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (FREITAS et al., 2005).

As mudas inoculadas com *P. microcarpus* com crescimento igual àquelas do Comercial, bem como as inoculadas com *H. gardneri*, *S. areolatum* e Controle que foram menores do que aquelas do Comercial apresentaram características adequadas de crescimento para o plantio no campo: altura entre 20-40 cm, diâmetro do colo maior que 2 mm, três ou mais pares de folhas, mudas livres de doenças e pragas, sem deficiências, sistema radicular ativo e bem agregado ao substrato e parte aérea sem danos mecânicos e com haste única na

posição mais vertical possível, que são alguns critérios para definir mudas de qualidade para o plantio (XAVIER et al. 2009), além de estarem colonizadas por FEM.

A porcentagem de pontas de raízes colonizadas observada em geral pode ser considerada baixa quando comparada a colonização por isolados *Pisolithus* em *Eucalyptus* cuja faixa variou de 0,8 a 89,4 % (PEREIRA et al., 2005). A baixa colonização das mudas inoculadas pode ser devido a alguns fatores como: o grande volume de água utilizado no viveiro comercial, ineficiência do inoculante utilizado, inoculação de fungos provenientes de região diferente daquela onde se realizou o experimento e a adubação fosfatada. Com relação a adubação fosfatada, esta pode ser considerada alta mesmo para as mudas inoculadas e Controle (4,2 mg planta⁻¹), pois foi maior do que aquelas consideradas adequadas para compatibilizar a colonização e o bom crescimento das mudas de eucalipto, da ordem de 0,5 e 1 mg planta⁻¹ (SOUZA et al., 2004).

Os fungos ectomicorrízicos variam intra e interespecies quanto a diversas características como: tolerância a estresses (GRAZZIOTTI et al., 2003; DI PIETRO et al., 2007) e capacidade de promover benefícios as plantas hospedeira (ALVES et al. 2001; SAWYER et al., 2003; SOUZA et al., 2012). Assim, a baixa porcentagem de pontas colonizadas observada no presente trabalho, demonstra a necessidade de outros trabalhos que selecionem diferentes fungos e, ou isolados com maior capacidade de adaptação as condições de produção de mudas de eucalipto utilizadas no Brasil e que ainda tenham capacidade de promover benefícios nas condições de viveiro e, ou de campo. Estes trabalhos ainda devem avaliar os inoculantes produzidos em misturas de turfa e vermiculita e em biorreatores.

Apesar da baixa colonização (Figura 5), *P. microcarpus* foi capaz de proporcionar maior altura, diâmetro, MSPA, MST e frequência de torrões firmes e bem enraizados nas mudas dos dois clones. Sendo que este fungo não demonstrou uma capacidade diferenciada de colonizar as raízes das mudas. Esta falta de relação entre colonização e benefícios para a planta também foi observada em *Eucalyptus* sp. inoculadas com *Chondrogaster angustisporus* e *Pisolithus tinctorius* (SOUZA et al., 2004; HEINRICH et al., 1988). Este tipo de resultado ainda não possui razões claras, contudo este efeito pode ser consequência da atividade do fungo na rizosfera ainda que a simbiose não tenha sido claramente detectada.

4.2 Teores de nutrientes

Quando comparamos os teores dos nutrientes com as faixas consideradas adequadas para mudas de eucalipto, observamos que os teores médios de N, P, Mg, Zn, Fe e Cu encontravam-se a baixo da faixa adequada (N: 13-15 g Kg⁻¹, P: 1,5-2,0 g kg⁻¹, Mg: 3,0-3,5 g Kg⁻¹, Zn: 30-40 mg Kg⁻¹, Fe: 80-130 mg Kg⁻¹, Cu: 10-15 mg Kg⁻¹ - SILVEIRA et al., 2001), os teores médios de Ca e Mn dentro da faixa adequada (Ca: 8-12 g Kg⁻¹, Mn: 300-500 mg Kg⁻¹ - SILVEIRA et al., 2001) e os teores médios de K e B acima da faixa adequada para mudas eucalipto (K: 15-20 g kg⁻¹, B: 30-40 g kg⁻¹ - SILVEIRA et al., 2001). Porém, os teores desses nutrientes não foram influenciados pela inoculação ou redução da adubação no substrato de produção de muda. Portanto, não ajudam a explicar a promoção do crescimento das mudas inoculadas com *P. microcarpus* (Figuras 2b, d e 3).

Como o crescimento das mudas inoculadas com o *P. microcarpus* foi, em geral, igual ao das mudas do Comercial e os teores de P na parte aérea não diferiram, apesar da redução na adubação de 7,7 vezes, isto indica que a inoculação deste FEM proporcionou melhor aproveitamento do adubo utilizado como diversas vezes citado na literatura consultada (SOUZA et al., 2004; SOUSA et al., 2012). Este resultado reforça a necessidade de estudos que identifiquem a adubação fosfatada ótima para mudas inoculadas.

Em geral os teores de Ca e Mn observados estavam dentro da faixa considerada adequada para mudas de eucalipto (Ca: 8-12 g Kg⁻¹, Mn: 300-500 mg Kg⁻¹ - SILVEIRA et al., 2001) (Figura 6). Mas, nas mudas inoculadas o fungo *H. gardneri* observou-se um aumento na absorção de Ca para as mudas do GG680 (Figura 6a) e de Cu para as mudas do GG100 (Figura 6c). Existem evidências de que o fungo ectomicorrízico *Hysterangium* sp. produz induzem a formação de CaOx nas células radiculares corticais por meio do incremento na concentração de Ca e exsudação de ácidos orgânicos pelo fungo (GONZALEZ, et al., 2009).

Os teores de Cu nas mudas do GG100 inoculadas com *H. gardneri* estavam acima (Figura 6c) da faixa adequada (Cu: 10-15 mg Kg⁻¹ - SILVEIRA et al., 2001), mas não atingiram níveis tóxicos para esse elemento. Para as mudas inoculadas com *P. microcarpus*, os teores de Cu estavam dentro da faixa considerada adequada para mudas de eucalipto e as do Controle, Comercial e inoculadas com *S. areolatum* estavam abaixo da faixa considerada adequada. Porém, esses maiores teores de Cu nas mudas inoculadas com *H. gardneri* e menores nas mudas inoculadas com *S. aerolatum* não podem explicar sozinhos os resultados de crescimento para essas mudas, pois o crescimento das mudas foi semelhante a outros tratamentos que apresentaram os teores de Cu abaixo da faixa adequada.

Em todas as mudas inoculadas e Controle, os teores de Fe nas mudas estavam abaixo da faixa considerada adequada para mudas de eucalipto (Fe: 80-120 mg Kg⁻¹ - SILVEIRA et al., 2001). Já, os teores observados nas mudas não-inoculadas e sem redução da adubação fosfatada (Comercial) encontravam-se dentro da faixa considerada adequada (Figura 6b). No entanto, para as mudas do GG100, os teores de Fe das mudas do Comercial foram maiores apenas que as do Controle (Figura 6b). Assim, apesar desses resultados sugerirem que o melhor crescimento das plantas do Comercial para o GG680 pode ser sido devido a uma melhor nutrição em Fe, isto não fica claro para o GG100. Havendo, portanto, a necessidade de outros estudos que investiguem o feito da fertilização com o Fe em mudas inoculadas.

5 CONCLUSÕES

A inoculação do micélio vegetativo impregnado em gel de alginato do fungo *P. microcarpus* aumenta o crescimento de mudas com redução de adubação fosfatada em viveiro comercial.

A eficiência do inoculante em promover benefícios é dependente do fungo veiculado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012 / ABRAF. Brasília, 2013, 148p.
- ALLEN, M.F. *The Ecology of Mycorrhizae*. Cambridge University Press, 1991, 184p.
- 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, fevereiro, v.36, n.2, p.307-313, 2001.
- ANDERSON, I.C.; CAIRNEY, J.W.G. Ectomycorrhizal fungi: exploring the mycelial frontier. **FEMS Microbiology Reviews**, v.31, p.388-406, 2007.
- 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.
- BUCHER, M. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. **New Phytologist**, v.173, p.11-26, 2007.
- CASTELLANO, M. A.; MOLINA, R. Mycorrhizae. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. (Ed.). **The biological components: nursery pests and mycorrhizae**. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **The container tree nursery manual**. Washington, p.101-171, 1989.
- 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.
- COSTA, M.D.; PEREIRA, O.L.; KASUYA, M.C.M.; BORGES, A.C. Ectomicorrizas: a face oculta das floresta. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.29, p.38-46, 2003.
- DI PIETRO, M.; CHURIN, J.L.; GARBAYE, J. Differential ability of ectomycorrhizas to survive drying. **Mycorrhiza**, Berlin, v.17, p.547-550, 2007.
- FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A.; PENCHEL, R.M.; LAMÔNICA, K.R.; FERREIRA, D.A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.853-861, 2005.
- GARBAYE, J. Utilisation des mycorrhizes en sylviculture. In: **Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées**. (Strullu, D.G., ed.), Paris: Lavoisier, p.197-248, 1990.
- GONZALEZ, J.A.Z.; COSTA, M.D.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; BORGES, A.C. Acúmulo de ácido oxálico e cristais de cálcio em ectomicorrizas de eucalipto. ii – formação de cristais de oxalato de cálcio induzida por fungos ectomicorrízicos em raízes laterais finas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.555-562, 2009.

GRAUSTEIN, W.C.; CROMACK, K. & SOLLINS, P. Calcium oxalate: Occurrence in soils and effect on nutrient and geochemical cycles. **Science**, v.4323, p.1252-1254, 1977.

HEINRICH, P.A.; MULLIGAN, D.R.; PATRICK, J.W. The effect of ectomycorrhizas on the phosphorus and dry weight acquisition of *Eucalyptus* seedlings. **Plant and Soil**, v.109, p.147-149, 1988.

HERRMANN, S.; OELMÜLLER, R.; BUSCOT, F. Manipulation of the onset of ectomycorrhiza formation by indole-3-acetic acid, activated charcoal or relative humidity in the association between oak microcuttings and *Piloderma croceum* influence on plant development and photosynthesis. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.509-517, 2004.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia.
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acessado em 20 Dez. 2011.

JHA, B.N.; SHARMA, G.H.; SHUKLA, A.K. Effect of ectomycorrhizal development on growth in pines seedlings. **Journal of Plant Sciences**, v.3, n.1, p.77-84, 2008.

KUEK, C.; TOMMERUP, I.C.; MALAJCZUCK, N. Hydrogel bead inocula for the production of ectomycorrhizal eucalyptus for plantations. **Mycological Research**, v.96, p.273-277, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARX, D.H. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic fungi and soil bacteria. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. **Phytopathology**, St. Paul, v.59, p.153-163, 1969.

MARX, D.H.; RUEHLE, J.L.; KENNEY, D.S.; CORDELL, C.E.; RIFFLE, J.W.; MOLINA, R.J.; PAWUK, W.H.; NAVRATIL, S.; TINUS, R.W.; GOODWIN, O.C. Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* inoculation techniques of development of ectomycorrhizae on container grow tree seedlings. **Forest Science**, v.28, p.273-400, 1982.

MAUPERIN, C.H.; MORTIER, F.; GARBAYE, J.; LE TACON, F.; CARR, G. Viability of an ectomycorrhizal inoculum produced in a liquid medium and entrapped in a calcium alginate gel. **Canadian Journal of Botany**, v.65, p.2326-2329, 1987.

Mycorrhizal Application, Inc. Disponível em: <<http://www.mycorrhizae.com/tools-tips-products/>>. Acesso em 31 de jan. 2014.

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 na *airlift* bioreactor and immobilized in calcium alginate. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.37, p.251-255, 2006.

PEREIRA, O.L.; COSTA, M.D.; BORGES, A.C.; ARAÚJO, E.F.; KASUYA, M.C.M. Compatibility and ectomycorrhiza formation among *Pisolithus* isolates and *Eucalyptus* spp.. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.337-344, 2005.

PHC, Micorrizas. Disponível em: < <http://www.phcmexico.com.mx/phcmicorrizas.html>>. Acesso em 31 de jan. 2014.

QUORESHI, A.M.; KHASA, D.P. Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on root colonization, growth, and nutrient uptake of aspen and balsam poplar. **Biomass and Bioenergy**, v.32, p.381-391, 2008.

ROSSI, M.J.; FURIGO, A.J.; OLIVEIRA, V.L.; Inoculant production of ectomycorrhizal fungi by solid and submerged fermentations. **Food Technology Biotechnology**, 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. **Australian Journal of Botany**, v.51, p.151-158, 2003.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. Seja o doutor do seu eucalipto. Piracicaba, Potafós, 2001. 23p.

SOUSA, N.R.; FRANCO, A.R.; OLIVEIRA, R.S.; CASTRO, P.M.L. Ectomycorrhizal fungi as an alternative to the use of chemical fertilisers in nursery production of *Pinus pinaster*. **Journal of Environmental Management**, v.95, p.269-274, 2012.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.349-355, 2004.

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

SOUZA, E.L.; ANTONIOLLI, Z.I.; MACHADO, R.G.; ECKHARDT, D.P.; DAHMER, S.F.B.; SCHIRMER, G.K. Efeito da inoculação com isolados de fungos ectomicorrízicos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v.22, n.2, p.251-261, 2012

TAYLOR, J.H.; PETERSON, C.A. Ectomycorrhizal impacts on nutrient uptake pathways in Woods roots. **New Forests**, v.30, p.203-214, 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: ed. UFV. 2009. 272 p.

ARTIGO CIENTÍFICO II

Crescimento de mudas clonais de eucalipto inoculadas com fungos ectomicorrízicos em campo

RESUMO: As ectomicorrizas formadas nas florestas proporcionam benefícios que superam os fatores limitantes ao crescimento, especialmente em solos pobres. O crescimento e a colonização no campo de eucalipto, inoculados em viveiro comercial, foram avaliados. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, sendo mudas dos clones GG100 e GG680 produzidas em viveiro comercial com a inoculação de micélio vegetativo dos fungos ectomicorrízicos *Pisolithus microcarpus*, *Hysterangium gardneri* e *Scleroderma areolatum* impregnados em gel de alginato e crescidas em substrato com redução da adubação fosfatada, mais os controles não-inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na produção das mudas. As mudas foram plantadas em solo arenoso anteriormente cultivado com eucalipto. A sobrevivência foi de 100 % apenas para as plantas inoculadas com *P. microcarpus* e para as plantas do Comercial, em ambos os clones. Aos dois meses as plantas inoculadas com *P. microcarpus* foram maiores que as demais inoculadas e as do Controle, e o diâmetro do coleto das plantas inoculadas com *H. gardneri* e *P. microcarpus* foi igual as do Comercial. Aos quatro meses, as plantas inoculadas já haviam se igualado com as do Comercial. As diferenças na altura e diâmetro desapareceram nas avaliações aos seis e 12 meses de plantio. Os teores de clorofila foram maiores nas plantas do GG100. Aos seis meses a porcentagem de pontas colonizadas médias dos dois clones foi maior nas plantas inoculadas com *S. areolatum*, seguida daquelas inoculadas com *P. microcarpus* e das do Controle e aos 12 meses a porcentagem de pontas de raízes colonizadas foi semelhante em todos os tratamentos e foi, em média, foi 4,3 vezes maior do que a observada aos seis meses. Os teores de P, Ca, Mg e Zn aos seis, e os teores de N, K, Ca, Mg, Mn e B aos 12 meses, foram influenciados apenas por clones. Os fungos ectomicorrízicos avaliados não foram eficientes em colonizar as mudas no viveiro. A baixa colonização obtida na fase de viveiro e a origem dos fungos, diferente do local do experimento, ajudam a explicar a ausência de benefícios da inoculação no campo. A colonização ectomicorrízica nas plantas de eucalipto ocorre naturalmente e aumenta na medida do estabelecimento da planta no campo.

Palavras-chave: Plantio comercial, plantas colonizadas, *Eucalyptus*, ectomicorriza.

Growth in the field of clonal eucalyptus seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi

ABSTRACT: The ectomycorrhizas formed in forests provide benefits which outweigh the factors limiting growth, especially in low fertility soils. The growth and colonization of eucalyptus in the field, inoculated in commercial nursery, were evaluated. The experiment was conducted in a randomized block in a factorial 2 x 5, with eucalyptus clones GG100 and GG680 produced in commercial nursery with the inoculation of vegetative mycelium of ectomycorrhizal fungi *Pisolithus microcarpus*, *Hysterangium gardneri* and *Scleroderma areolatum* impregnated in alginate gel and grown in a substrate with reduction of phosphorus fertilization and controls non-inoculated with (Controle) and without (Comercial) reduction of phosphorus fertilization in the nursery. The seedlings were planted in sandy soil previously cultivated with eucalyptus. The survival rate was 100% only for plants inoculated with *P. microcarpus* and the plants of the Comercial, in both clones. At two months the plants inoculated with *P. microcarpus* were larger than the other inoculated plants and of the Controle, and stem diameter of the plants inoculated with *H. gardneri* and *P. microcarpus* were equal to the Comercial. At four months, the inoculated plants were already equalized with of the Comercial. The differences in height and diameter disappeared at ages six and 12 months after planting. The chlorophyll levels were higher in plants of clone GG100. At six months, the average percentage of the two clones colonized tips was greater in plants inoculated with *S. areolatum*, followed by those inoculated with *P. microcarpus* and those of the Controle. At 12 months the percentage of root tips colonized was similar in all treatments and was on average was 4.3 times greater than that observed after six months. The levels of P, Ca, Mg and Zn at six months, and the levels of N, K, Ca, Mg, Mn and B at 12 months, were affected only by clones. Inoculation of seedlings in the nursery did not promote further growth in the field after planting. The low colonization obtained in the nursery and the origin of the fungi, different from the experimental site, help to explain the lack of benefits of inoculation in the field. The ectomycorrhizal colonization occurs naturally in eucalypt plants and increases according the establishment of the plant in the field.

Keywords: Commercial plantations, plants colonized, eucalyptus, ectomycorrhiza.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de eucalipto em solos brasileiros ocorre principalmente em solos de cerrado (ABRAF, 2013). Esses solos geralmente apresentam baixa fertilidade, elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, entre outros atributos. Assim, a associação destas plantas com fungos ectomicorrízicos pode ser benéfica, pois possibilita o aumento do volume de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente, das quantidades de nutrientes e de água absorvidos, contribuindo para sustentabilidade de florestas plantadas (CAIRNEY & CHAMBERS, 1997). As ectomicorrizas formadas contribuem efetivamente para absorção de P, Ca, K, Mg e micronutrientes pela planta hospedeira em razão do menor diâmetro das hifas, as quais podem explorar pequenos poros inacessíveis às raízes (WALLANDER et al., 2002; TAYLOR e PETERSON, 2005; BUCHER, 2007).

Além disso, evidências da estimulação do crescimento de plantas inoculadas e depois transplantadas têm sido observadas. Após o plantio no campo, foi observado aumento no crescimento e na sobrevivência de plantas de *Pinus radiata* inoculadas na fase de mudas com *Rhizopogon roseolus* e *Scleroderma citrinum* (ORTEGA et al., 2004), e de *Pinus pinea* inoculadas na fase de mudas com *Rhizopogon luteolus* e *Rhizopogon roseolus*, (PARLADÉ et al., 2004). Outros trabalhos mostram que os efeitos da inoculação dos fungos ectomicorrízicos *Laccaria bicolor*, *Melanogaster ambiguus*, *Rhizopogon clossus*, *Rhizopogon subareolatus* inoculados em Douglas-fir (PERA et al., 1999) e *Pisolithus tinctorius* inoculados em *Pinus* (MARX, 1991) persistiram por muitos anos no campo, e resultaram em aumento da sobrevivência e crescimento das árvores.

Assim, estabelecimento de plantios florestais colonizados por fungos ectomicorrízicos pode ser uma alternativa para aumentar a sustentabilidade das florestas plantadas e diminuir a dependência de fertilizantes químicos provenientes de fontes não renováveis. A inoculação das mudas, ainda no viveiro, pode ser uma alternativa para que o fungo possa ser levado a campo, com grande probabilidade de contribuir para o bom estabelecimento e desenvolvimento das plantas. Porém, o grau de resposta à micorrização em áreas de reflorestamento depende do estado de colonização das mudas no plantio, do local de plantio, persistência do fungo introduzido e outros fatores bióticos e abióticos no local de plantio (ORTEGA et al., 2003; QUORESHI et al., 2008; HORTAL et al., 2009).

Uma grande variação na resposta à inoculação geralmente ocorre a partir de fatores acima mencionados bem como compatibilidade fungo-hospedeiro, efetividade do fungo sob as condições do local e eficiência dos fungos nativos (DAHLBERG e STENSTROM, 1991).

Experimentos de campo são necessários em diferentes situações para otimização dos benefícios da inoculação, no entanto, nas condições brasileiras esses trabalhos são raros e a maioria dos encontrados na literatura foi realizada no hemisfério norte e com mudas de coníferas. Trabalhos avaliando o desenvolvimento no campo de mudas de eucalipto inoculadas com fungos ectomicorrízicos em viveiro comercial são raros ou até mesmo inexistentes. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento e a colonização no campo de clones de eucalipto previamente inoculados na fase de mudas com fungos ectomicorrízicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e condições climáticas

O estudo foi realizado de dezembro de 2011 a dezembro de 2012 em área de campo da Fazenda Cabana Santa Bárbara pertencente a Gerdau Aços Longos S/A no município de Três Marias – MG. A área está localizada nas coordenadas geográficas 18°07'35,2''S e 44°57'30,4''W. A temperatura média anual do município é de 22,5 °C, precipitação média anual de 1.442 mm e classificação climática Aw: Clima tropical com estação seca de inverno (Köppen) (Figura 1).

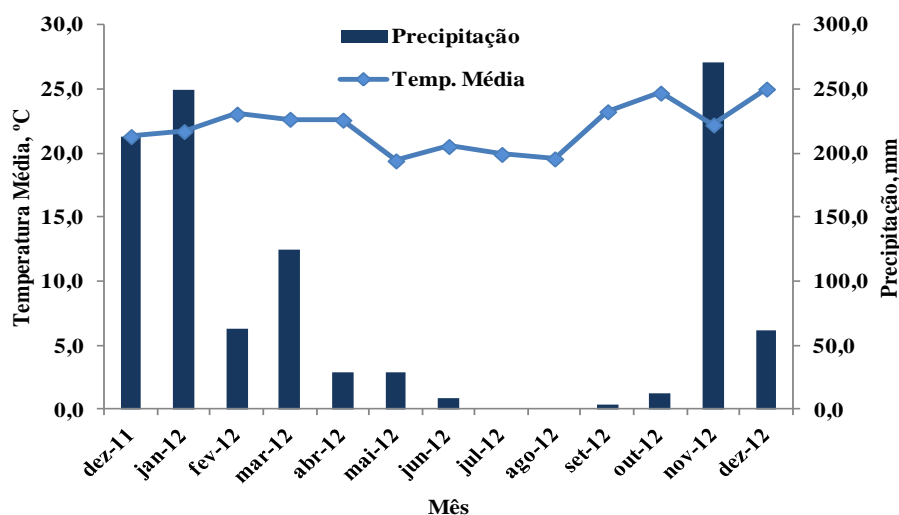


Figura 1. Temperatura média e precipitação em Três Marias – MG no período de Dezembro de 2011 a Dezembro de 2012 (INMET, 2012).

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, sendo mudas dos clones de eucalipto GG100 e GG680 produzidas com inoculação com *Pisolithus microcarpus* (Cookie & Masee) G. Cunn., *Hysterangium gardneri* E. Fisch e *Scleroderma areolatum* Ehrenb., com redução da adubação de fosfatada na fase de produção das mudas, e os controles com mudas não-inoculadas com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na produção das mudas. Foram utilizadas quatro repetições e a parcela experimental foi composta por três fileiras com nove plantas sendo consideradas úteis para avaliações as sete plantas centrais.

2.3 Produção das mudas inoculadas

As mudas dos clones GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden foram produzidas por miniestaquia no viveiro comercial de mudas clonais de eucalipto da Gerdau. As mudas foram inoculadas no momento da estaquia com *P. microcarpus* isolado UFSC-Pt116, *H. gardneri* UFSC-Hg93, *S. areolatum* isolado UFSC-Sc129, todos obtidos de basidiomas coletados em plantações comerciais de *Eucalyptus dunnii* em Santa Catarina, e pertencentes a coleção do Laboratório de Diversidade Microbiana da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os inoculantes foram produzidos no Laboratório de Bioprocessos da UFSC em meio de cultura PGKM em cultivo submerso (ROSSI et al., 2007) e posteriormente veiculados em cápsulas de 4 mm de gel de alginato de cálcio no Laboratório de Bioprocessos da UFSC, onde passaram por testes de viabilidade.

As mudas inoculadas com fungos ectomicorrízicos (FEM) e as não-inoculadas (Controle) tiveram redução da adubação de fosfatada, de plantio e fertirrigação, na fase de viveiro, enquanto que aquelas produzidas na rotina da empresa (Comercial) receberam adubação fosfatada completa durante toda a fase de viveiro. Assim, a adubação fosfatada dos tratamentos inoculados e Controle foi no total de 4,2 mg de P por planta, enquanto que para o tratamento Comercial a adubação fosfatada totalizou 32,4 mg de P por planta. A produção dessas mudas obedeceu ao manejo de viveiro. Aos 120 dias, 10 mudas foram coletadas aleatoriamente de cada tratamento e avaliadas quanto a porcentagem de pontas colonizadas (BRUNDRET et al., 1996) (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de pontas de raízes colonizadas, das mudas dos clones GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *Eucalyptus urophylla* com *Eucalyptus grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada, no plantio.

Tratamentos fúngicos	GG100	GG680
	----- % -----	
Controle	3,6	3,2
<i>Hysterangium gardneri</i>	5,3	6,2
<i>Pisolithus microcarpus</i>	4,1	2,1
<i>Scleroderma areolatum</i>	5,9	2,6
Comercial	1,0	0,8

2.4 Preparo do solo

O combate a formigas foi realizado em toda na área 60 dias antes do plantio. O repasse foi feito em toda a área dias antes do plantio e o monitoramento foi realizado durante todo o período do estudo para evitar a proliferação dos formigueiros. Para o preparo do solo foram realizadas sulcagens nas linhas de plantio.

2.5 Adubações e plantio

O experimento foi conduzido em um Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (EMBRAPA, 2006), já cultivado previamente com eucalipto. Dez dias antes do plantio 300 kg ha⁻¹ de fertilizante N-P-K (3-26-5) foi aplicado a profundidade de 25 a 30 cm no momento da sulcagem na linha de plantio. Na data do plantio foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm de forma representativa nas linhas de plantio e nas entrelinhas e estas foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da UFVJM para caracterização física e química (Tabela 2).

As mudas colonizadas com 120 dias foram plantadas manualmente em espaçamento 3x3 m, e no entorno de toda área experimental foram plantadas duas fileiras de mudas produzidas pela empresa, sem inoculação de FEM e com adubação de rotina, com objetivo de minimizar o efeito de borda.

A primeira adubação de cobertura foi realizada aos três meses após o plantio com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N-P-K (20-00-20) com 1 % de B. Aos cinco meses, as plantas receberam 900 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 300 kg ha⁻¹ de gesso e aos 11 meses 200 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio com 1 % de B.

Tabela 2. Caracterização física e química do solo das linhas de plantio das mudas de eucalipto e das entrelinhas da área experimental.

Características	Amostras	
	Linha de plantio	Entrelinhas
pH	4,6	4,4
P, mg dm ⁻³	1,4	1,2
K, mg dm ⁻³	9,3	6,2
Ca, cmol _c dm ⁻³	0,4	0,4
Mg, cmol _c dm ⁻³	0,2	0,2
Al, cmol _c dm ⁻³	0,82	0,88
H+Al, cmol _c dm ⁻³	6,5	6,5
SB, cmol _c dm ⁻³	0,62	0,62
t, cmol _c dm ⁻³	1,44	1,50
T, cmol _c dm ⁻³	7,12	7,12
m, %	57,0	59,0
V, %	9,0	9,0
M.O., dag kg ⁻¹	0,8	0,9
B, mg dm ⁻³	2,0	2,0
Cu, mg dm ⁻³	0,55	0,55
Fe, mg dm ⁻³	68,7	65,9
Mn, mg dm ⁻³	4,2	5,0
Zn, mg dm ⁻³	2,45	2,90
Areia, %	79,0	79,0
Silte, %	2,0	2,0
Argila, %	19,0	19,0

pH (H₂O) relação 1:2,5 (solo: água); P e K: Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al: acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; t: capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva; T: CTC pH 7,0; m: saturação de alumínio; V: saturação por bases.

2.6 Avaliações

A altura, diâmetro do coleto e teores de clorofila das plantas foram avaliados aos dois, quatro, seis e 12 meses. Sendo que, os teores de clorofila foram determinados de forma indireta pelo índice de clorofila avaliados no terço médio da lâmina da primeira folha completamente expandida, do ápice da planta para a base, e exposta à radiação solar, com o clorofilômetro ClorofiLOG® modelo CFL 1030, e os resultados foram expressos em Índice de Clorofila Falker (ICF). A sobrevivência foi avaliada aos quatro meses.

Aos seis e 12 meses foram coletadas folhas diagnósticas para determinação dos teores de nutrientes e amostras de raízes finas para determinação da porcentagem de pontas de raízes colonizadas. Os teores de nutrientes foram determinados segundo metodologia descrita por Malavolta et al., 1997. As amostras de raízes foram armazenadas em álcool 50 % e a para avaliação da porcentagem de colonização por FEM, que foi determinada pela porcentagem de pontas de raízes colonizadas determinada como proposto por Brundrett et al., (1996).

2.7 Análises estatísticas

Os dados de altura, diâmetro do coleto, sobrevivência, teores de clorofila, porcentagem de pontas colonizadas e nutrientes foram analisados quanto à distribuição (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (Teste de Cochran & Bartlett). Em seguida esses dados foram submetidos à análise de variância e quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

3 RESULTADOS

A sobrevivência das plantas no campo não foi influenciada por clones ou inoculação, e foi em média de 98,2 %. Apesar de não haver diferença significativa, a sobrevivência foi de 100 %, para ambos os clones, apenas para as plantas inoculadas com *P. microcarpus* e para as plantas do Comercial (Tabela 3) e 7,1 % maior para as plantas do GG100 inoculadas com o *S. areolatum*.

Tabela 3. Sobrevivência em campo das plantas dos clones GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculadas com fungos ectomicorrízicos e não-inoculadas com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada na fase de produção das mudas.

Tratamentos Fúngicos	GG100	GG680	Média
	----- % -----		
Controle	100,0	96,4	98,2
<i>Hysterangium gardneri</i>	96,4	96,4	96,4
<i>Pisolithus microcarpus</i>	100,0	100,0	100,0
<i>Scleroderma areolatum</i>	100,0	92,9	96,4
Comercial	100,0	100,0	100,0
Média	99,3	97,1	98,2

A utilização de mudas inoculadas influenciou a altura das plantas somente na avaliação realizada aos dois meses (Tabela 4). Nesta época, as plantas inoculadas com *P. microcarpus* foram maiores que as demais inoculadas e as do Controle (com redução da adubação na fase de produção das mudas), média dos dois clones. Sendo que, as mudas inoculadas com o *P. microcarpus* igualaram-se em altura com aquelas do Comercial (maior adubação na fase de produção das mudas).

Para o diâmetro do coleto, apesar da ausência de efeito entre as plantas inoculadas e do Controle, as plantas inoculadas com *H. gardneri* e *P. microcarpus* se igualaram as do

Comercial já aos 2 meses após o plantio (Tabela 4). Aos quatro meses após o plantio todas as plantas inoculadas já haviam se igualado com as do Comercial, permanecendo menores apenas aquelas do Controle. As diferenças na altura e diâmetro desapareceram nas avaliações aos seis e 12 meses de plantio (Tabela 4). Nenhum dos parâmetros avaliados apresentaram interações entre a inoculação e clone (Tabelas 3, 4, 5).

Tabela 4. Altura e diâmetro do coleto das plantas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *E.urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada (Comercial), em campo.

Trat. Fúngicos	2 meses			4 meses			6 meses			12 meses		
	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média
----- Altura, m -----												
Controle	0,37	0,30	0,33b	0,59	0,55	0,57	1,17	1,32	1,25	3,46	3,36	3,41
<i>H. gardneri</i>	0,40	0,32	0,36b	0,72	0,62	0,67	1,62	1,47	1,55	3,99	3,65	3,82
<i>P. microcarpus</i>	0,43	0,34	0,39a	0,73	0,68	0,71	1,65	1,48	1,56	3,70	3,50	3,60
<i>S. areolatum</i>	0,42	0,32	0,37b	0,66	0,64	0,65	1,43	1,55	1,49	3,69	3,52	3,61
Comercial	0,52	0,39	0,45a	0,93	0,70	0,82	1,98	1,62	1,80	4,40	3,53	3,97
Média	0,43A ^{1/}	0,33B		0,73	0,64		1,57	1,49	1,53	3,85	3,51	3,68
----- Diâmetro do coleto, cm -----												
Controle	0,37	0,40	0,39b	0,91	0,91	0,91b	2,19	2,03	2,11	4,37	4,42	4,40
<i>H. gardneri</i>	0,52	0,43	0,47ab	1,31	1,05	1,18ab	2,99	2,24	2,61	5,18	4,47	4,94
<i>P. microcarpus</i>	0,53	0,43	0,48ab	1,24	1,15	1,20ab	2,86	2,27	2,57	4,63	4,50	4,56
<i>S. areolatum</i>	0,48	0,43	0,45b	1,11	1,07	1,09ab	2,34	2,42	2,38	4,63	4,60	4,62
Comercial	0,73	0,53	0,63a	1,70	1,15	1,43a	3,10	2,51	2,80	5,74	4,72	5,23
Média	0,53A	0,44B		1,25	1,07	1,16	2,70	2,29	2,49	4,91	4,59	4,75

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

A colonização ectomicorrízica ocorreu tanto nas plantas inoculadas como não-inoculadas e foram semelhantes entre os clones. Em relação a porcentagem de pontas de raízes colonizadas no momento do plantio, todas as mudas apresentaram aos 6 meses um aumento relativo da colonização, exceto aquelas inoculadas com *H. gardneri* que apresentaram uma ligeira redução de sua colonização média (Tabela 5). Aos seis meses a porcentagem de pontas colonizadas médias dos dois clones foi maior nas plantas inoculadas com *S. areolatum*, seguida daquelas inoculadas com *P. microcarpus* e das do Controle. As menores porcentagens de pontas de raízes colonizadas foram observadas nas plantas inoculadas com *H. gardneri* e das do Comercial (Tabela 5). Aos 12 meses, na média geral foi 4,3 vezes maior do que a colonização observada aos seis meses e a porcentagem de pontas de raízes colonizadas foi semelhante em todos os tratamentos.

Os teores de clorofila foram influenciados por clones e não pela inoculação de fungos ectomicorrízicos, sendo que esses teores foram maiores nas plantas do GG100 em todas as avaliações. Os teores médios de clorofila A foram de 29,5 para o GG100 e 31,4 para o GG680 aos dois meses, de 30,9 para o GG100 e 31,9 para o GG680 aos quatro meses, de 28,7 para o GG100 e 30,2 para o GG680 aos seis meses e de 32,0 para o GG100 e 33,7 para o GG680 aos 12 meses. Os teores médios de clorofila B foram de 8,9 para o GG100 e 10,7 para o GG680 aos dois meses, 10,5 para o GG100 e 11,4 para o GG680 aos quatro meses, de 9,4 para o GG100 e 10,6 para o GG680 aos seis meses e de 10,5 para o GG100 e 12,1 para o GG680 aos 12 meses. Os teores médios de clorofila total foram de 38,1 para o GG100 e 41,9 para o GG680 aos dois meses, de 41,4 para o GG100 e 43,4 para o GG680 aos quatro meses, de 38,0 para o GG100 e 40,9 para o GG680 aos seis meses e de 42,5 para o GG100 e 45,8 para o GG680 aos 12 meses.

Tabela 5. Porcentagem de pontas de raízes colonizadas das plantas dos clones GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem (Comercial) redução da adubação fosfatada do substrato de produção de mudas, aos seis e 12 meses após o plantio.

Tratamentos Fúngico	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média
	----- 6 meses -----			----- 12 meses -----		
	----- % -----					
Controle	7,1	6,7	6,6bc ^{1/}	36,2	31,4	33,8
<i>Hysterangium gardneri</i>	3,4	4,4	3,9c	30,5	31,6	31,1
<i>Pisolithus microcarpus</i>	6,9	8,9	7,9b	31,8	29,2	30,5
<i>Scleroderma areolatum</i>	13,6	14,3	13,9a	33,9	29,9	31,9
Comercial	4,8	3,3	4,1c	31,8	32,5	32,1
Média	7,2	7,4	7,3	32,9	30,9	31,9

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Nas duas avaliações dos teores de nutrientes nas plantas não foi observado efeito da inoculação ou da redução da adubação das mudas na fase de viveiro. Aos seis meses, os teores de N, K, Fe, Cu, Mn e B na parte aérea das plantas não foram influenciados pelos isolados e clones ($p > 0,05$), e foram em média 1,40 g Kg⁻¹ de N, 6,70 g Kg⁻¹ de K, 152,25 mg Kg⁻¹ de Fe, 6,97 mg Kg⁻¹ de Cu, 232,82 mg Kg⁻¹ de Mn, 84,83 mg Kg⁻¹ de B. Já os teores de P, Ca, Mg e Zn foram influenciados apenas pelos clones ($p < 0,05$), sendo os teores médios de P igual a 0,76 g Kg⁻¹ para o GG100 e 0,92 g Kg⁻¹ para o GG680, de Ca igual a 0,41 g Kg⁻¹ para o GG100 e 0,35 g Kg⁻¹ para o GG680, de Mg igual a 4,10 g Kg⁻¹ para o GG100 e 3,54 g Kg⁻¹ para o GG680 e de Zn igual a 23,77 mg Kg⁻¹ para o GG100 e 37,34 mg Kg⁻¹ para o GG680.

Aos 12 meses, os teores de P, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas não foram influenciados pelos isolados e clones ($p > 0,05$), e foram em média 0,82 g Kg⁻¹ de P, 46,79 mg Kg⁻¹ de Zn, 131,44 mg Kg⁻¹ de Fe e 18,68 mg Kg⁻¹ de Cu. Os teores de N, K, Ca, Mg, Mn e B foram influenciados apenas pelos clones ($p < 0,05$), sendo os teores médios de N igual a 1,33 g Kg⁻¹ para o GG100 e 1,21 g Kg⁻¹ para o GG680, de K igual a 7,87 g Kg⁻¹ para o GG100 e 5,80 g Kg⁻¹ para o GG680, de Ca igual a 0,42 g Kg⁻¹ para o GG100 e 0,33 g Kg⁻¹ para o GG680, de Mg igual a 1,57 g Kg⁻¹ para o GG100 e 1,28 g Kg⁻¹ para o GG680, de Mn igual a 877,40 mg Kg⁻¹ para o GG100 e 582,49 mg Kg⁻¹ para o GG680 e de B igual a 107,09 mg Kg⁻¹ para o GG100 e 72,19 mg Kg⁻¹ para o GG680.

4 DISCUSSÃO

A sobrevivência observada no presente trabalho foi alta e a ausência do efeito da inoculação difere do observado em outros trabalhos, em que espécies de coníferas inoculadas com FEM apresentaram maior sobrevivência do que daquelas não inoculadas (PARLADÉ et al., 2004; QUORESHI et al., 2008). Apesar de não significativo, a maior sobrevivência das plantas do Comercial e daquelas inoculadas com *P. microcarpus* pode reduzir custo na implantação dos cultivos de eucalipto por dispensar a etapa de replantio, e conseqüentemente a formação de um plantel maior poderá contribuir para uma maior produtividade da área.

A ocorrência de efeitos da utilização de mudas previamente inoculadas com FEM sobre crescimento das plantas de eucalipto no campo somente nas duas primeiras avaliações (dois e quatro meses) (Tabela 5), pode ter sido devido a baixa colonização obtida no viveiro e, ou devido a não adaptação dos isolados utilizados. Pois, os mesmos foram isolados no sul do Brasil (Santa Catarina) e ainda não haviam sido testados nas condições ambientais do sudeste (Minas Gerais). Este resultado indica a necessidade da seleção de isolados específicos para cada ambiente e, ou com maior capacidade de adaptação a diferentes ambientes.

Em *Pinus pinea*, a inoculação com o fungo *Lactarius deliciosus* não promoveu altura ou diâmetro das plantas (HORTAL et al., 2009). Porém, plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) inoculadas com *Laccaria bicolor*, *Melanogaster ambiguous*, *Rhizopogon colossus*, *Rhizopogon subareolatus* foram maiores em altura e diâmetro do que àquelas não-inoculadas, após cinco anos do plantio (PERA et al., 1999), e plantas de *P. pinea* inoculadas com *Rhizopogon roseolus* obtiveram altura maior do que àquelas não-inoculadas, aos 34 meses do plantio (PARLADÉ et al., 2004). A colonização observada no presente trabalho é menor que o observado aos seis meses e semelhante ao 12 meses, em *Eucalyptus globulus* previamente inoculados com FEM (THOMSON et al., 1996). Quando comparada com a colonização em plantios de *Eucalyptus grandis* já estabelecidos e sem inoculação prévia, a colonização é menor aos seis meses de idade, porém, é maior do que a colonização observada aos 12 meses, em área cujo manejo incluía a queimada e semelhante em área com cultivo mínimo (CAMPOS et al., 2011).

É importante ressaltar que as mudas inoculadas foram produzidas utilizando aproximadamente sete vezes menos adubação fosfatada do que aquelas produzidas na rotina do viveiro. A adubação fosfatada promove o crescimento inicial de plantas de eucalipto, sendo esse elemento um dos limitantes da produtividade em muitas regiões do mundo (XU et al., 2002). O aumento da porcentagem de pontas de raízes colonizadas após seis meses no campo era esperado visto a baixa colonização obtida no viveiro. Como a colonização após um ano no campo foi bem maior e semelhante para todos os tratamentos, inclusive aqueles não-inoculados. Esse aumento na porcentagem de pontas de raízes colonizadas deve ter sido devido a ocorrência de colonização de outros fungos presentes na área. Isto pode explicar o crescimento semelhante entre as plantas inoculadas e não inoculadas principalmente após os quatro meses no campo (Tabela 5). Os fungos inoculados em viveiro que não se adaptaram e persistiram após o plantio no campo, podem ter sido substituídos pelos nativos promovendo aumento da colonização ao longo dos meses seguintes no campo (STENTROM e EK, 1990; QUORESHI et al., 2008). A maior colonização com o passar do tempo no campo também pode ter sido favorecido pelos baixos níveis de P no solo (Tabela 4).

A ausência de efeito, aos seis e 12 meses, da inoculação no crescimento das plantas pode ser explicado pelo fato de que as plantas foram igualmente beneficiadas pela associação com fungos ectomicorrízicos, tanto por aqueles inoculados em viveiro e que persistiram, quanto pelos fungos nativos que substituíram os que não se adaptaram ao plantio no campo. A baixa sobrevivência do fungo inoculado em alguns locais pode, em parte, explicar porque a inoculação com isolados ectomicorrízicos eficazes nem sempre aumenta o crescimento das plantas no campo (CASTELLANO e TRAPPE, 1991). Porém, o grau de micorrização no plantio pode não ser necessariamente um fator correlacionado com as respostas de crescimento, podendo este ser atribuído à específica combinação planta-fungo (QUORESHI et al., 2008). Experimentos de campo podem ser afetados pela variação de fatores climáticos, edáficos e microbianos que não podem ser controlados, e que tendem a influenciar, e muitas vezes confundem respostas aos tratamentos inoculados com fungos ectomicorrízicos (PERA et al., 1999).

O maior crescimento inicial das plantas inoculadas com *P. microcarpus* em relação ao Controle e iguais as do Comercial indica que plantas inoculadas se beneficiam da formação das ectomicorrizas que contribuem para seu desenvolvimento e demonstram também a capacidade dessa associação em promover benefícios para a planta hospedeira, constituindo importante

alternativa ao uso de fertilizantes advindos de fontes poluidoras ou não renováveis. Os resultados obtidos demonstram a necessidade de novos experimentos com diferentes fungos e isolados, de diferentes origens e que possam proporcionar uma maior porcentagem de pontas de raízes colonizadas na fase de viveiro.

5 CONCLUSÕES

A inoculação das mudas no viveiro não promoveu maior crescimento no campo após o plantio.

A baixa colonização obtida na fase de viveiro e a origem dos fungos diferente do local do experimento ajudam a explicar a ausência de benefícios da inoculação no campo.

A colonização ectomicorrízica nas plantas de eucalipto ocorre naturalmente e aumenta na medida do estabelecimento da planta no campo.

O crescimento das plantas crescidas com redução fosfatada igual ao daquelas produzidas na rotina do viveiro demonstra ser possível uma importante redução no uso de fertilizantes, contribuindo econômica e ambientalmente com a redução de 7,7 vezes a quantidade de adubação fosfatada na produção de mudas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012 / ABRAF. Brasília, 2013, 148p.

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.

BUCHER, M. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. **New Phytologist**, v.173, p.11-26, 2007.

CAIRNEY, J. W.G.; CHAMBERS, S.M. Interactions between *Pisolithus tinctorius* and its hosts: a review of current knowledge. **Mycorrhiza**, v.7, p.117-131, 1997.

CAMPOS, D.T.S.; SILVA, M.C.S.; LUZ, J.M.R. TELESFORA, R.J.; KASUYA, M.C.M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, p.965-974, 2011.

CASTELLANO, M.A.; TRAPPE, J.M. *Pisolithus tinctorius* fails to improve plantation performance of inoculated conifers in southwestern Oregon. **New Forests**, v.5, p.349-358, 1991.

DAHLBERG, A.; STENSTROM, E. Dynamic changes in nursery and indigenous mycorrhiza of *Pinus sylvestris* seedlings planted out in forest and clearcuts. **Plant and Soil**, v.136, p.73-86, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

HORTAL, S.; PERA, J.; PARLADÉ, J.; Field persistence of the edible ectomycorrhizal fungus *Lactarius deliciosus*: effects of inoculation strain, initial colonization level and site characteristics. **Mycorrhiza**, Berlin, v.19, p.167-177, 2009.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia.

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acessado em 30 Dez. 2011.

LE TACON, F.; ÁLVAREZ, I.F.; BOUCHARD, D.; HENRION, B.; JACKSON, R.M.; LUFF, S.; PARLEDÉ, J.I.; PERA, J.; STENSTROM, E.; VILLENEUVE, N.; WALKER, C. Variations in field response of forest trees to nursery ectomycorrhizal inoculation in Europe. In: READ, D.J.; LEWIS, D.H.; FITTER, A.H.; ALEXANDER, I.J. (eds) **Mycorrhizas in ecosystems**. CAB, Wallingford, p.119-134, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARX, D.H. The practical significance of ectomycorrhizae in forest establishment. In: The Marcus Wallenberg Foundation (ed) Ecophysiology of ectomycorrhizae of forest trees, v.7. Stockholm, Sweden, Symposia Proceedings, pp 54–90, 1991.

ORTEGA, U.; DUÑABEITIA, M.; MENENDEZ, S.; GONZALEZ-MURUA, C.; MAJADA, J. Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water relation of *Pinus radiata* in different water regimes. **Tree Physiology**, v.24, p.64-73, 2004.

PARLADÉ, J.; LUQUE, J.; PERA, J.; RICÓN, A.M. Field performance of *Pinus pinea* and *P. halepensis* seedlings inoculated with *Rhizopogon* spp. and outplanted in formerly arable land. **Annals Forest Science**, v.61, p.507-514, 2004.

PERA, J.; ÁLVAREZ, I.F.; RINCÓN, A.; PARLADÉ, J. Field performance in northern Spain of Douglas-fir seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, Berlin, v.9, p.77-84, 1999.

QUORESHI, A.M.; PICHÉ, Y.; KHASA, D.P. Field performance of conifer and hardwood species 5 years after nursery inoculation in the Canadian Prairie Provinces. **New Forests**, v.35, p.235-253, 2008.

ROSSI, M.J.; FURIGO, A.J.; OLIVEIRA, V.L.; Inoculant production of ectomycorrhizal fungi by solid and submerged fermentations. **Food Technology and Biotechnology**, Zagreb, v.45, n.3, p.277-286, 2007.

STENSTROM, E.; EK, M. Field growth of *Pinus sylvestris* following nursery inoculation with mycorrhizal fungi. **Canadian Journal of Forest Research**, v.20, p.914-918, 1990.

TAYLOR, J.H.; PETERSON, C.A. Ectomycorrhizal impacts on nutrient uptake pathways in woods roots. **New Forests**, v.30, p.203-214, 2005.

THOMSON, B.D.; HARDY, G.E.St.J.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. The survival and development of inoculant ectomycorrhizal fungi on roots of outplanted *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant and Soil**, v.178, p.247-253, 1996.

WALLANDER, H.; JOHANSSON, L.; PALLON, J. Pixel analysis to estimate the composition of ectomycorrhizal rhizomorphs grow in contact with different minerals in forest soil. **FEMS Microbiology Ecology**, v.39, p.147-156, 2002.

XU, D.; DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GONG, M. Effects of P fertilization on productivity and nutrient accumulation in a *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* plantation in southern China. **Forest Ecology Management**, v.161, p.89-100, 2002.

APÊNDICES

Artigo Científico I

Tabela 1.1. Quadrado médio e sua significância, obtidos na análise de variância dos dados coletados nas avaliações de sobrevivência, altura e diâmetro do coleto aos 30, 60, 90 e 120 dias; e porcentagem de pontas colonizadas, massa seca total, massa seca da parte aérea, matéria seca de raízes, relação raiz/parte aérea, teores e conteúdos de nutrientes, avaliados aos 120 dias.

Variáveis	Fonte de variação			CV (%)
	Fungos (F)	Clone (C)	F x C	
	----- 90 dias -----			
Sobrevivência	34,9	4358,9**	94,3	7,9
Altura	17,8**	91**	1,3	4,3
Diâmetro do coleto	0,1**	0,2**	0,01	5,7
	----- 120 dias -----			
Sobrevivência	35,78	4903,3**	135,2	6,9
Altura	18,8**	254,3**	0,6	3,1
Diâmetro do coleto	0,3**	0,4**	0,01	3,1
Pontas colonizadas	25,0**	10,0*	5,31*	35,8
Massa seca total	1,5**	0,4	0,2	13,4
Massa seca parte aérea	0,8**	0,2*	0,1	13,0
Massa seca de raízes	0,1	0,03	0,1	27,0
Razão raiz/parte aérea	0,009	0,001	0,01	23,7
Teores de nutrientes				
N	1,1	4,6*	0,2	15,2
P	0,09	0,02	0,1	55,0
K	26,0	125,9*	16,4	22,4
Ca	7,6**	1,2	6,8**	12,1
Mg	0,3	0,08	0,3	14,8
Fe	2036,0**	455,1	665,7*	17,6
Zn	2,4	153,6**	2,8	8,8
Cu	37,8**	26,7**	36,9**	19,0
Mn	2230,8	31730**	7528,7*	9,8
B	204,3	1,6	80,8	22,5

Tabela 1.2. Sobrevivência, altura e diâmetro das mudas de clones de eucalipto GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas (Comercial).

Tratamento Fúngico	90 dias			120 dias		
	GG 100	GG 680	Média	GG 100	GG 680	Média
----- Sobrevivência, % -----						
Controle	96,4	66,4	81,4	93,9	61,4	77,7
<i>H. gardneri</i>	92,8	69,5	81,2	91,4	65,7	78,6
<i>P. microcarpus</i>	85,7	69,5	77,6	82,1	66,1	74,1
<i>S. areolatum</i>	93,2	70,5	81,9	91,4	66,8	79,1
Comercial	83,9	71,7	77,8	81,4	69,6	75,5
Média	90,4A	69,5B		88,1A	65,9B	
----- Altura, cm -----						
Controle	21,1	18	19,5c	27	21,5	24,2b
<i>H. gardneri</i>	21,9	18	20,0c	26,9	21,3	24,1b
<i>P. microcarpus</i>	22,4	20,5	21,5b	29,1	24,3	26,7a
<i>S. areolatum</i>	21,9	18,2	20,1c	26,6	21,5	24,1b
Comercial	24,5	21,9	23,2a	29,3	25	27,2a
Média	23,3A	19,3B		27,8A	22,7B	
----- Diâmetro do coleto, mm -----						
Controle	2,49	2,38	2,43b	2,92	2,83	2,88b
<i>H. gardneri</i>	2,67	2,42	2,54ab	2,98	2,76	2,86b
<i>P. microcarpus</i>	2,73	2,65	2,69a	3,26	3,06	3,16a
<i>S. areolatum</i>	2,5	2,38	2,44b	2,94	2,73	2,84b
Comercial	2,75	2,65	2,70a	3,34	3,06	3,19a
Média	2,62A	2,50B		3,09A	2,89B	

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Tabela 1.3. Frequência das notas atribuídas à formação das raízes das mudas de clones de eucalipto inoculados com fungos ectomicorrízicos: *Hysterangium gardneri*, *Pisolithus microcarpus*, *Scleroderma areolatum* e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada do substrato de produção das mudas (Comercial).

Tratamento Fúngico	GG100			GG680		
	Nota 1 ^{1/}	Nota 2	Nota 3	Nota 1	Nota 2	Nota 3
----- Frequência, % -----						
Controle	5,3	20,5	74,2	9,6	29,0	61,3
<i>H. gardneri</i>	5,4	23,2	71,4	14,9	16,9	68,2
<i>P. microcarpus</i>	3,0	16,4	80,5	2,7	24,7	72,6
<i>S. areolatum</i>	2,3	21,6	76,1	12,8	18,0	69,2
Comercial	6,7	25,7	67,7	8,8	26,3	64,9
Média	4,5	21,5	74,0	9,8	23,0	67,2

1/ Nota 3 - torrão firme e bem enraizado; b) Nota 2 - torrão moderadamente firme e parcialmente enraizado; c) Nota 1 - torrão fraco e mal enraizado.

Tabela 1.4. Massa seca da parte aérea, massa seca de raízes, massa seca total e relação raiz/parte aérea das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada (Comercial), após 120 dias em viveiro comercial.

Tratamento Fúngicos	Massa seca da parte aérea			Massa seca de raízes		
	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média
	----- g planta ⁻¹ -----			----- g planta ⁻¹ -----		
Controle	1,35	1,47	1,41b	0,7	0,73	0,72
<i>H. gardneri</i>	1,67	1,57	1,62b	0,74	0,68	0,71
<i>P. microcarpus</i>	1,86	2,24	2,05a	0,76	1,15	0,95
<i>S. areolatum</i>	1,48	1,64	1,56b	0,73	0,75	0,74
Comercial	2,05	2,26	2,15a	0,99	0,86	0,92
Média	1,68B ^{1/}	1,83A		0,78	0,83	
	Massa seca total			Razão raiz/parte aérea		
	----- g planta ⁻¹ -----					
Controle	2,05	2,20	2,12b	0,52	0,51	0,52
<i>H. gardneri</i>	2,41	2,25	2,33b	0,45	0,43	0,44
<i>P. microcarpus</i>	2,62	3,38	3,00a	0,41	0,52	0,46
<i>S. areolatum</i>	2,21	2,39	2,30b	0,49	0,46	0,48
Comercial	3,03	3,12	3,07a	0,49	0,38	0,44
Média	2,46	2,67		0,47	0,46	

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Tabela 1.5. Porcentagem do comprimento radicular e de pontas de raízes colonizadas, das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada (Comercial), após 120 dias em viveiro comercial

Tratamentos Fúngicos	GG100	GG680	Média
	----- Pontas de raízes colonizadas, % -----		
Controle	3,6Aa ^{1/}	3,2Ab	3,4
<i>H. gardneri</i>	5,3Aa	6,2Aa	5,8
<i>P. microcarpus</i>	4,1Aa	2,1Bb	3,1
<i>S. areolatum</i>	5,9Aa	2,6Bb	4,3
Comercial	1,0Ab	0,8Ab	0,9
Média	3,98	3,0	

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Tabela 1.6. Teores de nutrientes das mudas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada no substrato de produção das mudas (Comercial), após 120 dias em viveiro comercial.

Tratamentos Fúngicos	GG100 GG680 Média			GG100 GG680 Média			GG100 GG680 Média			GG100 GG680 Média			GG100 GG680 Média		
	Nitrogênio			Fósforo			Potássio			Cálcio			Magnésio		
	g kg ⁻¹														
Controle	7,4	6,2	6,8	0,43	0,46	0,44	25,3	18,6	21,9	9,6Aab	9,0Ab	9,3	3,1	2,8	3,0
<i>H. gardneri</i>	7,2	6,5	6,9	0,36	0,25	0,30	26,3	26,9	26,6	9,1Bab	12,4Aa	10,7	2,7	3,1	2,9
<i>P. microcarpus</i>	6,8	6,1	6,4	0,68	0,48	0,58	24,1	21,4	22,8	8,6Aab	8,4Ab	8,5	2,9	2,6	2,8
<i>S. areolatum</i>	6,1	5,7	5,9	0,41	0,56	0,49	25,7	22,3	24,0	7,8Ab	8,7Ab	8,2	2,5	2,7	2,6
Comercial	6,8	6,3	6,5	0,35	0,71	0,53	26,0	20,3	23,1	10,3Aa	8,7Ab	9,5	2,8	2,2	2,5
Média	6,9A ^{1/}	6,2B		0,44	0,49	0,47	25,5A	21,9B		9,07	9,41		2,8	2,7	2,76
	Zinco			Ferro			Cobre			Manganês			Boro		
	mg kg ⁻¹														
Controle	18,7	23,6	21,2	58,6Ab	66,1Ab	62,38	8,5Abc	8,4Aa	8,5	496,1Aa	478,6Aa	487,4	41,0	42,8	41,9
<i>H. gardneri</i>	18,6	24,0	21,3	64,7Aab	76,2Ab	70,42	17,4Aa	8,6Ba	13,0	516,0Aa	433,6Bab	474,8	34,9	38,6	36,7
<i>P. microcarpus</i>	18,9	21,9	20,4	78,7Aab	60,0Ab	69,33	10,6Ab	8,5Aa	9,5	483,1Aa	423,6Aab	453,4	46,2	49,8	48,0
<i>S. areolatum</i>	18,9	22,7	20,8	64,4Aab	65,9Ab	65,14	6,2Ac	8,5Aa	7,5	446,4Aa	465,3Aab	455,8	49,2	49,4	49,3
Comercial	18,7	21,3	20,0	85,8Ba	117,7Aa	101,75	8,2Abc	8,6Aa	8,4	518,1Aa	376,9Bb	447,5	50,6	39,2	44,9
Média	18,8B	22,7A		70,43	77,18		10,1	8,5		491,9	435,6		44,4	44,0	

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Artigo Científico II

Tabela 2.1. Quadrado médio e sua significância obtidos na análise de variância dos dados coletados nas avaliações de altura, diâmetro de coleto e índices de clorofila aos dois, quatro, seis e 12 meses, sobrevivência aos quatro meses e dados de colonização e nutrientes avaliados aos seis e 12 meses.

Variáveis	Fonte de variação			CV (%)
	Fungos (F)	Clone (C)	F x C	
	----- 2 meses -----			
Altura	166,5**	885,5**	12,9	14,3
Diâmetro do coleto	6,2**	6,9*	1,5	24,1
Clorofila A	1,6	30,1**	0,5	5,5
Clorofila B	0,5	32,2**	0,05	10,7
Clorofila Total	3,4	148,4**	0,8	6,3
	----- 4 meses -----			
Sobrevivência	20,8	4,6	56,8	6,7
Altura	659,3*	769,1	147,5	24,3
Diâmetro do coleto	27,9*	34,7*	10,3	24,8
Clorofila A	1,0	10,1**	0,6	2,3
Clorofila B	0,4	8,8**	0,3	6,4
Clorofila Total	2,6	38,0**	1,6	3,2
	----- 6 meses -----			
Altura	3164,6	611,8	929,0	27,1
Diâmetro do coleto	55,1	162,2	24,3	27,5
Clorofila A	0,7	23,3**	1,2	3,7
Clorofila B	0,7	13,5**	1,1	9,2
Clorofila Total	2,8	85,8**	5,0	4,9
Pontas de raízes colonizadas	134,0**	0,6	4,0	34,7
Nutrientes				
N	0,1	0,25	0,15	25,1
P	0,02	0,25*	0,02	22,8
K	2,0	0,03	0,9	20,1
Ca	0,01	0,03*	0,004	18,3
Mg	1,3	3,1*	0,4	18,3
Fe	603,4	4585,8	829,8	27,0
Zn	19,7	1840,2**	39,7	24,8
Cu	38,8	3,2	13,0	75,6
Mn	1687,7	3018,4	959,2	17,2
B	395,1	334,7	269,2	24,2

Continua....

Tabela 2.1. Continuação.

Variáveis	Fonte de variação			CV (%)
	Fungos (F)	Clone (C)	F x C	
	----- 12 meses -----			
Altura	3717,5	10953	1947,6	17,6
Diâmetro do coleto	88,3	105,6	38,3	15,5
Clorofila A	0,4	27,8**	0,8	4,2
Clorofila B	0,2	26,9**	0,08	8,2
Clorofila Total	0,5	109,4**	1,0	5,1
Pontas de raízes colonizadas	12,6	37,5	14,7	20,3
Nutrientes				
N	0,022	0,15**	0,15	10,7
P	0,07	0,14	0,12	30,3
K	3,5	42,8**	1,6	22,4
Ca	0,002	0,08**	0,005	24,7
Mg	0,05	0,08**	0,04	18,2
Fe	1068,2	129,2	420,1	24,2
Zn	2190,7	115,9	11017,7	19,8
Cu	12,0	2,2	26,5	27,1
Mn	32770	869680**	38769	29,6
B	629,5	12181**	605,9	30,7

* = significativo a 5%, ** = significativo a 1%

Tabela 2.2. Índices de clorofila das plantas de clones de eucalipto GG100, híbrido de *Eucalyptus urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *Eucalyptus grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada (Comercial), em campo.

Trat. Fúngicos	2 meses			4 meses			6 meses			12 meses		
	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média
----- Clorofila A, Índice de Clorofila Falker -----												
Controle	28,7	31,2	29,9	30,2	31,5	30,9	29,1	30,4	29,8	32,1	32,9	32,8
<i>H. gardneri</i>	30,2	31,5	30,9	30,7	32,5	31,6	28,0	30,7	29,4	32,2	34,0	33,1
<i>P. microcarpus</i>	29,3	31,4	30,4	31,2	31,5	31,3	28,8	30,6	29,7	32,1	33,8	33,0
<i>S. areolatum</i>	29,2	31,0	30,1	31,4	32,1	31,7	28,9	29,6	29,2	32,1	33,7	32,9
Comercial	29,8	32,1	31	31,2	32,2	31,7	28,5	29,6	29,1	31,6	34,1	32,5
Média	29,5B ^{1/}	31,4A		30,9B	31,9A		28,7B	30,2A		32,0B	33,7A	
----- Clorofila B, Índice de Clorofila Falker -----												
Controle	8,7	10,6	9,7	10,2	11,0	10,6	9,5	11,1	10,3	10,6	12,3	11,1
<i>H. gardneri</i>	9,1	11,0	10	10,2	11,8	11	9,0	11,1	10,1	10,5	12,2	11,4
<i>P. microcarpus</i>	8,5	10,5	9,5	10,7	11,4	11	9,7	10,8	10,2	10,5	12,1	11,3
<i>S. areolatum</i>	8,8	10,4	9,6	10,8	11,5	11,2	9,7	10,1	9,9	10,5	11,9	11,2
Comercial	9,2	10,8	10	10,6	11,5	11	9,3	9,8	9,6	10,1	12,0	11,4
Média	8,9B	10,7A		10,5B	11,4A		9,4B	10,6A		10,5B	12,1A	
----- Clorofila Total, Índice de Clorofila Falker -----												
Controle	37,4	41,8	39,6	40,3	42,6	41,4	38,0	42,2	40,1	42,7	45,2	43,9
<i>H. gardneri</i>	38,9	42,5	40,7	40,9	44,2	42,5	37,0	41,8	39,4	42,7	46,3	44,5
<i>P. microcarpus</i>	37,3	41,9	39,6	41,9	42,9	42,4	38,5	41,3	39,9	42,7	45,9	44,3
<i>S. areolatum</i>	37,9	40,9	39,4	42,2	43,6	42,9	38,5	39,7	39,1	42,6	45,5	44,0
Comercial	38,9	42,6	40,7	41,9	43,6	42,7	37,8	39,4	38,6	41,8	46,1	43,9
Média	38,1B	41,9A	40	41,4B	43,4A	42,4	38B	40,9A		42,5B	45,8A	

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Tabela 2.3. Teores de macro e micronutrientes das plantas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada do substrato de produção de mudas (Comercial), aos seis meses após o plantio.

Tratamentos Fúngicos	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média	GG100	GG680	Média
	Nitrogênio			Fósforo			Potássio			Cálcio			Magnésio		
	----- g kg ⁻¹ -----														
Controle	1,40	1,37	1,39	0,91	0,94	0,92	7,05	6,30	6,68	0,41	0,37	0,39	4,14	3,73	3,94
<i>H. gardneri</i>	1,42	1,33	1,38	0,77	0,86	0,82	7,55	7,34	7,45	0,48	0,37	0,43	4,85	3,75	4,30
<i>P. microcarpus</i>	1,30	1,51	1,40	0,71	0,92	0,82	6,07	6,16	6,11	0,40	0,33	0,37	4,04	3,26	3,65
<i>S. areolatum</i>	1,22	1,31	1,27	0,68	0,93	0,81	5,93	6,95	6,44	0,39	0,40	0,40	3,91	4,04	3,98
Comercial	1,27	1,88	1,58	0,72	0,93	0,83	7,05	6,64	6,84	0,36	0,29	0,32	3,57	2,92	3,24
Média	1,32	1,48		0,76B ^{1/}	0,92A		6,73	6,68		0,41A	0,35B		4,10A	3,54B	
	Zinco			Ferro			Cobre			Manganês			Boro		
	----- mg kg ⁻¹ -----														
Controle	28,44	34,60	31,52	144,47	134,29	139,38	10,11	5,08	7,59	279,73	234,60	257,17	70,08	69,74	69,91
<i>H. gardneri</i>	19,92	36,18	28,05	140,22	157,84	149,03	6,99	7,13	7,06	248,42	221,14	234,78	165,52	87,49	126,51
<i>P. microcarpus</i>	23,66	36,66	30,16	134,24	176,77	155,50	4,86	4,99	4,92	227,41	214,40	220,91	157,12	58,83	107,98
<i>S. areolatum</i>	23,51	38,45	30,98	144,90	180,50	162,70	4,78	5,23	5,01	219,25	233,95	226,60	63,86	66,84	65,35
Comercial	23,34	40,80	32,07	143,90	165,39	154,64	9,56	11,01	10,28	232,74	216,59	224,67	52,23	56,58	54,41
Média	23,77B	37,34A		141,54	162,96		7,26	6,69		241,51	224,14		101,76	67,90	

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).

Tabela 2.4. Teores de macro e micronutrientes das plantas dos clones de eucalipto GG100, híbrido de *E. urophylla*, e GG680, híbrido do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis* inoculados com fungos ectomicorrízicos e não-inoculados com (Controle) e sem redução da adubação fosfatada do substrato de produção de mudas (Comercial), aos 12 meses após o plantio.

Tratamentos Fúngicos	GG100			GG680			GG100			GG680			GG100			GG680		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Zinco	Ferro	Cobre	Manganês	Boro								
	----- g kg ⁻¹ -----																	
Controle	1,37	1,33	1,35	0,96	0,98	0,97	8,74	7,10	7,92	0,43	0,35	0,39	1,44	1,35	1,40			
<i>H. gardneri</i>	1,32	1,10	1,21	0,76	0,91	0,83	7,64	5,29	6,47	0,48	0,32	0,40	1,76	1,32	1,54			
<i>P. microcarpus</i>	1,33	1,21	1,27	0,81	0,78	0,79	6,80	6,07	6,43	0,44	0,31	0,38	1,52	1,15	1,34			
<i>S. areolatum</i>	1,36	1,15	1,25	1,02	0,56	0,79	7,73	4,98	6,35	0,37	0,34	0,36	1,64	1,28	1,46			
Comercial	1,29	1,26	1,27	0,86	0,58	0,72	8,46	5,58	7,02	0,40	0,33	0,36	1,49	1,30	1,40			
Média	1,33A ^{1/}	1,21B		0,88	0,76		7,87A	5,80B		0,42A	0,33B		1,57A	1,28B				
	----- mg kg ⁻¹ -----																	
Controle	48,88	45,58	47,23	108,04	262,21	185,12	17,32	31,96	24,64	906,59	579,21	742,90	103,50	67,96	85,73			
<i>H. gardneri</i>	49,9	42,20	46,06	131,57	135,00	133,28	14,34	19,69	17,01	1006,42	644,60	825,51	133,42	72,70	103,06			
<i>P. microcarpus</i>	42,30	48,01	45,15	107,35	111,74	109,54	17,24	17,11	17,17	957,60	495,20	726,40	98,12	60,92	79,52			
<i>S. areolatum</i>	44,28	54,61	49,44	108,43	134,81	121,62	14,29	17,23	15,76	818,40	592,39	705,40	107,07	78,60	92,84			
Comercial	47,74	44,41	46,08	114,09	101,19	107,64	20,27	17,32	18,79	697,97	601,07	649,52	93,33	80,74	87,04			
Média	46,62	46,96		113,89	148,99		16,69	20,66		877,40A	582,49B		107,09A	72,19B				

1/ Médias seguidas de letra maiúsculas, comparação entre Clones (na linha); Médias seguidas de letra minúsculas, comparação entre tratamentos fúngicos (na coluna).