

INFLUÊNCIA DE ECTOMICORRIZAS NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* E *Eucalyptus dunnii*

INFLUENCE OF ECTOMYCORRHIZAE ON THE GROWTH OF SEEDLINGS OF *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* AND *Eucalyptus dunnii*

Sidinei Wolnei Weirich¹ Rodrigo Ferreira da Silva² Edison Rogerio Perrando² Clovis Orlando Da Ros² Alex Dellai³ Douglas Leandro Scheid⁴ Helena Wichineski Trombeta⁵

RESUMO

A associação ectomicorrízica beneficia as plantas ao proporcionar aumento na área de absorção radicular obtendo mais nutrientes e água, podendo possibilitar o crescimento do hospedeiro em solos submetido a condições adversas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes isolados ectomicorrízicos no crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid., *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, *Eucalyptus saligna* Sm. e *Eucalyptus dunnii* Maiden. O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4 x 4), sendo quatro espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*) e quatro inóculos ectomicorrízicos (UFSC-Pt116 (*Pisolithus microcarpus* (Cooke & Massee) Cunn), UFSC-132 (*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch), UFSC-121, e sem inoculação), com 12 repetições. Após noventa dias de condução do experimento foram avaliados: percentual de colonização ectomicorrízica, altura de planta; diâmetro do colo; número de folhas; massa seca da parte aérea e radicular. Também foram calculadas as relações: massa seca aérea/massa seca radicular, altura/diâmetro do colo e o índice de qualidade de Dickson. A altura de planta, número de folhas e a massa seca aérea apresentaram médias superiores nas espécies *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora*, quando na inoculação com UFSC-132. A inoculação com UFSC-Pt116 resultou em 63,3% de raízes colonizadas em *Corymbia citriodora*, enquanto *Eucalyptus dunnii* inoculado com UFSC-121 teve 67,7% de suas raízes colonizadas. O isolado UFSC-132 proporciona maior crescimento de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora* em relação à testemunha sem inoculação.

Palavras-chave: eucalipto; micorrizas; produção de mudas; simbiose.

ABSTRACT

The ectomycorrhizal association benefit plants by providing an increase in the area of root absorption and getting more nutrients and water as well as may enable growth of the host soils subjected to adverse conditions. The objective of this study was to evaluate the effect of different ectomycorrhizal isolates on

1 Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia: Agricultura e Ambiente, Pesquisador Autônomo, Rua São Salvador, 2716, Ap. 102, CEP 89870-000, Pinhalzinho (SC), Brasil. sidiww@hotmail.com

2 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Universidade Federal de Santa Maria, Br 386, Km 40, Linha 7 de setembro, s/n, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. rodrigossilva@smail.ufsm.br / edison.perrando@ufsm.br / clovisdaros@gmail.com

3 Engenheiro Agrônomo, MSc., CVALE - Cooperativa Agroindustrial, Rua José Bonifácio 615, CEP 98300-000, Palmeira das Missões (RS), Brasil. adellai2@yahoo.com

4 Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. douglasseid@gmail.com

5 Acadêmica do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. helenatrombeta@hotmail.com

Recebido para publicação em 25/03/2013 e aceito em 2/05/2017

seedling growth of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid., *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson, *Eucalyptus saligna* Sm. and *Eucalyptus dunnii* Maiden. The design was completely randomized in a factorial arrangement (4 x 4), four species of *Eucalyptus* (*Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus dunnii*) and four ectomycorrhizal inoculum (UFSC - Pt116 (*Pisolithus microcarpus* (Cooke & Massee) Cunn), UFSC -132 (*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch), UFSC -121, and without inoculation) with 12 repetitions. After ninety days of conducting the experiment were evaluated: the percentage of ectomycorrhizal colonization, plant height, stem diameter, number of leaves, dry weight of root and shoot. Relationships were also calculated: dry aerial/root dry mass, height/diameter and Dickson quality index. The plant height, leaf number and shoot dry mass showed higher average in the species *Eucalyptus dunnii* and *Corymbia citriodora*, when the inoculation with UFSC -132. Inoculation with UFSC-Pt116 resulted in 63,3 % of colonized roots in *Corymbia citriodora*, while *Eucalyptus dunnii* inoculated with UFSC-121 had 67,7 % of its colonized roots. The isolated UFSC-132 provides enhanced growth of seedlings of *Eucalyptus dunnii* and *Corymbia citriodora* compared to the control without inoculation.

Keywords: *Eucalyptus*; mycorrhizae; seedling production; symbiosis.

INTRODUÇÃO

Os fungos ectomicorrízicos associados com espécies florestais, como as Mirtáceas (MACEDO; KAGEYAMA; COSTA, 1993; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), geralmente propiciam benefícios e possibilitam o seu estabelecimento em solos de baixa fertilidade (XU et al., 2001; MELLO et al., 2009; SOUSA et al., 2012). Por meio das suas hifas, os fungos aumentam a área de absorção radicular total da planta no solo (MEHARGA; CAIRNEY, 2000; AGARWAL; SAH, 2009) potencializando a absorção de nutrientes e água (SILVA et al., 2003; ANDREAZZA et al., 2004; SMITH; READ, 2008), ciclagem de nutrientes (CAIRNEY, 2012) e aumentando a tolerância das plantas a metais pesados (GRAZZIOTTI; SIQUEIRA; MOREIRA, 2003; KABATA-PENDIAS, 2010). As raízes ectomicorrizadas apresentam manto fúngico cobrindo a superfície de seus ápices e rede de Hartig situado no córtex intercelular, circundando as células epidérmicas e corticais, que substitui a lamela média e possibilita as trocas de nutrientes (BRUNDRETT, 2008; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Uma série de eventos antecede esta modificação da morfologia radicular e para que ocorra a associação o hospedeiro deve possibilitar a infecção pelo propágulo fúngico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MARTIN; NEHLS, 2009).

Os fungos ectomicorrízicos apresentam especificidade quanto ao hospedeiro (SOUSA et al., 2012) e a taxa de colonização é dependente da interação entre o fungo e a planta (GRAZZIOTTI; SIQUEIRA; MOREIRA, 2003; BRUNDRETT et al., 2005), podendo associar-se ou não, dependendo da espécie vegetal (VOIGT; OLIVEIRA; RANDI, 2000; SILVA; ANTONIOLLI; ANDREAZZA, 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O eucalipto associa-se simbioticamente com alguns fungos ectomicorrízicos (COSTA et al., 2002; MELLO et al., 2006). Entretanto, a possibilidade de associação micorrízica é variável entre as espécies de eucalipto e grupos de fungos ectomicorrízicos (BRUNDRETT et al., 2005), como por exemplo, a maior frequência de ocorrência de *Pisolithus* sp., *Scleroderma* sp. e *Pisolithus microcarpus* em área de *Eucalyptus grandis* (MELLO et al., 2006).

O plantio de eucalipto inoculados com ectomicorrizas tem sido considerado uma alternativa para restauração florestal de áreas degradadas (SILVA; ANTONIOLLI; ANDREAZZA, 2003; SOUZA et al., 2007; CAMPOS; ALVES, 2008; MELLO et al., 2009; MAGALHÃES et al., 2011; STEFFEN et al., 2011), pois estas áreas podem conter pequena quantidade de inóculo de fungos (BAUM; STETTERB; MAKESCHIN, 2002). Para isso, é necessário que as mudas a serem transplantadas, já contenham fungos ectomicorrízicos inoculados ainda no viveiro (SILVA; ANTONIOLLI; ANDREAZZA, 2003; BRUNDRETT et al., 2005).

Uma vez antecipada a simbiose entre fungo e planta, as mudas geradas são de melhor qualidade (PERA; PARLADÉ, 2005), aumentando o crescimento das mudas (PERA; PARLADÉ, 2005; CHEN; KANG; DELL, 2006) e possibilitando maior sobrevivência e melhor desenvolvimento pós-plantio no campo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Contudo, para que a inoculação seja benéfica, é necessário que os isolados fúngicos selecionados sejam eficientes na simbiose (GRAZZIOTTI; SIQUEIRA;

MOREIRA, 2003; PEREIRA et al., 2005), proporcionando, por exemplo, maior massa seca da parte aérea da planta (SCHIAVO; MARTINS; RODRIGUES, 2010) e aumento na absorção de fósforo pela planta (KABATA-PENDIAS, 2010).

A eficiência de fungos ectomicorrízicos é dependente do efeito causado pelas espécies de fungos nas espécies hospedeiras (SILVA; ANTONIOLLI; ANDREAZZA, 2003). Como os efeitos das micorrizas no crescimento de plantas são dependentes das espécies e dos isolados fúngicos (CABRAL et al., 2010), é importante selecionar isolados de fungos ectomicorrízicos que possibilitem aumento significativo de produtividade (ALVES et al., 2001). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos isolados ectomicorrízicos UFSC-Pt116, UFSC-121, UFSC-132 no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* em condições de viveiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A condução do experimento ocorreu entre os meses de abril e julho de 2012, na casa de vegetação do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen, RS, localizado a 27°23'26" latitude sul, 53°25'43" longitude oeste e a 461,30 m de altitude.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com doze repetições, em arranjo fatorial (4 x 4), sendo utilizadas quatro espécies de eucalipto: *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, inoculadas com três isolados ectomicorrízicos: *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116), *Pisolithus tinctorius* (UFSC-132) e UFSC-121, além de uma testemunha sem inoculação.

A unidade experimental foi o tubete de plástico com capacidade de 120 cm³. Foi utilizado o substrato comercial Tecnomax®, contendo 30 mg dm⁻³ de potássio, 130 mg dm⁻³ de fósforo e 460 mg dm⁻³ de nitrogênio disponível. O substrato foi submetido a duas autoclavagens a 121°C por 60 minutos e os tubetes foram previamente desinfetados com solução de hipoclorito de sódio a 1%, durante 12 horas, sendo posteriormente enxaguados com água destilada. As sementes foram desinfetadas em álcool 70% por 30 segundos e lavadas em água destilada, antecedendo a semeadura.

As sementes das espécies de eucalipto foram obtidas no Centro de Pesquisa em Florestas (FEPAGRO FLORESTAS), localizado em Santa Maria-RS. A semeadura foi realizada diretamente nos tubetes preenchidos com substrato, com quatro sementes por tubete e após a emergência procedeu-se com o raleio das plântulas, deixando uma planta por tubete, que foram cultivadas por 90 dias sob irrigação diária. A adubação foi realizada semanalmente, com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1951) sem fósforo, pois altos teores deste elemento dificultam a colonização radicular pelos fungos micorrízicos (SOUZA; SILVA FILHO; OLIVEIRA, 2004).

Os isolados ectomicorrízicos foram mantidos em placa de Petry com 9 cm de diâmetro contendo 20 mL de meio sólido Melin Norkrans (modificado) (MARX, 1969), incubadas em BOD a 28°C com ausência de luz e multiplicados por repicagens sob condições assépticas a cada 30 dias.

Para preparo do inoculante fúngico, o conteúdo de uma placa de Petry, com o micélio fúngico completamente desenvolvido sobre o meio de cultura, foi fragmentado em liquidificador contendo 200 mL de meio líquido Melin Norkrans (modificado), durante 10 segundos. Na sequência, 2 mL desta suspensão micelial foram inoculados diretamente no substrato por 3 vezes, a cada 10 dias a partir da semeadura (BRUNDRETT, 2008). Nos tratamentos sem fungos foram aplicados apenas 2 mL de meio líquido Melin Norkrans Modificado no substrato por 3 vezes, a cada 10 dias, a partir da semeadura.

Aos 90 dias foram avaliados: percentual de colonização ectomicorrízica, altura da parte aérea, diâmetro de colo, número de folhas, massa seca radicular, massa seca das folhas, massa seca da parte aérea e calculada a relação massa seca aérea/massa seca radicular, a relação altura/diâmetro do colo e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

O diâmetro do colo foi medido com paquímetro digital e, posteriormente, as mudas foram seccionadas na região do colo, medida a altura da parte aérea a partir do colo até o meristema apical e realizada a contagem do número de folhas por planta. As raízes foram separadas do substrato por meio de lavagem com água. Amostras de 0,1 g, com 1 cm de comprimento foram usadas para a obtenção do percentual de colonização ectomicorrízica, por meio da quantificação do número de raízes colonizadas e

não colonizadas, conforme descrito por Brundrett et al. (2008), após o processo de clareamento e coloração descrito por Grace e Stribley (1991). O restante do sistema radicular e a parte aérea das mudas foram secos em estufa a 60°C, até massa constante, para determinar a massa seca. O IDQ foi obtido pela equação proposta por Dickson, Leaf e Hosner (1960): $IDQ = \{MST / [(A/D) + (MSA/MSR)]\}$, em que: IDQ = índice de qualidade de Dickson; MST = massa seca total (g); A = altura da parte aérea (cm); D = diâmetro do colo (mm); MSA = massa seca aérea (g); MSR = massa seca radicular (g).

O IDQ considera os atributos morfológicos que expressam a robustez da muda e o equilíbrio da biomassa das plantas, destacando a massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular que são dependentes do crescimento das raízes (SILVA et al., 2011). Quanto maior o IDQ melhor será o padrão de qualidade da muda (VIDAL et al., 2006) e o seu valor mínimo é de 0,20 (GOMES, 2001).

A relação massa seca aérea/massa seca radicular inclui as partes transpirantes com as absortivas de água, e o valor recomendado para o plantio das mudas é de 2:1 (BRISSETTE, 1984; CALDEIRA et al., 2008). A relação altura/diâmetro do colo, também denominada de quociente de robustez, representa o equilíbrio de desenvolvimento das mudas no viveiro e fornece informações sobre espessura da haste caular e estiolamento da muda (JOHNSON; CLINE, 1991). Seus valores situam-se entre 5,4 e 8,1 em qualquer momento da produção das mudas (CARNEIRO, 1995).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo Teste F ($p \leq 0,05$) e, quando verificada interações significativas entre os fatores, procedeu-se com os desdobramentos das interações e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), usando o programa GENES (CRUZ, 2006).

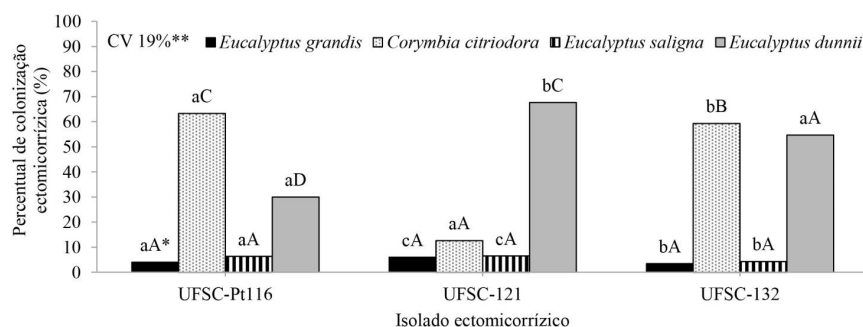
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram interação significativa ($p \leq 0,05$) entre espécies de eucalipto e os isolados ectomicorrízicos para o percentual de colonização ectomicorrízica, altura da parte aérea, diâmetro de colo, número de folhas, massa seca radicular, massa seca das folhas, massa seca da parte aérea, relação massa seca aérea/massa seca radicular, altura/diâmetro do colo e índice de qualidade de Dickson das mudas (Figura 1 e Tabelas 1 e 2). Observa-se que todas as espécies de eucalipto foram colonizadas pelos fungos inoculados, destacando os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-132 na espécie *Corymbia citriodora* e os isolados UFSC-121 e UFSC-132 na espécie *Eucalyptus dunnii*, com mais de 50 % de colonização, enquanto o *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* apresentaram baixa colonização micorrízica para todos os isolados estudados (Figura 1). O menor percentual de colonização obtido no *Eucalyptus grandis* é semelhante ao estudo de Souza et al. (2012) que obtiveram valores próximos a 20%, para os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 (*Scleroderma flavidum*) e indicam a necessidade de seleção de isolados fúngicos que sejam eficientes em estabelecer a ectomicorriza com determinada espécie de eucalipto.

O comportamento diferenciado na formação das micorrizas entre espécies de fungos em mudas de eucalipto em viveiro também foi relatado por Brundrett et al. (2005). Conforme Graziotti, Siqueira e Moreira (2003), deve-se selecionar isolados fúngicos eficientes na simbiose que possibilitem uma interação entre o fungo e a planta. Fungos ideais para inoculação em grande escala devem colonizar amplamente as raízes e gerar resposta benéfica na planta (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A inoculação do isolado UFSC-Pt116 proporcionou maior altura das mudas no *Eucalyptus grandis* (Tabela 1). As mudas de *Eucalyptus dunnii* apresentaram a maior altura quando inoculadas com o isolado UFSC-121, não diferindo estatisticamente do *Eucalyptus saligna*. Destaca-se que este isolado proporcionou ao *Eucalyptus dunnii* alcançar o valor de altura mínima recomendado para o plantio a campo (GOMES et al., 2003). Entre as espécies de eucalipto sem inoculação, as mudas de *Eucalyptus dunnii* apresentaram a maior altura, seguidas respectivamente por *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Corymbia citriodora*. Esses resultados divergem de Oro, Del Quiqui e Oro (2012) que evidenciaram maior altura de *Eucalyptus grandis* em relação ao *Eucalyptus dunnii* e corroboram os de Del Quiqui, Martins e Shimizu (2001) que obtiveram maior altura de *Eucalyptus grandis* em relação ao *Corymbia citriodora*. Conforme Dobner Junior (2008), o *Eucalyptus dunnii* é uma espécie de interesse no Sul do Brasil, por apresentar maior resistência a geadas leves. Nesse caso, é possível que esta espécie tenha se beneficiado do período de realização deste trabalho, desenvolvido entre os meses de abril e julho de 2012, no entanto, essa hipótese deverá ser comprovada em trabalhos específicos.

Na comparação dos isolados ectomicorrízicos dentro de cada espécie de eucalipto verifica-se que a inoculação não proporcionou efeito sobre a altura das mudas do *Eucalyptus saligna* (Tabela 1). Mudas de *Eucalyptus grandis* apresentaram maiores médias em altura quando inoculadas com UFSC-Pt116, sem diferença significativa em relação às mudas sem inoculação e significativamente superior às mudas inoculadas com os isolados UFSC-121 e UFSC-132, que apresentaram baixa taxa de colonização nessa espécie (Figura 1). Em alguns casos a associação não é benéfica, sendo possível a diminuição da taxa de crescimento devido à formação de ectomicorrizas (CONJEAUD; SCHEROMM; MOUSSAIN, 1996; SMITH; READ, 2008).



*As letras minúsculas comparam as espécies de eucalipto dentro de cada isolado ectomicorrízicos. As letras maiúsculas comparam os isolados ectomicorrízicos dentro de cada espécie de eucalipto. Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **CV = coeficiente de variação.

FIGURA 1: Percentual de colonização ectomicorrízica em raízes de mudas *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* inoculados com os isolados de fungos ectomicorrízicos (UFSC-Pt116, UFSC-121 e UFSC-132) e sem inoculação.

FIGURE 1: Percentage of ectomycorrhizal colonization of *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus dunnii* inoculated with ectomycorrhizal isolates (UFSC-Pt116, UFSC-121 and UFSC-132) and without inoculation.

As mudas de *Eucalyptus dunnii* foram significativamente mais altas quando inoculadas com UFSC-132 e a menor altura foi observada pelas mudas inoculadas com UFSC-Pt116 e UFSC-121. Smith e Read (2008), afirmam que combinações entre plantas e fungos manifestam diferentes eficiências de crescimento em *Eucalyptus*. O isolado UFSC-132 incrementou significativamente a altura das mudas de *Corymbia citriodora*, em detrimento aos outros isolados e à testemunha.

O diâmetro do colo das mudas, no tratamento sem inoculação, foi significativamente maior para *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus dunnii* em relação ao *Eucalyptus saligna* (Tabela 1). A aplicação do isolado UFSC-Pt116 não gerou diferença significativa nas mudas de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*, porém, estas foram superiores ao *Corymbia citriodora*. O isolado UFSC-121 não influenciou significativamente esta variável nas mudas inoculadas. A inoculação com o isolado UFSC-132 nas mudas de *Corymbia citriodora* apresentou o maior diâmetro do colo entre as espécies de eucalipto, não diferindo do *Eucalyptus dunnii*. O maior diâmetro do colo é benéfico (REIS et al., 2008), pois é considerado como um bom indicador do padrão de qualidade de mudas, reduzindo as possibilidades de tombamento das mudas após o plantio (MOREIRA; MOREIRA, 1996).

A inoculação com os isolados ectomicorrízicos não proporcionou diferença significativa no diâmetro do colo das mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* (Tabela 1). Em *Corymbia citriodora* esta variável foi significativamente maior quando inoculado com o isolado UFSC-132, enquanto o isolado UFSC-Pt116 proporcionou a menor média para as mudas desta espécie. Em *Eucalyptus saligna* esta variável foi acrescida significativamente pelo UFSC-Pt116 e UFSC-132. O incremento do diâmetro do colo pela inoculação ectomicorrízica é importante, pois maiores diâmetros possibilitam maior sobrevivência das mudas após o plantio (REIS et al., 2008).

TABELA 1: Altura de planta, diâmetro de colo, número de folhas, massa seca das folhas, massa seca radicular, massa seca aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, inoculados com isolados de fungos ectomicorrízicos (UFSC-Pt116, UFSC-121 e UFSC-132) e a testemunha.

TABLE 1: Plant height, collar diameter, number of leaves, dry mass of leaves, root dry mass, canopy dry mass of seedlings of *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus dunnii*, inoculated with ectomycorrhizal isolates (UFSC-Pt116, UFSCand UFSC-121-132) and the witness.

Espécie	Testemunha	Isolado ectomicorrízico		
		UFSC-Pt116	UFSC-121	UFSC-132
----- Altura de planta (cm) -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	15,17 bA	15,67 aA	11,93 bcB	13,00 bB
<i>Corymbia citriodora</i>	11,37 dB	10,93 cB	11,40 cB	13,33 bA
<i>Eucalyptus saligna</i>	13,20 cA	13,40 bA	13,57 abA	13,77 bA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	17,67 aB	13,20 bC	14,83 aC	20,07 Aa
CV		5,30%		
----- Diâmetro do colo (mm) -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	2,02 aA	1,90 aA	1,90 aA	1,98 cA
<i>Corymbia citriodora</i>	2,00 aB	1,61 bC	2,07 aB	2,38 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	1,72 bB	2,00 aA	1,92 aAB	2,10 bcA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	2,16 aA	2,07 aA	2,10 aA	2,28 abA
CV		6,80%		
----- Número de folhas -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	13 aA	14 aA	14 bA	15 aA
<i>Corymbia citriodora</i>	11 bB	11 bB	13 bA	13 bA
<i>Eucalyptus saligna</i>	14 aB	15 aAB	16 aA	15 aAB
<i>Eucalyptus dunnii</i>	13 aB	12 bB	13 bB	15 aA
CV		6,40%		
----- Massa seca das folhas (g) -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,42 aA	0,38 aA	0,28 aA	0,34 cA
<i>Corymbia citriodora</i>	0,44 aB	0,35 aB	0,32 aB	0,67 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,35 aA	0,27 aA	0,36 aA	0,30 cA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,46 aA	0,30 aA	0,40 aA	0,39 bA
CV		15,30%		
----- Massa seca radicular (g) -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,28 bA	0,29 aA	0,26 bA	0,27 abA
<i>Corymbia citriodora</i>	0,34 aA	0,21 bB	0,20 cB	0,32 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,28 bA	0,28 aA	0,27 abA	0,30 aA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,26 bB	0,23 abB	0,32 aA	0,23 bB
CV		9,20%		
----- Massa seca aérea (g) -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,61 aA	0,60 aA	0,47 bB	0,55 bAB
<i>Corymbia citriodora</i>	0,66 aB	0,50 abC	0,49 bC	1,00 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,57 aA	0,46 bA	0,54 bA	0,57 bA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,69 aB	0,50 abC	0,69 aB	0,87 aA
CV		9,87%		

Em que: Médias seguidas por mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, dentro de cada variável, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV = Coeficiente de variação.

As mudas de *Corymbia citriodora* emitiram o menor número de folhas entre as espécies de eucalipto sem inoculação e quando inoculado com o isolado UFSC-132, enquanto as demais espécies não diferiram entre si (Tabela 1). *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* emitiram mais folhas entre as espécies de eucalipto quando inoculados com o isolado UFSC-Pt116. Quanto aos isolados, verificou-se que o UFSC-121 possibilitou maior número de folhas para o *Eucalyptus saligna* e o isolado UFSC-132 para o *Eucalyptus dunnii*, enquanto o *Eucalyptus grandis* não variou o número de folhas com os tratamentos de inoculação. O número de folhas acumuladas está relacionado à evolução da área foliar da planta, a qual determina a

interceptação da radiação solar usada na fotossíntese do dossel vegetativo (MARTINS; STRECK, 2007). Desse modo, embora haja diferença no número de folhas, em nível de espécie de eucalipto, os resultados deste trabalho possibilitam inferir que as ectomicorrizas também contribuem significativamente para essa variável, com resposta diferenciada, conforme o isolado ectomicorrízico e a espécie de eucalipto.

O número de folhas do *Eucalyptus grandis* não foi alterado pela inoculação com os fungos ectomicorrízicos, enquanto as mudas de *Eucalyptus dunnii* emitiram mais folhas quando inoculadas, com UFSC-132, e as mudas de *Eucalyptus saligna* emitiram maior número de folhas quando inoculadas com os isolados ectomicorrízicos testados (Tabela 1). *Corymbia citriodora* apresentou o maior número de folhas quando inoculada com os isolados UFSC-121 e UFSC-132. Conforme Smith e Read (2008), o mutualismo pode influenciar diretamente as taxas de assimilação de carbono nas folhas. Isso pode incrementar o número de folhas emitidas pela planta, contudo, há variação na resposta da planta, conforme o isolado ectomicorrízico utilizado.

Ao comparar as espécies de eucalipto, dentro de cada isolado ectomicorrízico, observa-se maior massa seca das folhas no *Corymbia citriodora* quando inoculada com o isolado UFSC-132 (Tabela 1). Os demais isolados ectomicorrízicos e o tratamento sem inoculação não proporcionaram efeito diferenciado entre as espécies de eucalipto testadas. Na comparação dos isolados ectomicorrízicos dentro de cada espécie, verificou-se que a aplicação dos isolados de fungos ectomicorrízicos não induziu efeito na massa seca das folhas do *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*. Enquanto em *Corymbia citriodora*, o isolado UFSC-132 aumentou significativamente a massa seca das folhas em relação à testemunha e aos demais isolados. Esse resultado corrobora os obtidos por Chen, Kang e Dell (2006), em que mudas de eucalipto inoculadas produziram mais biomassa do que as plantas não inoculadas. Também concorda com Moreira e Siqueira (2006) os quais relatam que associações positivas fazem com que mudas inoculadas atinjam benefícios até 160% superiores às mudas não inoculadas. Além disso, o bom desenvolvimento foliar beneficia mutuamente o fungo, possibilitando maior produção de fotoassimilados e assim a manutenção das ectomicorrizas.

Na comparação das espécies de eucalipto dentro de cada isolado ectomicorrízico, *Corymbia citriodora* teve significativamente maior massa seca radicular quando comparado a outras espécies de eucalipto no tratamento sem inoculação de fungos ectomicorrízicos (Tabela 1). A produção de massa seca radicular na inoculação com o isolado UFSC-Pt116 foi significativamente maior no *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, dos quais *Eucalyptus dunnii* não se diferenciou. A inoculação com o isolado UFSC-121 possibilitou maior matéria seca radicular no *Eucalyptus dunnii* sem diferir estatisticamente do *Eucalyptus saligna*. *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis* produziram a menor massa seca radicular quando comparado a outras espécies de eucalipto inoculadas como isolado UFSC-132.

Ao comparar o efeito dos isolados ectomicorrízicos dentro de cada espécie de eucalipto, observou-se que a massa seca radicular do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* não foram influenciadas pela inoculação dos isolados testados (Tabela 1). *Corymbia citriodora* teve maior massa seca radicular no tratamento sem inoculação e inoculado com o isolado UFSC-132 e menor massa seca radicular, quando inoculada com os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-121. As mudas de *Eucalyptus dunnii* apresentaram maior massa seca radicular com o isolado UFSC-121. A associação ectomicorrízica modifica a arquitetura das raízes (BRUNDRETT, 2008). As hifas geralmente desempenham o papel dos pelos radiculares (SOUZA et al., 2006), os quais estão ausentes em raízes ectomicorrizadas, além disso, estas raízes geralmente são mais curtas e muito ramificadas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). É mais eficiente para a planta, com relação ao gasto de energia, possibilitar maior desenvolvimento de hifas, do que produzir raízes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Não houve diferença significativa na massa seca aérea entre espécies de eucalipto no tratamento sem inoculação (Tabela 1). Quando inoculados com o isolado UFSC-Pt116, o *Eucalyptus grandis* produziu significativamente maior massa seca aérea, não diferindo do *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora*. Na inoculação com o UFSC-121, a massa seca aérea do *Eucalyptus dunnii* foi significativamente maior, enquanto o *Corymbia citriodora* e o *Eucalyptus dunnii* produziram maior massa seca aérea ao serem inoculados com UFSC-132. O comportamento diferenciado, causado pelos isolados em plantas do mesmo gênero, está diretamente associado à dependência de resposta fisiológica por parte do hospedeiro em relação ao fungo ectomicorrízico (MARTIN; NEHLS, 2009). Desse modo, as espécies de eucalipto testadas nesse trabalho

apresentam variação na produção de massa seca aérea, conforme o isolado ectomicorrízico utilizado.

Os isolados não proporcionaram efeito significativo sobre a massa seca aérea do *Eucalyptus saligna* (Tabela 1). A inoculação com o isolado UFSC-132 proporcionou maior massa seca aérea para o *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus dunnii* em comparação à testemunha, enquanto os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-121 reduziram significativamente a massa seca aérea destas espécies, bem como o UFSC-121 diminuiu significativamente a massa seca aérea do *Eucalyptus grandis*. Conforme Silva, Antonioli e Andreazza (2003), em alguns casos, a associação ectomicorrízica pode não proporcionar efeito benéfico ao hospedeiro. Esses autores não obtiveram efeito positivo na parte aérea de mudas de eucalipto ao inocular um isolado de *Pisolithus* sp.

Os efeitos da inoculação com isolados ectomicorrízicos na qualidade das mudas das quatro espécies de eucalipto são apresentados na Tabela 2. Ao comparar as espécies de eucalipto no tratamento sem inoculação, observa-se que a maior relação de massa seca aérea/massa seca radicular foram com as mudas das espécies de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*. Nas mudas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116, a maior relação foi observada no *Corymbia citriodora*, sem diferença significativa para *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*. Nas mudas inoculadas com o isolado UFSC-121, a maior relação foi obtida no *Corymbia citriodora*, entretanto, não diferiu estatisticamente do *Eucalyptus dunnii* e do *Eucalyptus saligna*. A inoculação com o isolado UFSC-132 proporcionou a maior relação de massa seca aérea/massa seca radicular para o *Eucalyptus dunnii* e o *Corymbia citriodora*, quando comparadas às espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, que não diferiram entre si. As espécies de *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora* inoculadas com o isolado UFSC-132 apresentaram uma razão de 3:1, valor acima do recomendado para esta relação, que é de 2:1 (BRISSETTE, 1984; CALDEIRA et al., 2008). Isto revela que estas mudas desenvolveram mais a parte aérea em detrimento ao sistema radicular, diminuindo a sua qualidade.

TABELA 2: Relação massa seca aérea/massa seca radicular, altura/diâmetro do colo e Índice de Qualidade de Dickson, para mudas de *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, inoculados com os isolados de fungos ectomicorrízicos (UFSC-Pt116, UFSC-121 e UFSC-132) e a testemunha.

TABLE 2: Relation dry mass aerial/root dry mass, height/collar diameter and Dickson Quality Index for seedlings of *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus dunnii* inoculated with ectomycorrhizal isolates (UFSC-Pt116, UFSC and UFSC-121-132) and the witness.

Espécie	Testemunha	Isolado ectomicorrízico		
		UFSC-Pt116	UFSC-121	UFSC-132
----- Massa seca aérea/massa seca radicular -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	2,16 abA	2,12 abA	1,82 bA	2,01 bA
<i>Corymbia citriodora</i>	1,94 bB	2,46 aB	2,51 aB	3,11 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	2,05 bA	1,64 bA	2,07 abA	1,93 bA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	2,64 aB	2,14 abB	2,14 abB	3,67 aA
CV		12,00%		
-----Altura/diâmetro do colo -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	7,49 aAB	8,27 aA	6,30 abC	6,59 bBC
<i>Corymbia citriodora</i>	5,71 bB	6,81 bA	5,51 bB	5,63 bB
<i>Eucalyptus saligna</i>	7,70 aA	6,71 bAB	7,08 aAB	6,57 bB
<i>Eucalyptus dunnii</i>	8,23 aA	6,39 bB	7,05 aB	8,80 aA
CV		7,00%		
----- Índice de qualidade de Dikcson -----				
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,09 bA	0,08 aA	0,09 aA	0,09 bA
<i>Corymbia citriodora</i>	0,13 aB	0,07 aC	0,08 aC	0,15 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,09 bA	0,09 aA	0,09 aA	0,10 bA
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,08 bA	0,08 aA	0,10 aA	0,09 bA
CV		8,26 %		

Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV = Coeficiente de variação.

É importante considerar que o isolado UFSC-132 possibilitou alta colonização radicular em mudas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus dunnii* (Figura 1) e isto pode reduzir o desenvolvimento radicular, em detrimento das vantagens possibilitadas pela presença de hifas dos fungos ectomicorrízicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A relação entre massa seca aérea e radicular refere-se à capacidade resistência das mudas a adversidades do clima principalmente no momento do plantio, pois alta relação se traduz em maior superfície de transpiração, quando comparada com a superfície de absorção de água (CALDEIRA et al., 2008). Nos plantios de mudas em condições adversas, principalmente alta temperatura e escassez de água, o efeito das ectomicorrizas também pode ser perdido, pois são sensíveis a estas condições (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Seguindo esses conceitos, as mudas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus dunnii* inoculadas com UFSC-132, necessitam de atenção em relação às condições de plantio.

As mudas de *Corymbia citriodora* apresentaram menor relação altura/diâmetro do colo nos tratamentos sem inoculação e com o isolado UFSC-121, enquanto o *Eucalyptus grandis* apresentou maior relação com o isolado UFSC-Pt116 e o *Eucalyptus dunnii* com o isolado UFSC-132 (Tabela 2). Os valores da relação de altura/diâmetro das mudas de *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus saligna*, situaram-se dentro da faixa recomendada para este índice, que é de 5,4 a 8,1 (CARNEIRO, 1995). As mudas de *Eucalyptus dunnii* sem inoculação e com o isolado UFSC-132 apresentaram relação acima da faixa máxima. Esse resultado demonstra que as mudas de *Eucalyptus dunnii* poderiam estar muito finas, isto é, muito desenvolvidas em altura com relação ao diâmetro do colo, podendo dificultar o pegamento após plantio a campo das mesmas (JOHNSON; CLINE, 1991). Além disso, mudas que apresentam diâmetro do colo reduzido e maiores alturas são consideradas de qualidade inferior em relação às mudas menores e com maior diâmetro do colo (REIS et al., 2008).

Comparando os isolados ectomicorrízicos dentro de cada espécie, observou-se que apenas o isolado UFSC-Pt116 proporcionou acréscimo significativo na relação altura/diâmetro do colo nas mudas de *Corymbia citriodora* em relação à testemunha (Tabela 2). O *Eucalyptus saligna* teve a relação altura por diâmetro do colo reduzida com a aplicação dos isolados ectomicorrízicos. O *Eucalyptus dunnii* apresentou a maior relação altura/diâmetro do colo quando inoculado com os isolados UFSC-132, sem diferir da testemunha. As mudas de *Eucalyptus dunnii* sem inoculação e inoculadas com o isolado UFSC-132 apresentaram valores dessa relação acima do recomendado para mudas de boa qualidade para o plantio, que é de 8,1 (CARNEIRO, 1995).

O IQD das mudas de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos sem inoculação e inoculado com o isolado UFSC-132, foi significativamente superior às demais espécies de eucalipto (Tabela 2). Verificou-se que somente a inoculação com o isolado UFSC-132 proporcionou significativamente maior IQD. Nenhuma muda alcançou o valor 0,2 considerado como mínimo para o IQD (VIDAL et al., 2006). Entretanto, a espécie que mais se aproximou do valor recomendado foi o *Corymbia citriodora* quando inoculada com o isolado UFSC-132. Binotto (2007) também obteve IQD inferior ao recomendado, em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias de produção. Valores de IQD abaixo de 0,2 também foram obtidos por Silva, Simões e Silva (2012) em mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, aos 90 dias após o estaqueamento, e por Gomes et al. (2002), em mudas de *Eucalyptus grandis*, com 120 dias de idade. Gomes (2001) considera que o valor mínimo de 0,2 para o IQD somente seria válido para mudas de *Eucalyptus grandis*, quando estas fossem produzidas em tubetes de 200 e 280 cm³ e com 120 dias de idade.

CONCLUSÕES

As espécies *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* associam-se com fungos ectomicorrízicos em condições controladas de viveiro, mas manifestam diferença no crescimento das mudas condicionadas pelo isolado de fungo inoculado.

O isolado UFSC-132 proporciona maior crescimento de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora* em relação à testemunha sem inoculação.

Os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-132 apresentam maior percentual de colonização radicular em mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora*.

AGRADECIMENTOS

A Capes pela concessão de bolsa de estudo e a FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária) pela disponibilização das sementes para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, P.; SAH, P. Ecological Importance of Ectomycorrhizae in World Forest Ecosystems. **Nature and Science**, New York, v. 7, p. 107-116, 2009.
- ALVES, J. R. et al. Efeito de inoculante ectomicorrízico produzido por fermentação semi-sólida no crescimento de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 307-313, 2001.
- ANDREAZZA, R. et al. Espécies de *Pisolithus* sp. na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 51-59, 2004.
- BAUM, C.; STETTERB, U.; MAKESCHIN, F. Growth response of *Populus trichocarpa* to inoculation by the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in a pot and a field experiment. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 163, p. 1-8, 2002.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. Separata de: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, p. 127-128, 1984.
- BRUNDRETT, M. et al. 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**, Victoria, v. 209, p. 193-205, 2005.
- BRUNDRETT, M. C. **Mycorrhizal Associations**: the web resource. 2008. Disponível em: <mycorrhizas.info>. Acesso em: 05 nov. 2012.
- CABRAL, L. et al. Retenção de metais pesados em micélio de fungos micorrízicos arbusculares. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, p. 25-29, 2010.
- CAIRNEY, J. W. G. Extramatrical mycelia of ectomycorrhizal fungi as moderators of carbon dynamics in forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 47, p. 198-208, 2012.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 27-33, 2008.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1389-1397, 2008.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba, UFPR; FUPEF, 1995. 451 p.
- CHEN, Y. L.; KANG, L. H.; DELL, B. Inoculation of *Eucalyptus urophylla* with spores of *Sclerotinia* in a nursery in south China: Comparison of field soil and potting mix. **Forest Ecology and Management**, Kidlington, v. 222, n. 3, p. 439-449, 2006.
- CONJEAUD, C.; SCHEROMM, P.; MOUSSAIN, D. Effects of phosphorus and ectomycorrhiza on maritime pine seedlings (*Pinus pinaster*). **New Phytologist**, Cambridge, v. 133, p. 345-351, 1996.
- COSTA, M. D. et al. Ectomicorrizas: a face oculta das florestas. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n. 29, p. 38-46, 2002.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 285 p.
- DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. Eucalipto para o Noroeste do estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 23, p. 1173-1177, 2001.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v. 36, p. 10-13, 1960.

- DOBNER JUNIOR, M. **Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* MAIDEN.** 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e dosagens de N-P-K.** 2001. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- GOMES, J. M. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, p. 113-127, 2003.
- GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, p. 655-664, 2002.
- GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, Cambridge, v. 95, p. 1160-1162, 1991.
- GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Espécies arbóreas e ectomicorrizas em relação ao excesso e metais pesados. In: CURI, R. F. et al. **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, p. 55-105, 2003.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil.** Berkeley: University of California, 1951. 347 p.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.
- KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants.** 4th ed. Boca Raton: CRC Press; Taylor & Francis Group, 2010. 548 p.
- MACEDO, A. C.; KAGEYAMA, P. Y.; COSTA, L. G. S. **Produção de Mudas em viveiros florestais: espécies nativas.** [s. l.]: Fundação Florestal, 1993. 18 p.
- MAGALHÃES, M. O. L. et al. Potencial de duas espécies de eucalipto na fitoestabilização de solo contaminado com zinco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, p. 805-812, 2011.
- MARTIN, F.; NEHLS, U. Harnessing ectomycorrhizal genomics for ecological insights. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 12, p. 508-515, 2009.
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A. Aparecimento de folhas em mudas de eucalipto estimado por dois modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1091-1100, 2007.
- MARX, D. H. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. **Phytopathology**, St. Paul, v. 59, p. 153-163, 1969.
- MEHARGA, A. A.; CAIRNEY, J. W. G. Ectomycorrhizas - extending the capabilities of rhizosphere remediation? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, p. 1475-1484, 2000.
- MELLO, A. H. et al. Estabelecimento a campo de mudas de *Eucalyptus grandis* micorrizadas com *Pisolithus microcarpus* (UFSC Pt 116) em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, p. 149-155, 2009.
- MELLO, A. H. et al. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, p. 293-301, 2006.
- MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 26, p. 3-16, 1996.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.
- ORO, T. H.; DEL QUIQUI, E. M.; ORO, P. Desempenho inicial de espécies de Eucalyptus no noroeste do Estado do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, p. 140-148, 2012.
- PERA, J.; PARLADÉ, J. Inoculación controlada con hongos ectomicorrízicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: estado actual en España. **Investigación agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 14, p. 419-433, 2005.
- PEREIRA, O. L. et al. Compatibility and ectomycorrhiza formation among *Pisolithus isolates* and *Eucalyptus* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 337-344, 2005.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan, 2007. 906 p.
- REIS, E. R. et al. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em

- parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, p. 809-814, 2008.
- SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, p. 171-178, 2010.
- SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 297-302, 2012.
- SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, p. 33-42, 2003.
- SILVA, R. F. et al. Influência da contaminação do solo por cobre no crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (*Schinus therebinthifolius* Raddi). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, p. 111-118, 2011.
- SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal symbiosis**. 3th ed. London: Elsevier, 2008. 800 p.
- SOUSA, N. R. et al. Ectomycorrhizal fungi as an alternative to the use of chemical fertilisers in nursery production of *Pinus pinaster*. **Journal of Environmental Management**, London, v. 95, p. 269-274, 2012.
- SOUZA, E. L. et al. Efeito da inoculação com isolados de fungos ectomicorrízicos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, p. 251-261, 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, p. 349-355, 2004.
- SOUZA, P. B. et al. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea do sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, p. 533-543, 2007.
- SOUZA, V. C. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 612-618, 2006.
- STEFFEN, R. B. et al. Ação do óleo essencial de eucalipto na micorrização e no estabelecimento de *Eucalyptus grandis* em solo contaminado por cobre. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 245-255, 2011.
- VIDAL, L. H. I. et al. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 26-30, 2006.
- VOIGT, E. L.; OLIVEIRA, V. L.; RANDI, A. M. Mycorrhizal colonization and phenolic compounds accumulation on roots of *Eucalyptus dunnii* maiden inoculated with ectomycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1905-1910, 2000.
- XU, D. et al. Effects of P fertilization and ectomycorrhizal fungal inoculation on early growth of eucalypt plantations in southern China. **Plant and Soil**, Crawley, v. 233, p. 47-57, 2001.