

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**PRODUÇÃO DE MUDAS E CRESCIMENTO DE
Eucalyptus grandis Hill ex Maiden INOCULADO COM
FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS EM ÁREA
ARENIZADA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Eduardo Lorensi de Souza

Santa Maria, RS, Brasil

2009

PRODUÇÃO DE MUDAS E CRESCIMENTO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden INOCULADO COM FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS EM ÁREA ARENIZADA

por

Eduardo Lorensi de Souza

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo.**

Orientadora: Prof^a Dra. Zaida Inês Antonioli

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PRODUÇÃO DE MUDAS E CRESCIMENTO DE *Eucalyptus grandis* Hill
ex Maiden INOCULADO COM FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS EM
ÁREA ARENIZADA**

elaborada por
Eduardo Lorensi de Souza

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Zaida Inês Antonioli, Dr^a
(Presidente/Orientadora)

Rodrigo Josemar Seminoti Jacques, Dr (UFSM)
(Co-orientador)

Rodrigo Ferreira da Silva, Dr (UNIFRA)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2009

*"A mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho original."*

(Albert Einstein)

DEDICO em especial à Claudio e Dalcinda, meus queridos pais e guias em minha vida.

**OFEREÇO à minha namorada Tania e ao meu irmão João Antônio, exemplos de
pessoas para mim.**

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças para seguir sempre em frente nessa caminhada, superando todos os obstáculos e crescendo sempre como pessoa e como profissional.

Aos meus pais Cláudio e Dalcinda e ao meu irmão João Antônio pelo apoio que sempre me foi dado, pelo amor e carinho incondicionais, pela confiança depositada em mim e por serem as pessoas simples e felizes que são.

À minha namorada Tania por todo o seu amor, carinho e companheirismo e pelo seu apoio mesmo nas horas mais difíceis.

À toda a minha família e à família da minha namorada pelo incentivo e apoio, em especial a minha avó paterna pelo carinho e amor.

À UFSM, ao PPGCS e ao Departamento de Solos e os seus professores, pelo conhecimento adquirido.

À professora Zaida Inês Antonioli, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança depositada em mim desde o começo e por ser como a minha segunda mãe aqui na cidade de Santa Maria desde o ano de 2004.

Ao professor João Kaminski pelas idéias e sugestões durante o curso e pela amizade.

À professora Vetúria Lopes de Oliveira e à Universidade Federal de Santa Catarina pelo estágio concedido e doação de isolados de fungos ectomicorrízicos.

Ao Engenheiro Agrônomo Nelci Salbego pelo empréstimo da área experimental para realização de parte do trabalho no município de São Francisco de Assis – RS.

Ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida.

Aos bolsistas e amigos do Laboratório de Microbiologia Agrícola e Biologia do Solo, pelos momentos de trabalho, amizade e diversão, em especial a Rafael Goulart Machado, Daniel Pazzini e Sabrina Dahmer.

Aos amigos e colegas de laboratório, Ricardo Benfica Steffen, Geresa Pauli Kist Steffen, Antônio Carlos Bassaco, Matheus Ponteli, Guilherme Schirmer, Manuelli Lupatini, pelo companheirismo, amizade de sempre e auxílio durante as etapas da realização deste trabalho.

À banca examinadora deste trabalho, composta pelos professores Rodrigo Josemar Seminoti Jacques, Rodrigo Ferreira da Silva e Zaida Inês Antonioli, pelas considerações e sugestões.

Aos amigos Genuir Luis Denega, Stefen B. Pujol, Alexandre Doneda, Gabriel dos Santos, Fabio Joel Mallmann, Fábio Graupe, Ricardo Schenato, Geronimo Prado pelo apoio, companheirismo e incentivo em todos os momentos do curso.

As amigas Juciéle Simon, Elisandra Pocojeski, Fabiana Dorneles e Fabiana Trevisan da Silva pela amizade e companheirismo em todas as horas.

Aos amigos de curso pela amizade, pelas sugestões de trabalho, discussões, grupo de estudos e verdadeiro companheirismo.

Aos amigos Felipe Lorensini, Cledimar Lourenzi e Tadeu, do Laboratório de Fertilidade do Solo, pela amizade e pela ajuda com as análises químicas.

Aos amigos, de longe e de perto, pelo ombro amigo, apoio, companheirismo e incentivo em todos os momentos, em especial à Andrea Hentz de Mello, que foi quem ensinou a gostar da pesquisa e que sempre me incentivou e me ajudou a seguir em frente.

Aos funcionários do Departamento de Solos e do PPGCS, Flávio Vieira da Silva, Tarcísio Durgante Uberti e Rose, pela ajuda nos momentos de dificuldade, pela amizade e pelos momentos de descontração.

Ao Luiz Marchiotti Fernandes pelo auxílio com a normatização da dissertação.

Agradeço as demais pessoas que, mesmo não citadas, contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

Enfim, agradeço a todos que tiveram ao meu lado durante essa caminhada, me incentivando e me dando forças, pois se consegui chegar aqui, com certeza foi com a ajuda de todos vocês.

Muito obrigado a todos vocês de coração!

“O ignorante afirma, o sábio duvida, o sensato reflete.”

(Albert Einstein)

***“O que eu ouço, eu esqueço. O que eu vejo eu lembro. O que eu
faço eu entendo.”***

(Confúcio)

***“Escolha um trabalho que tu ames, e não terás que trabalhar
um único dia em tua vida.”***

(Confúcio)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria, RS.

PRODUÇÃO DE MUDAS E CRESCIMENTO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden INOCULADO COM FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS EM ÁREA ARENIZADA

AUTOR: EDUARDO LORENSI DE SOUZA

ORIENTADORA: ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 26 de fevereiro de 2009.

No Estado do Rio Grande do Sul o *E. grandis* é uma das principais espécies utilizadas na silvicultura. Os reflorestamentos têm se concentrado em regiões de solos com baixa fertilidade, especialmente em fósforo, como os Neossolos Quartzarênicos, que ocorrem na metade sul do Estado, tornando-se um problema para o estabelecimento dessa cultura no campo. Esta espécie florestal tem a capacidade de formar simbiose com fungos ectomicorrízicos que auxiliam o crescimento das plantas através do aumento na absorção de nutrientes e água. No presente trabalho teve-se por objetivos avaliar o crescimento inicial do eucalipto em área arenizada e a inoculação dos isolados fúngicos ectomicorrízicos, individualmente ou em mistura em Neossolo. Na primeira etapa do trabalho, foram produzidas mudas de eucalipto em casa de vegetação, que foram inoculadas ou não com o isolado UFSC-Pt116, produzidas em turfa ou em Neossolo. Após 120 dias, essas foram transplantadas para uma área arenizada em São Francisco de Assis e avaliadas quanto à sobrevivência, altura, diâmetro do caule e teores de nitrogênio, fósforo e potássio, fósforo total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico e produção de madeira. Na segunda etapa testou-se em casa de vegetação o efeito da inoculação dos isolados de fungos ectomicorrízicos UFSC-Pt116, UFSC-Pt188 e UFSC-SA9, individualmente e em mistura no substrato turfa e no Neossolo. Foram realizadas avaliações quanto à altura e diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e das raízes, volume de raízes, percentual de colonização micorrízica e teores de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea das plantas. No campo, as plantas que foram produzidas no Neossolo e inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 obtiveram a maior sobrevivência, altura e diâmetro do caule, teores de nitrogênio, bem como produção de madeira em relação às mudas não inoculadas. No segundo estudo, as plantas que receberam inoculação individual dos isolados UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 e foram produzidas com turfa obtiveram a maior altura, diâmetro do caule, colonização micorrízica e acúmulo de massa seca. As plantas que foram produzidas em Neossolo e inoculadas com os isolados UFSC-Pt116, UFSC-Pt188 e UFSC-SA9 individualmente alcançaram a maior altura, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e volume de raízes. As mudas produzidas no Neossolo alcançaram altura e diâmetro maiores que as produzidas na turfa.

Palavras-chave: Neossolo Quartzarênico, turfa, inoculação, isolado fúngico.

ABSTRACT

Master Dissertation in Soil Science
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden SEEDLINGS PRODUCTION AND GROWTH INOCULATED WITH ECTOMYCORRHIZAL FUNGI IN SANDY AREA**

AUTHOR: EDUARDO LORENSI DE SOUZA

ADVISOR: ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

Date and Place of Defense: Santa Maria, February 26, 2009.

Eucalyptus grandis is one of the main species used in forestry, in the Rio Grande do Sul State. The reforestations have been concentrated in low fertility soil areas, especially in phosphorus, such as the Quartzarenic Neosoils, which occur in the south of the state. It represents a problem for the establishment of this culture in field. This forestry species has the capacity of making symbiosis with ectomycorrhizal fungi that increase plant growth and the absorption of water and nutrients. The aim of the work was to evaluate the initial growth of eucalyptus in sandy area and the ectomycorrhizal fungi inoculation isolated, individually or mixed in Neosoil. In the first stage, eucalyptus seedlings were produced in greenhouse, inoculated or no-inoculated with the UFSC-Pt116 isolated, produced in peat or in Neosoil. After 120 days seedlings were transplanted to an area subjected to the process of sanding in São Francisco de Assis and evaluated regarding the survival, height, stem's diameter and tenors of nitrogen, phosphorus and potassium, total phosphorus, inorganic phosphorus, and wood production. In the second stage it was tested, in greenhouse, the effect of ectomycorrhizal fungi inoculation with the UFSC-Pt116, UFSC-Pt188 and UFSC-SA9 isolates, individually or mixed in peat substrate and in Neosoil. Determinations were accomplished regarding stem's diameter and height, dry matter of the aerial portion and the roots, roots volume, mycorrhizal colonization as well as the level of nitrogen, potassium and total, organic and inorganic phosphorus of the aerial portion of plants. In field, the plants produced in Neosoil and inoculated with the isolated UFSC-Pt116 obtained the highest survival, stem's height and diameter, nitrogen level, as well as wood production in relation to the no-inoculated seedlings. In the second study, the plants that received individual inoculation of the isolated UFSC-Pt116 and UFSC-SA9 and that were produced with peat obtained the highest height, stem's diameter, mycorrhizal colonization and dry matter accumulation. The plants that were produced in Neosoil and the individually inoculated with the isolated UFSC-Pt116, UFSC-Pt118 and UFSC-SA9 showed highest height, stem's diameter, dry matter of the aerial portion and roots volume. The seedlings produced in Neosoil obtained higher height and diameter than those produced in peat.

Keywords: Quartzarenic Neosoil, peat, inoculation, fungi isolated

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Inóculo de <i>Pisolithus microcarpus</i> (UFSC-Pt116), crescidos em substrato sólido (turfa e vermiculita) e em meio de cultura em estufa à 25° C, por 90 dias.....	26
FIGURA 1.1 - Mudanças de <i>Eucalyptus grandis</i> inoculadas com <i>Pisolithus microcarpus</i> (UFSC-Pt116) aos 120 dias após a germinação em casa de vegetação.....	28
FIGURA 1.2 - Aspecto geral do experimento aos 960 dias após o plantio em área sujeita ao processo de arenização município de São Francisco de Assis – RS.....	29
FIGURA 1.3 - Produção de madeira de plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> aos 9.60 dias após o plantio no campo, em uma área sujeita ao processo de arenização em São Francisco de Assis-RS.....	36
FIGURA 2.3 - Plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> inoculadas com o isolado <i>Pisolithus microcarpus</i> (UFSC-Pt116) e a testemunha aos 60 dias após a emergência em casa de vegetação.....	47
FIGURA 2.3.1 - Volume de raízes das plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	52
FIGURA 2.3.2 - Colonização micorrízica nas plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	54
FIGURA 2.4 - Volume de raízes das plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	68
FIGURA 2.4.1 - Colonização micorrízica nas plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – Percentagem de plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em diferentes substratos e inoculadas e não inoculadas com fungo ectomicorrízico UFSC-Pt116, aos 90 e aos 960 dias após o plantio em São Francisco de Assis, - RS.....	31
TABELA 1.2 - Altura e diâmetro do caule das plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em diferentes substratos e inoculadas e não inoculadas com o isolado <i>Pisolithus microcarpus</i> (UFSC-Pt116), aos 120, 360, 720 e 960 dias após o plantio em São Francisco de Assis – RS.....	32
TABELA 1.3 - Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> aos 360, 720 e 960 dias após o plantio em São Francisco de Assis-RS.....	33
TABELA 1.4 - Concentrações de diferentes frações de fósforo na parte aérea das plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> inoculadas e não inoculadas com o isolado <i>Pisolithus microcarpus</i> (UFSC-Pt116) aos 960 dias após o transplante em área sujeita ao processo de arenização em São Francisco de Assis-RS.....	34
TABELA 2.3.1 - Isolados de fungos ectomicorrízicos utilizados neste trabalho.....	41
TABELA 2.3.2 - Altura das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	46
TABELA 2.3.3 - Diâmetro do caule (cm) das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	49
TABELA 2.3.4 - Massa seca da parte aérea e de raízes (mg planta^{-1}) das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	50
TABELA 2.3.5 - Teores de N, P e K na parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	55

TABELA 2.4.1 - Altura das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	61
TABELA 2.4.2 - Diâmetro do caule das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	63
TABELA 2.4.3 – Comparação de alturas e diâmetros médios das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em Turfa e Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	64
TABELA 2.4.4 - Massa seca da parte aérea e de raízes das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	65
TABELA 2.4.5 - Teores de nutrientes na parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.....	70

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μM	micromolar
%	percentagem
μg	micrograma (s)
B	boro
C°	Grau (s) Celsius
cm	centímetro (s)
cm^3	centímetro (s) cúbico (s)
$\text{cmol}_c \text{dm}^3$	centimol carga por decímetro cúbico
cm.planta^{-1}	centímetro (s) por planta
$\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$	centimol carga por litro
CO_2	dióxido de carbono
CTC	capacidade de troca de cátions a pH 7,0
Cu	cobre
DAP	dias após o plantio
DAT	dias após o transplante
mg	miligrama (s)
mg/dm^3	miligrama (s) por decímetro cúbico
FAA	solução formalina ácido acético e álcool etílico
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Fe	ferro
fECM	fungo (s) ectomicorrízico (s)
g	grama (s)
g L^{-1}	grama (s) por litro
ha	hectare (s)
K	potássio
Kg	quilograma (s)
Kg.ha^{-1}	quilograma (s) por hectare
L	litro (s)
m	metro (s)
mg g^{-1}	miligrama por grama
mg L^{-1}	miligrama (s) por litro
mg Kg^{-1}	miligrama (s) por quilograma
mg planta^{-1}	miligrama por planta
min	minutos
mL	mililitro (s)
mm	milímetro (s)
Mn	manganês

MNM	meio Melin-Norkrans modificado
Mo	molibdênio
N	nitrogênio
P	fósforo
pH	potencial hidrogeniônico em água
Pi	fósforo inorgânico
Po	fósforo orgânico
Pts	fósforo total solúvel
PVC	policloreto de vinila
rpm	rotações por minuto
SBCS	Sociedade Brasileira de Silvicultura
v/v	volume por volume
Zn	zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO 1	
PRODUÇÃO DE MUDAS E CRESCIMENTO DE <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden INOCULADO COM <i>Pisolithus microcarpus</i> (UFSC-Pt116) EM SOLO SUJEITO À ARENIZAÇÃO.....	22
1 RESUMO.....	22
2 INTRODUÇÃO.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Isolado de fungo ectomicorrízico.....	25
3.2 Produção de inóculo do fungo ectomicorrízico.....	25
3.3 Substrato de plantio das mudas de eucalipto.....	26
3.4 Sementes.....	26
3.5 Cultivo das mudas de eucalipto.....	27
3.6 Plantio a campo das mudas.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5 CONCLUSÕES.....	37
CAPÍTULO 2	
PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden COM ISOLADOS DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS.....	38
1 RESUMO.....	38
2 INTRODUÇÃO.....	39
3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus Grandis</i> Hill ex Maiden INOCULADAS COM ISOLADOS DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS.....	41
3.1 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1.1 Fungos micorrízicos.....	41
3.1.2 Produção de inóculo de fungos ectomicorrízicos.....	42

3.1.3 Substrato de plantio das mudas de eucalipto.....	42
3.1.4 Sementes.....	43
3.1.5 Cultivo das mudas de eucalipto.....	43
3.1.6 Avaliações realizadas.....	44
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.3 CONCLUSÕES.....	58
4 ISOLADOS DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DO <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.....	59
4.1 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
4.1.1 Fungos micorrízicos e produção de inóculo.....	59
4.1.2 Substrato de plantio das mudas de eucalipto.....	59
4.1.3 Cultivo das mudas de eucalipto.....	60
4.1.4 Avaliações realizadas.....	60
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.3 CONCLUSÕES.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

1 INTRODUÇÃO GERAL

Apesar de ser uma espécie produtiva, os reflorestamentos com eucalipto tem se concentrado em regiões brasileiras de solos com baixa fertilidade, especialmente em fósforo. Um desses casos são os Neossolos Quartzarênicos, que ocorrem na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul, que estão sendo atualmente utilizados para o reflorestamento. Estas áreas arenosas, desprovidas de vegetação, são depósitos areníticos inconsolidados, e retrabalhados sob os processos característicos do clima (AZEVEDO; KAMINSKI, 1996). Esses solos apresentam baixa fertilidade e dificuldades na retenção de água e de nutrientes, dificultando a manutenção e o desenvolvimento da vegetação nessas áreas. Entretanto, o eucalipto tem a característica de associar-se a fungos ectomicorrízicos (fECM) e arbusculares (fMA). Estes fungos favorecem a sobrevivência e o crescimento das plantas. Mello (2006), em estudo realizado com *Eucalyptus grandis*, verificou que as mudas de eucalipto inoculadas com fECM apresentaram maior altura, diâmetro de caule e teor de nutrientes na parte aérea.

As florestas existentes no mundo somam cerca de 4 bilhões de hectares, cobrindo aproximadamente 30% da superfície terrestre do globo (FAO, 2008). Cinco países concentram mais da metade da área florestal total – a Federação Russa, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China. No Brasil, cuja área territorial é de 851,5 milhões de hectares, há 477,7 milhões de hectares de cobertura florestal. As plantações florestais, ocupando apenas 0,67% do território nacional, somam 5,74 milhões ha, sendo 3,55 milhões com eucalipto; 1,82 milhões com pinus e 370,5 mil de outras espécies (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2008).

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 (EMBRAPA, 2003). 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, pois contribui para diminuir a pressão e desmatamento das áreas de preservação e reservas legais de matas nativas e também auxilia na captura de dióxido de carbono na atmosfera, diminuindo o efeito estufa (GARAY et al., 2004).

As micorrizas arbusculares e ectomicorrizas promovem um incremento significativo da área de absorção radicular das plantas colonizadas, maximizando o aproveitamento de água e nutrientes, como o fósforo (P), o nitrogênio (N) e o potássio (K), e alguns micronutrientes

não fungistáticos (MOLINA; TRAPPE, 1984; SMITH; READ, 1997; GLOWA et al. 2003). Além disso, propiciam melhor resistência ao estresse hídrico, às temperaturas elevadas, à acidez por serem mais tolerantes à presença de Al, e maior tolerância a condições de toxidez do solo e proteção do sistema radicular contra patógenos (MARX; CORDELL, 1989; SMITH; READ, 1997; ALLEN, 1991). Com isso, contribuem para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas (MARX, 1969), mesmo em solos com baixos teores de nutrientes ou degradados (MARK; CORDELL, 1989). Além dos benefícios para a planta e para o fungo, há também benefícios econômicos e ambientais, pois a colonização das plantas com fungos micorrízicos pode diminuir a quantidade de fertilizantes que são usadas nas recomendações de adubação das culturas (MARX, 1991; MARX et al., 1992).

Os fECMs aumentam a área de solo explorada pelas raízes na captura de água e de nutrientes, através do prolongamento das hifas no solo e da modificação da arquitetura das raízes (BRUNDRETT, 1996). Esses fungos são capazes de disponibilizar o P presente em formas pouco solúveis, por meio da produção de fosfatases e ácidos orgânicos. Os fECMs são capazes de sintetizar hormônios de crescimento, como ácido indol acético e precursores de giberilinas, e substâncias antibióticas como polifenóis, que por sua vez, conferem proteção ao sistema radicular contra patógenos (SMITH; READ, 1997).

Considerando a baixa fertilidade dos solos que são usados para os reflorestamentos, é necessário que se adotem algumas alternativas viáveis econômica e ambientalmente. Inúmeros estudos foram desenvolvidos em diferentes regiões, épocas e culturas, mostrando os benefícios da utilização desses organismos para o crescimento de várias espécies florestais, em especial o *Eucalyptus grandis*. Esses estudos, entretanto, visaram avaliar o efeito dos fECMs individualmente no que diz respeito a produção de massa e crescimento de plantas.

Uma dessas alternativas é o uso de fungos ectomicorrízicos (fECM) na produção de mudas de eucalipto nos viveiros e no campo, para aumentar a absorção de nutrientes, promover resistência ao ataque de patógenos e aumentar o índice de sobrevivência dessas mudas em solos de baixa fertilidade.

Os estudos realizados até o momento têm grande importância, mas não levam em consideração a interação dos fECMs com os outros fECMs e com a microbiota do solo, que são muito importantes tanto para a planta quanto para o organismo. Essas interações entre os fECMs podem ser de grande vantagem para a planta, pois algumas espécies são especializadas na captura de fósforo em solos de baixa disponibilidade e no acúmulo desse nutriente nos tecidos de eucalipto, enquanto outras contribuem para a promoção do crescimento, entre outros benefícios. Na natureza, os fECMs ocorrem naturalmente, de forma

individual ou coexistindo com outras espécies de fECMs, e junto com estes ainda está presente toda a microbiota do solo. No solo, em uma mesma planta hospedeira pode ocorrer a colonização por mais de uma espécie de fECM, havendo interação entre estes e a planta, o que pode resultar em benefícios para a ela, devido a diversidade de organismos benéficos que ali estão presentes, já que alguns contribuem mais com promoção do crescimento e outros com a absorção de nutrientes.

Estudos sobre a utilização de fECMs individualmente para inoculação de plantas são abundantes, entretanto, trabalhos utilizando misturas de fECM são raros. Após a inoculação das mudas em viveiros, essas são transplantadas no campo, onde pode existir outras espécies de fECM e toda a microbiota do solo, ocorrendo uma interação entre esses organismos, que pode resultar em efeitos benéficos para a planta, mas ainda pouco explorados. Desse modo, é importante avaliar o efeito da inoculação de fECMs em combinação e individualmente em mudas de *E. grandis*, a fim de verificar os efeitos benéficos da simbiose. Esse estudo é muito importante para futuros programas de inoculação e fabricação de inoculantes de fECMs, na redução do uso de fertilizantes nos substratos que são utilizados nos viveiros e no implante de florestas em regiões degradadas.

Nesse sentido neste trabalho teve-se como objetivo estudar a utilização de espécies de isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura na produção de mudas de *E. grandis* e os benefícios obtidos pela micorrização nas mudas implantadas em área degradada.

Capítulo 1

PRODUÇÃO DE MUDAS E CRESCIMENTO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden INOCULADO COM *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116) EM SOLO SUJEITO À ARENIZAÇÃO

1 RESUMO

O eucalipto é uma das principais espécies utilizadas no Estado do Rio Grande do Sul para os reflorestamentos comerciais. O estabelecimento do eucalipto em solo de baixa fertilidade tem dificultado o estabelecimento e crescimento dessas plantas. Ele tem a capacidade de formar associações simbióticas com fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízicos, que podem favorecer o crescimento e a absorção de nutrientes principalmente em solos com baixa fertilidade. O trabalho teve por objetivo de avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial das plantas de eucalipto em uma área sujeita ao processo de arenização após três anos de crescimento. As mudas de eucalipto foram produzidas mudas em casa de vegetação e foram inoculadas ou não com o isolado UFSC-Pt116, produzidas em turfa ou em Neossolo Quartzarênico. Após 120 dias, essas mudas de eucalipto foram transplantadas para uma área sujeita ao processo de arenização no município de São Francisco de Assis, RS e avaliadas quanto à sobrevivência, altura, diâmetro do caule e teores de nitrogênio, fósforo e potássio aos 360, 720 e 960 dias após o transplante, e quanto aos teores de fósforo total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico e produção de madeira aos 960 dias. As mudas que foram produzidas no Neossolo e inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 obtiveram maior sobrevivência, altura e diâmetro do caule, teores de nitrogênio, bem como produção de madeira em relação às mudas que não receberam o inoculante. Este trabalho comprova o potencial dos fungos micorrízicos na produção de mudas de qualidade de *E. grandis*.

Palavras-chave: ectomicorriza, eucalipto, Neossolo, inoculação.

2 INTRODUÇÃO

No Sudoeste do Rio Grande do Sul existem áreas com Neossolos Quartzarênicos que estão sujeitas aos processos de arenização. Esta ocorrência é associada ao substrato arenítico, mapeado nesta região como formação Botucatu, com cobertura vegetal muito escassa, predominante de gramínea. Moller et al. (1975) afirmaram haver no município de São Francisco de Assis, cerca de 432 ha de áreas arenizadas. Avalia-se que já são mais de 5 mil hectares cobertos por dunas, numa área que abrange dez municípios gaúchos, entre estes, São Francisco de Assis. A fragilidade desse solo deriva de sua dificuldade em compensar as perturbações impostas pela ação antrópica, notado pela suscetibilidade natural à erosão hídrica e eólica, que contribui para sua degradação.

Estas características dificultam a utilização econômica e/ou ecológica deste solo. Estas áreas estão sendo destinadas para o plantio de essências florestais, como eucaliptos, pinus e acácia negra. Mas a dificuldade dos solos arenosos em reter água e nutrientes é fator que dificulta a manutenção e o desenvolvimento da vegetação nessas áreas, sendo importante a busca de alternativas, que são baseadas, na produção das mudas em substratos férteis e micorrizadas com fungos ectomicorrízicos.

O eucalipto pode formar dois tipos de associação micorrízica, a arbuscular e a ectomicorriza (ZAMBOLIM; BARROS, 1982), sendo predominantemente as ectomicorrizas responsáveis pelo estabelecimento dessas espécies em solos pobres em nutrientes. A presença destes fungos nas mudas favorece o estabelecimento e sobrevivência da planta no campo, pelo aumento na capacidade de absorção de nutrientes, aumento na longevidade de raízes, proteção contra patógenos, aumento no rendimento de massa seca e na absorção de fósforo (BARROS, 1978).

A importância dos fungos ectomicorrízicos para o crescimento e desenvolvimento de mudas de eucalipto está bem documentada, porém embora experimentos em casa de vegetação constatem a necessidade de inoculação das mudas, são poucos os trabalhos que demonstram a adequabilidade desta inoculação para melhorar o desempenho das mudas no campo.

Os fungos ectomicorrízicos são fisiológica e ecologicamente diversos, e uma forte variação ecotípica pode ser encontrada entre isolados de uma mesma espécie (TRAPPE, 1977). Baseado na variação existente entre os fungos micorrízicos em colonizar as mudas de eucalipto, é necessário que, após ter selecionado o isolado, este deve ser testado quanto a sua

eficiência na promoção do crescimento das mudas no campo, em especial nas áreas de implantação do povoamento.

A necessidade de produzir mudas destinadas a áreas específicas, com características definidas, se deve ao fato de que estas mudas, são geralmente frágeis, necessitando de proteção inicial e de manejo adequado para se obter maior uniformização de crescimento.

Para que haja êxito na implantação das mudas de eucalipto, em áreas com condições precárias, há necessidade de que elas cresçam em substrato com nutrientes suficientes para o arranque inicial, mas com fósforo abaixo do limite que dificulte a sua colonização com ectomicorrizas.

Este trabalho teve como objetivo, avaliar a sobrevivência, o crescimento e o desenvolvimento de plantas de *Eucalyptus grandis* micorrizadas na sua formação com o fungo ectomicorrízico *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116), e verificar se a inoculação com o fungo altera as frações do fósforo armazenado nas folhas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho é continuação da tese de doutorado intitulada: Ocorrência, caracterização e eficiência de fungos micorrízicos em *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*.

3.1 Isolado de fungo ectomicorrízico

O isolado de fungo ectomicorrízico testado neste experimento foi o *Pisolithus microcarpus* (Cooke & Masee) Cunn, oriundo de plantações de *Eucalyptus* spp doado pelo Laboratório de Ectomicorrizas do Departamento de Microbiologia e Parasitologia da Universidade Federal de Santa Catarina e multiplicado no Laboratório de Biologia do Solo e Microbiologia Professor Marcos Rubens Fries da Universidade Federal de Santa Maria.

O isolado foi mantido em meio de cultura sólido Melin-Norkrans Modificado (MNM – MARX, 1969), em de placas de Petri (9 cm de diâmetro), em estufa à 25° C e foi multiplicado a partir de culturas da coleção, por meio de repicagens para o meio da mesma composição, sob condições assépticas.

3.2 Produção de inóculo do fungo ectomicorrízico

O inóculo do fungo ectomicorrízico (fECM) foi obtido inicialmente à partir da multiplicação e crescimento de culturas da coleção após trinta dias. Em seguida, foram feitas suspensões micelianas em 25 mL de meio MNM líquido em erlenmeyers de 250 mL, a partir de discos de 8 mm de diâmetro obtidos das culturas em placa, seguindo-se de incubação à 25° C, durante 30 dias.

Após esse período, o conteúdo de dois frascos foi fragmentado em 200 mL de meio MNM, em liquidificador, durante 5 segundos, e utilizado para inocular 500 mL de uma mistura com uma parte de vermiculita e quatro de turfa (v/v) mais 200 mL de meio MNM líquido, em frascos de vidro tipo conserva de 900 mL. A mistura foi previamente esterilizada em autoclave a 121° C, durante 60 minutos, antes da adição do meio. Posteriormente, foi realizada a esterilização pelo período de 20 minutos sob as mesmas condições de temperatura e pressão. Após, foi inoculado o fungo UFSC-Pt116, no meio. Os frascos foram mantidos em estufa à 25° C para o crescimento miceliano, durante 90 dias (Figura 1).



Figura 1 - Inóculo de *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116), crescidos em substrato sólido (turfa e vermiculita) e em meio de cultura, em estufa, à 25° C, por 90 dias.

3.3 Substrato de plantio das mudas de eucalipto

O substrato de plantio foi composto por turfa e Neossolo Quartzarênico. O substrato turfa foi produzido pela empresa Floresta S.A. A composição do substrato foi de turfa, perlita, calcário aditivado com fertilizante natural, apresentando as seguintes características químicas: pH = 6,5; P = 39,55 mg L⁻¹; K = 82 mg L⁻¹; Al = 0, Ca = 5,3 cmol_c L⁻¹ e Mg = 3,3 cmol_c L⁻¹. A proporção do substrato foi uma parte de vermiculita e três partes de turfa (v/v). O Neossolo Quartzarênico apresentou as seguintes características químicas: pH = 4,7; P = 8 mg L⁻¹; K = 30 mg L⁻¹; Al = 0,6 cmol_c L⁻¹; Ca = 0,3 cmol_c L⁻¹ e Mg = 0,1 cmol_c L⁻¹ e também foi misturado à vermiculita na proporção de (1:3) (v/v). Ambos os substratos, foram previamente esterilizados em autoclave a 121° C, durante 60 minutos, três vezes consecutivas, com um intervalo de 24 horas entre cada esterilização. Nos substratos, foi adicionada solução nutritiva contendo os seguintes elementos: K, 16; Mn, 0,15; Mg, 3; Zn, 0,0375; Cu, 0,125; Mo, 0,05; B, 0,05 e Fe, 0,375 (mg kg⁻¹), baseados em Alves et al. (2001).

3.4 Sementes

As sementes de *Eucalyptus grandis* que foram utilizadas nesse experimento, foram obtidas na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria – FEPAGRO. As mesmas foram pré-germinadas durante três dias sob agitação em recipiente. Para isso, foram inicialmente desinfestadas em álcool 70% por 30 segundos, lavadas em água destilada, e

transferidas para uma solução de germinação de ácido bórico ($3 \mu\text{M}$), glicose (2 g L^{-1}) e sulfato de cálcio ($500 \mu\text{M}$), a pH 5,7.

3.5 Cultivo das mudas de eucalipto

As mudas de eucalipto foram produzidas em tubetes de 50 cm^3 de capacidade de substrato, em casa de vegetação.

Para o fósforo foram testadas sete doses adicionadas no substrato de plantio: 0; 25; 50; 100; 200, 400, 800 mg kg^{-1} , com base em estudos preliminares de Alves et al. (2001). Neste estudo, foi utilizado P solúvel, na forma de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, administrado em solução ao substrato de plantio das sementes. Após a colheita das mudas foi extraído o fósforo disponível pelo método de Mehlich 1, correspondendo, respectivamente, as doses 0,5; 4,8; 8,8; 15,4; 33; 140 e 310 mg kg^{-1} no substrato turfa e 0,3; 3,7; 7,5; 13,2; 21; 110; 280 mg kg^{-1} no Neossolo Quartzarênico.

A inoculação do *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116) foi no momento da sementeira, adicionando-se 10% (v/v) do inoculante, previamente lavado com água destilada estéril (ALVES et al., 2001). A homogeneização do inóculo foi feita manualmente, com uso de luvas descartáveis. O tratamento testemunha recebeu a mesma quantidade da mistura turfa-vermiculita-MNM não inoculada, e submetida às mesmas condições de manutenção que o material inoculado.

Os substratos inoculados foram previamente homogeneizados e após distribuídos em tubetes cônicos de PVC de 50 cm^3 desinfestados com solução de hipoclorito de sódio 1%. Os tubetes foram etiquetados de acordo com o tratamento e distribuídos em bandejas aleatoriamente. Cada tubete recebeu 5 sementes de eucalipto, depositadas a aproximadamente 1 cm de profundidade, que foram recobertas com o substrato. O conteúdo dos tubetes, foi em seguida umedecido com água destilada. Após a inoculação e a sementeira, as mudas foram mantidas em casa de vegetação por 120 dias e a umidade foi repostada até a capacidade de campo diariamente com água destilada.



Figura 1.1 - Mudanças de *Eucalyptus grandis* inoculadas com *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116) aos 120 dias após a germinação em casa de vegetação.

Para cada combinação de substrato x isolado fúngico e dose de P, foram feitas 10 repetições. Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com rodízio semanal dos tubetes. Quatro semanas após a sementeira, quando as mudas já estavam com um par de folhas definitivas, foi realizado o desbaste, deixando-se uma muda por tubete.

3.6 Plantio a campo das mudas

O experimento foi instalado em agosto de 2005, na Fazenda Ynhacundá de propriedade do Sr. Nelci Salbego, situada no 1º Distrito de São Francisco de Assis, no município de São Francisco de Assis – RS, altitude de 62 metros, 23° 13' 25,2" Latitude Sul, 44° 44' 58,7" Longitude Oeste, em uma área sujeita ao processo de arenização. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico, que apresentou as seguintes características químicas, segundo métodos do Laboratório de Rotina de Análise de Solo da Universidade Federal de Santa Maria: pH = 5,1; Al = 0,5 cmol_c L⁻¹; Ca+Mg = 0,5cmol_c dm³; P=8,0 mg L⁻¹ (Mehlich – 1) e K = 48 mg L⁻¹.

As mudas transplantadas no campo foram as dos tratamentos de substratos x fungo x dose de fósforo, que melhor responderam em casa de vegetação aos parâmetros de crescimentos avaliados, como altura, diâmetro do colo e percentagem de colonização, correspondente a dose de 50 mg kg⁻¹. Estas mudas foram transplantadas em covas de 20 cm x

20 cm e adubadas com NPK 30 10 30, segundo recomendações de Gonçalves (1994). Aos 120 DAT, foi feita uma nova adubação de NPK 30 10 30 nas covas, colocando-se 100 gramas em cada cova.

O delineamento experimental utilizado no campo foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos (turfa com fungo, turfa sem fungo, Neossolo Quartzarênico com fungo e Neossolo Quartzarênico sem fungo), e quatro repetições. Cada bloco foi composto por 64 mudas, sendo 16 de cada tratamento, dispostas em quatro linhas no espaçamento de 1,5 x 1,5 m.

Após o plantio, as mudas foram irrigadas com 5 litros de água cada com auxílio de um regador.

Devido à presença de formigas saúvas, a cada 15 dias um controle foi realizado na área, aplicando o formicida Klap (Fenil Pirazol) em solução.

As avaliações foram aos 360, 720 e 960 dias (aproximadamente 1, 2 e 3 anos de idade) após o plantio (DAP), onde se avaliou a sobrevivência das plantas de eucalipto, bem como altura e diâmetro do colo das plantas (Figura 1.2).



Figura 1.2 – Aspecto geral do experimento aos 960 dias após o plantio em área sujeita ao processo de arenização município de São Francisco de Assis – RS.

Aos 360, 720 e 960 dias, foram coletadas folhas fisiologicamente maduras, para avaliação dos teores de N, P, K, da parte aérea das plantas de eucalipto, conforme descrito por Hogue et al. (1970).

Estas foram secas a 65° C em estufa com circulação de ar, até atingir massa constante. Foram então moídas e digeridas e após foram feitas determinações químicas de N, P e K segundo metodologias descritas por Tedesco (1986).

Aos 960 dias após o transplante, foi avaliado o diâmetro do caule na altura do colo e altura das plantas. Em seguida, foram colhidas folhas fisiologicamente maduras de cada planta, para o fracionamento do P. Essas amostras foram colocadas em ácido perclórico 0,2 N, e congeladas, para, posteriormente, ser analisadas em relação a P total solúvel em ácido (Pts), P inorgânico solúvel em ácido (Pi), e, por diferença, P orgânico solúvel em ácido (Po), conforme método de Hogue et al. (1970).

O cálculo da produção de madeira foi feito utilizando-se a equação:

$$V=Ab.h.Fc$$

$$Ab=\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

em que:

V = volume em (cm³)

Ab = área da base (cm²)

h = altura (m)

Fc = fator de correção

d^2 = diâmetro

π = 3,14

Os resultados obtidos de sobrevivência, altura, diâmetro do caule, teores de nitrogênio, fósforo e potássio, fósforo total solúvel, fósforo inorgânico e orgânico e produção de madeira, foram testados quanto a sua normalidade e submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey, 5%), utilizando-se dos procedimentos disponíveis no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 90 dias após o plantio (DAP) a porcentagem de plantas vivas no campo variou entre 89 e 100 % (Tabela 1.1), enquanto que aos 960 DAP a porcentagem de plantas vivas no campo variou entre 13 e 40%.

Tabela 1.1 – Porcentagem de plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes substratos e inoculadas e não inoculadas com fungo ectomicorrízico UFSC-Pt116, aos 90 e aos 960 DAP em área arenizada de São Francisco de Assis-RS.

Substrato e inoculação	90 DAP	960 DAP
Turfa com Fungo	100 a	40 a
Turfa sem Fungo	92 c	31 c
Neossolo com Fungo	98 b	35 b
Neossolo sem fungo	89 d	13 d

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A inoculação com o isolado UFSC-Pt116 contribuiu aumentando o índice de pega de mudas no campo, o que favoreceu para aumentar as taxas de sobrevivência nos tratamentos inoculados com o isolado. Para tratamento com substrato turfa, se obteve valores superiores em 8 e 9% de plantas vivas de eucalipto aos 90 e 960 DAP no campo, respectivamente, comparando com tratamento testemunha sem inoculação. Quando se usou o Neossolo Quartzarênico como substrato, se verificou que as taxas de sobrevivência aumentaram em 9 e 22% a sobrevivência no campo do eucalipto, em relação à testemunha não inoculada, aos 90 e 960 dias após o transplante respectivamente. Devido ao ataque de formigas a porcentagem de plantas vivas diminuiu ao longo do período experimental.

O substrato que foi utilizado também contribuiu para o estabelecimento das mudas no campo após o transplante. Após 960 dias (aprox. 3 anos de idade) o tratamento com substrato turfa apresentou taxas de sobrevivência de plantas de *E. grandis* superiores ao Neossolo Quartzarênico. As plantas que foram inoculadas com fungo apresentaram a maior taxa de sobrevivência no campo, devido aos benefícios promovidos pela inoculação com o isolado UFSC-Pt116 e ao tipo de substrato que foi utilizado.

Estes resultados evidenciam a importância da inoculação das mudas de *Eucalyptus grandis* com fungos ectomicorrízicos em sua formação nos viveiros e casa de vegetação, pois a associação micorrízica proporciona benefícios para a planta no campo, dentre eles a maior

taxa de sobrevivência e resistência aos fatores bióticos e abióticos que interferem na sua sobrevivência.

Aos 120, 360, 720 e 960 dias após o para o campo, as mudas apresentaram diferenças significativas quanto à altura e o diâmetro do caule (Tabela 1.2). As plantas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 e produzidas no substrato turfa, foram as que apresentaram maior crescimento em altura e diâmetro aos 120 e 360 dias após o transplante, seguidas do tratamento turfa sem fungo, Neossolo com fungo e Neossolo sem fungo (Tabela 1.2). Aos 360 dias após o transplante as plantas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 e produzidas no substrato turfa apresentaram altura 3,5 vezes superior ao tratamento Neossolo.

Tabela 1.2 – Altura e diâmetro do caule das plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes substratos e inoculadas e não inoculadas com o isolado *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116), aos 120, 360, 720 e 960 dias após o plantio em área arenizada de São Francisco de Assis – RS.

Substrato e inoculação	Altura (m)			
	120 dias	360 dias	720 dias	960 dias
Turfa com Fungo	0,28 a	1,38 a	5,12 b	5,73 b
Turfa sem Fungo	0,27 b	0,97 b	4,01 b	4,83 b
Neossolo com Fungo	0,22 b	0,59 c	7,07 a	7,43 a
Neossolo sem Fungo	0,18 b	0,39 c	0,69 c	1,80 c
	Diâmetro (cm)			
Turfa com Fungo	0,60 a	0,22 a	4,65 a	7,65 a
Turfa sem Fungo	0,60 a	0,16 b	5,35 a	8,35 a
Neossolo com Fungo	0,50 a	0,11 b	6,64 a	8,60 a
Neossolo sem Fungo	0,50 a	0,10 b	0,60 b	2,60 b

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Aos 720 e 960 dias após o transplante as plantas inoculadas com o UFSC-Pt116 e produzidas no substrato Neossolo com fungo apresentaram maior crescimento em altura, seguidas do tratamento turfa com fungo, turfa sem fungo e Neossolo, e as plantas inoculadas com o UFSC-Pt116 e produzidas no substrato Neossolo com fungo apresentaram maior diâmetro do caule, seguidas do tratamento turfa com fungo, turfa sem fungo e Neossolo (Tabela 1.2). Bonnassis (2007), trabalhando com *Eucalyptus dunnii* Maiden encontrou resultados semelhantes a esses, inoculando mudas com isolados de fungos ectomicorrízicos.

As plantas com maiores crescimento em altura e diâmetro aos 720 e 960 dias foram as do tratamento que utilizou Neossolo com fungo (Tabela 1.2), revelando que as plantas ao serem produzidas em casa de vegetação neste substrato, estavam mais adaptadas para o transplante no campo, uma vez que o solo da área onde o experimento foi instalado é o Neossolo Quartzarênico. Esses resultados são semelhantes ao de Souza (2004), em estudo com *Eucalyptus* sp. e o fungo ectomicorrízico UFSC-Pt116. Esses resultados comprovam a importância de se produzir mudas micorrizadas destinadas para áreas específicas, com características definidas, pois estas mudas são geralmente frágeis, necessitando de proteção inicial e de manejo adequado para se obter maior uniformização de crescimento.

Para que haja êxito na implantação das mudas de eucalipto, em áreas com condições precárias, há necessidade de que elas cresçam em substrato com nutrientes suficientes para o arranque inicial, mas com fósforo abaixo do limite que dificulte a sua colonização com ectomicorrizas, para que a colonização ocorra e sobreviva pós-plantio

Estes resultados confirmam a importância da inoculação das mudas de *Eucalyptus grandis* com o isolado ectomicorrízico *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116), pois as mudas de eucalipto maior altura, diâmetro do caule, taxa de sobrevivência, produção de madeira e resistiram melhor às condições de adversidade presentes nestas áreas, como a seca, baixa fertilidade e a presença de formigas cortadeiras.

Dos teores de nutrientes obtidos nas folhas do *Eucalyptus grandis*, apenas o N variou significativamente, o P e o K não variaram significativamente, embora, nos tratamentos com inoculação do UFSC-Pt116, os teores de P e K foram maiores do que nos tratamentos sem a inoculação dos fungos (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 - Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de *Eucalyptus grandis* aos 360, 720 e 960 dias após o plantio em São Francisco de Assis-RS.

Substrato e inoculação	N		P		
	(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		
	720 dias	960 dias	360 dias	720 dias	960dias
Turfa com Fungo	15,2 b	15,9 ab	1,4 a	5,5 a	3,0 a
Turfa sem Fungo	15,4 b	14,7 b	1,2 a	5,4 a	3,0 a
Neossolo com Fungo	19,6 a	17,6 a	1,3 a	5,4 a	2,8 a
Neossolo sem Fungo	14,4 b	15,4 b	1,1 a	5,2 a	2,7 a
CV (%)	11,7	14,3	22,9	22,7	17,9

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Aos 720 dias após o transplante as plantas inoculadas com o UFSC-Pt116 e produzidas no substrato Neossolo com fungo apresentaram maiores teores de N acumulado nas folhas das plantas (Tabela 1.3).

Segundo Mello (2006), as espécies de fungos ectomicorrízicos encontradas na área sujeita arenização em São Francisco de Assis foram *Pisolithus* sp Alb. & Schwein; *Scleroderma* sp (Person) Fries e *Pisolithus microcarpus* (Cooke & Masee) Comm. Após três anos após o transplante das mudas de eucalipto para a área sujeita ao processo de arenização, verificou-se a presença de outra espécie de fungo micorrízico, o *Laccaria* sp. Esse fungo é hospedeiro de *Eucalyptus* sp. e pode ter colonizado as plantas de eucalipto, favorecendo a absorção de P e K e contribuindo para os resultados não significativos dos teores de P e K na parte aérea das plantas.

Esses resultados corroboram com os de Mello (2006), que não encontrou diferenças significativas para os teores de P e K, trabalhando com o mesmo experimento em Neossolo Quatzarênico sujeito ao processo de arenização. Silva (2002) também não verificou maior acúmulo de fósforo em mudas inoculadas, trabalhando com *Pinus elliottii* Engelm em solo arenoso.

Nos resultados obtidos em relação aos teores das frações fosfatadas P_{ts}, P_i e P_o não verificou-se diferenças significativas promovidas pela inoculação com o isolado *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116 e com o tipo de substrato sobre as plantas de *Eucalyptus grandis* após 3 anos de crescimento em área sujeita ao processo de arenização (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 – Concentrações das frações de fósforo na parte aérea em folhas de das plantas de *Eucalyptus grandis* inoculadas e não inoculadas com o isolado *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116) aos 960 dias após o transplante em área sujeita ao processo de arenização em São Francisco de Assis-RS.

Tratamentos	P _{ts}	P _i	P _o
	-----μg g ⁻¹ mat.fresca-----		
Turfa com Fungo	102 a	52,6 a	49,6 a
Turfa sem Fungo	84 a	37,6 a	46,8 a
Neossolo com Fungo	82 a	30,8 a	51,4 a
Neossolo sem Fungo	76 a	27,8 a	48,4 a

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Embora, nota-se que o Pts tem uma variação entre os tratamentos de inoculação com o isolado UFSC-Pt116 que vai de 76 até 102 $\mu\text{g P g}^{-1}$ massa fresca, mostrando o efeito positivo da inoculação do fungo no acúmulo deste nutriente pela planta (Tabela 1.4).

Ao se analisar o teor de Po verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos, o que já era de se esperar, pois o Po é o P metabólico e está diretamente envolvido na fisiologia da planta.

Quando se analisam os teores de Pi, observa-se que nos tratamentos que foram inoculados com o isolado UFSC-Pt116 houve incremento desse nutriente, que variou de 27,8 até 52,6 $\mu\text{g P g}^{-1}$ mat.Fresca. O acúmulo de Pi no tratamento com turfa e fungo é praticamente o dobro do obtido no tratamento Neossolo (Tabela 1.4). Isso mostra que a inoculação favoreceu o acúmulo desse nutriente pela planta na forma de Pi, que é encontrado nos vacúolos das células na forma de reserva (BIELESKI, 1973; BIELESKI; FERGUSON, 1983). Isto significa que se a oferta de P for maior que a demanda fisiológica da planta, a acumulação adicional é armazenada nos vacúolos e representa a reserva da planta para aproveitamento futuro se necessário.

Os resultados obtidos nesse experimento não concordam com Mello (2006) que encontrou diferenças estatísticas trabalhando com *Eucalyptus grandis* no mesmo experimento. Nota-se que as avaliações de Mello (2006) foram feitas em casa de vegetação, e as mudas de eucalipto estavam separadas em tratamentos que utilizaram somente substrato turfa ou Neossolo. Enquanto que no presente experimento as mudas foram transplantadas para um mesmo solo, o Neossolo Quartzarênico presente na área do experimento, o que contribuiu para os resultados obtidos, por se tratar de um solo de baixa fertilidade natural.

O maior conteúdo de P acumulado na parte aérea das plantas de *E. grandis* inoculadas com o isolado UFSC-Pt116, indica a eficiência deste isolado na melhora da absorção pelas plantas, embora não tenha mostrado diferenças estatísticas significativas. Em mudas de *Eucalyptus grandis*, Silva et al. (2007) não encontrou diferença ($p < 0,05$) quanto à concentração de fósforo na parte aérea das mudas inoculadas com *Pisolithus* sp. e não inoculadas, a qual variou de 0,3 a 0,6 mg g^{-1} ao final de 105 dias, só observaram variação no aumento do teor de P da parte aérea das mudas com o aumento da dose adicionada.

Souza et al. (2003) verificaram que as mudas inoculadas com o isolado UFSC-Pt-188, além de recuperar todo o P adicionado (50 mg kg^{-1}), apresentaram valores acima dos deste trabalho, indicando maior eficiência na absorção de P. Porém o aumento no teor de P absorvido pode ser resultado de outras características. Os autores Tam; Griffiths (1993), citam

o efeito solubilizador dos fECMs sobre fosfatos orgânicos devido à produção de fosfatases, atuando na mineralização do P da matéria orgânica.

Como já foi mencionado, verificou-se a presença de outra espécie de fungo micorrízico, o *Laccaria* sp. Esse fungo pode ter colonizado as plantas de eucalipto, favorecendo a absorção de P contribuindo para os resultados não significativos dos teores das frações fosfatadas após os 3 anos do experimento no campo em área sujeita ao processo de arenização. Contudo, é recomendável a elaboração de um trabalho científico para comparar essa hipótese.

Aos 960 DAP das mudas de *Eucalyptus grandis* para o campo, estas apresentaram diferenças significativas em relação à produção de madeira (Figura 1.3).

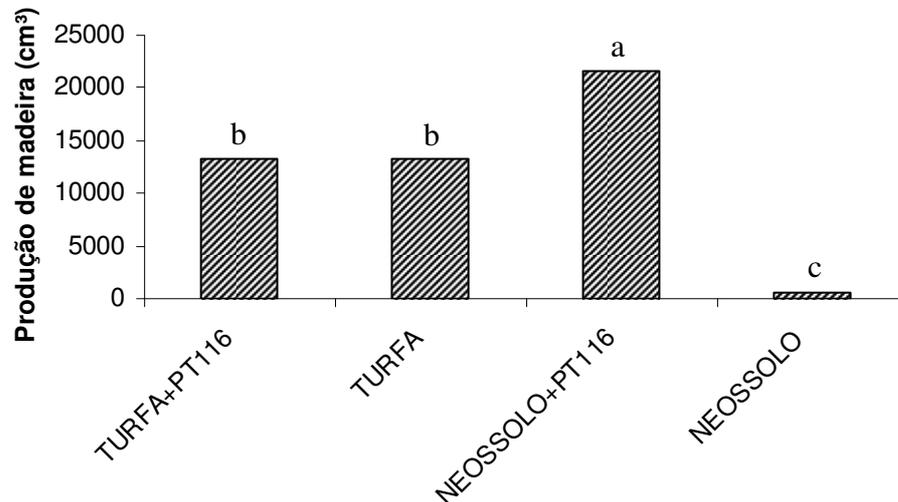


Figura 1.3 - Produção de madeira de plantas de *Eucalyptus grandis* aos 960 dias após o plantio no campo, em uma área sujeita ao processo de arenização em São Francisco de Assis-RS.

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A maior produção foi verificada no tratamento Neossolo, produzindo mais de 20000cm³ aos 960 dias após o transplante, seguido dos tratamentos turfa, turfa com fungo e Neossolo (Figura 1.3). Verificou-se que nos tratamentos com fungos foram obtidas produções de madeira 85 a 95% maiores que no tratamento somente com Neossolo. O isolado UFSC-Pt116 favoreceu o crescimento do eucalipto em altura e em diâmetro do caule, e conseqüentemente a produção de madeira (Figura 1.3).

A quantidade de madeira que uma floresta de eucalipto pode fornecer é fator extremamente importante, pois reflete na capacidade que as plantas têm de acumular nutrientes e de crescer, e também na lucratividade do negócio.

5 CONCLUSÕES

As plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas com Neossolo e inoculadas com o isolado de fungo ectomicorrízico *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116, apresentaram maior taxa de sobrevivência no campo, maior altura, diâmetro do caule, teores de N e produção de madeira.

Capítulo 2

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden INOCULADAS COM MISTURAS DE ISOLADOS DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS

1 RESUMO

No Estado do Rio Grande do Sul, os reflorestamentos de eucalipto tem se concentrado em solos com baixa fertilidade natural. O eucalipto pode se associar aos fungos ectomicorrízicos que contribuem para o estabelecimento das plantas mesmo em área degradadas ou degradados. As interações entre diferentes fungos ectomicorrízicos podem aumentar os benefícios oriundos desta simbiose, na produção de mudas de eucalipto. Nesse trabalho, avaliou-se a inoculação dos isolados de fungos ectomicorrízicos UFSC-Pt116, UFSC-Pt188 e UFSC-SA9, individualmente e em mistura nas plantas de eucalipto, produzidas no substrato turfa e no Neossolo Quartzarênico. As avaliações foram realizadas aos 30, 45, 60, 75, e 90 dias. As plantas que receberam inoculação individual dos isolados de fungos micorrízicos UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 e foram produzidas com turfa obtiveram maior altura, diâmetro do caule, colonização micorrízica, acúmulo de massa seca, enquanto que as inoculadas com misturas de fungos com o UFSC-Pt188 acumularam maior quantidade de fósforo que as plantas não inoculadas. As plantas que foram produzidas no Neossolo Quartzarênico e inoculadas com os isolados UFSC-Pt116, UFSC-Pt188 e UFSC-SA9 individualmente alcançaram maior altura, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e volume de raízes, enquanto que as inoculadas com o UFSC-Pt188 obtiveram maior acúmulo de fósforo e potássio na parte aérea que as plantas não inoculadas. As mudas produzidas no Neossolo Quartzarênico alcançaram altura e diâmetro maiores que as produzidas na turfa. Esses resultados comprovam a eficiência dos fungos ectomicorrízicos na promoção de crescimento e acúmulo de nutrientes nas plantas de *E. grandis*.

Palavras-chave: eucalipto, ectomicorrizas, Neossolo.

2 INTRODUÇÃO

O *E. grandis* é uma das principais espécies florestais plantadas no Estado do Rio Grande do Sul, sendo responsável por grande parte do sucesso da atividade florestal brasileira, principalmente nos setores ligados a produção de papel e celulose (EMBRAPA, 2003). As espécies do gênero *Eucalyptus* se caracterizam pela elevada produtividade, adaptabilidade as mais diversas regiões e diferentes climas e contribui para diminuir a pressão e desmatamento das áreas de preservação e reservas legais de matas nativas, além de auxiliar na captura de dióxido de carbono na atmosfera, diminuindo o efeito estufa (GARAY et al., 2004). Apesar de ser uma espécie produtiva, os reflorestamentos com eucalipto tem se concentrado em regiões brasileiras de solos com baixa fertilidade, especialmente em fósforo.

Ao Sudoeste do Rio Grande do Sul existem áreas com Neossolos Quartzarênicos que estão sujeitas aos processos de arenização. Estas áreas arenosas são depósitos areníticos inconsolidados, e retrabalhados sob os processos característicos do clima (AZEVEDO; KAMINSKI, 1990). Esta ocorrência é associada ao substrato arenítico, mapeado para a região Sudoeste como formação Botucatu, com cobertura vegetal predominante de gramínea. Moller et al. (1975) afirmaram haver no município de São Francisco de Assis, cerca de 432 ha de áreas arenosas. Atualmente, avalia-se que já são mais de 5 mil hectares cobertos por dunas, numa área que abrange dez municípios gaúchos, entre eles, São Francisco de Assis (MELLO, 2006). A fragilidade desse solo deriva de sua dificuldade em compensar as perturbações impostas pela ação antrópica, notado pela suscetibilidade natural à erosão hídrica e eólica, que contribui para sua degradação (MELLO, 2006).

O eucalipto tem a característica de associar-se a fungos ectomicorrízicos (fECM) e arbusculares (fMA), que favorecem a sobrevivência e o crescimento das plantas (MARX, 1969). As ectomicorrizas promovem um incremento significativo da área de absorção radicular das plantas colonizadas, maximizando o aproveitamento de água e nutrientes, como o fósforo (P), o nitrogênio (N) e o potássio (K), e alguns micronutrientes não fungistáticos (MOLINA; TRAPPE, 1984; SMITH; READ, 1997; GLOWA et al. 2003). Com isso, contribuem para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas (SMITH; READ, 1997), mesmo em solos com baixos teores de nutrientes ou degradados (MOREIRA, 2002; SANTOS, 2008).

A presença destes fungos nas mudas de eucalipto favorece o estabelecimento e sobrevivência da planta no campo, pelo aumento na capacidade de absorção de nutrientes,

aumento da longevidade de raízes, proteção contra patógenos, aumento no rendimento de massa seca e na absorção de fósforo (BARROS, 1978). De acordo com Alves (2001) a colonização micorrízica tem influência positiva sobre os parâmetros de crescimento.

As plantações de eucalipto estão sendo implantadas nessas áreas arenosas, que apresentam características que dificultam um bom estabelecimento de espécies florestais nos Neossolo que ocorrem nessas áreas. Além disso, a elevada utilização do eucalipto na silvicultura exige a produção em larga escala de mudas para, que são utilizadas nos reflorestamento, e com isso elevada utilização de substratos e de fertilizantes comerciais, a fim de se obter produção de mudas saudáveis e com boa qualidade.

Considerando a baixa fertilidade dos solos que são usados para os reflorestamentos, é necessário que se adotem algumas alternativas viáveis econômica e ambientalmente, para a produção de mudas saudáveis destinadas a áreas degradadas como as que ocorrem na metade sul do Rio Grande do Sul. Uma dessas alternativas é o uso de fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de eucalipto nos viveiros e no campo, para aumentar a absorção de nutrientes, promover resistência ao ataque de patógenos e para aumentar o índice de sobrevivência dessas mudas em solos de baixa fertilidade.

O aumento da taxa de sobrevivência, resistência a doenças e a estresses ambientais, maior crescimento quando é feita a inoculação com fECCM está relatada por diversos autores. No entanto a inoculação com somente um isolado fúngico não representa fielmente o que acontece em condições naturais, onde se encontram várias espécies de fungos ectomicorrízicos e outros organismos interagindo entre si.

Portanto é importante conhecer tais interações, pois essas interações entre fungos ectomicorrízicos diferentes podem aumentar ainda mais os benefícios oriundos desta simbiose, no que diz respeito à produção de mudas de eucalipto. Por isso, o presente estudo teve por objetivo determinar os efeitos da inoculação dos fungos ectomicorrízicos, individualmente e em mistura, em plantas de *E. grandis*, no substrato turfa e no Neossolo Quartzarênico.

3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus Grandis* Hill ex Maiden INOCULADAS COM ISOLADOS DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas:

1^a - Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden inoculadas com isolados de fungos ectomicorrízicos;

2^a - Isolados de fungos ectomicorrízicos na promoção de crescimento do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em Neossolo Quartzarênico.

3.1.1 Fungos micorrízicos

Os isolados de fungos ectomicorrízicos testados neste experimento, são oriundos de plantações de *Eucalyptus* spp e foram doados pelo Laboratório de Ectomicorrizas do Departamento de Microbiologia e Parasitologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e multiplicados no Laboratório de Biologia e Microbiologia do Solo Professor Marcos Rubens Fries do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (Tabela 2.3.1).

Tabela 2.3.1 – Isolados de fungos ectomicorrízicos utilizados neste trabalho

Isolado fúngico	Espécie	Hospedeiro
UFSC-Pt116	<i>Pisolithus microcarpus</i> (Cooke & Masee) Cunn.	<i>Eucalyptus</i> sp.
UFSC-SA9	<i>Scleroderma flavidum</i> E. Et. E.	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.
UFSC-Pt188	<i>Pisolithus microcarpus</i> (Cooke & Masee) Cunn.	<i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden

Os isolados utilizados foram escolhidos com base nos resultados obtidos por, Souza (2003), Souza et al. (2004), Mello (2006) e Bonnassis (2007). Esses autores verificaram que

estes isolados fúngicos apresentaram eficiência na acumulação de nutrientes e na promoção de crescimento das mudas de eucalipto.

As culturas puras desses fungos foram originalmente obtidas de carpóforos coletados em plantações de *Eucalyptus* spp. e são mantidas através de repicagens periódicas para meio de cultura Melin-Norkrans Modificado sólido (MNM) (MARX, 1969), em placas de Petri, em estufa a 25 ± 1 °C. Cada isolado foi repicado a partir das culturas da coleção para meio de mesma composição sob condições assépticas na câmara de fluxo laminar. As placas foram incubadas a 25 ± 1 °C em estufa até o momento da utilização das culturas, cerca de 30 dias após as repicagens.

3.1.2 Produção de inóculo de fungos ectomicorrízicos

O inóculo do fECM foi obtido inicialmente à partir da multiplicação e crescimento de culturas da coleção após 30 dias. Em seguida, foram feitas suspensões micelianas em 25 mL de meio de cultura MNM líquido em erlenmeyers de 250 mL, a partir de discos de 8 mm de diâmetro obtidos das culturas em placa, seguindo-se de incubação à 25° C, durante 30 dias.

Após esse período, o conteúdo de dois frascos foi fragmentado em 200 mL de meio de cultura MNM, em liquidificador, durante 5 segundos, e utilizado para inocular 500 mL de uma mistura com uma parte de vericulita e quatro de turfa (v/v) mais 200 mL de meio MNM líquido, em frascos de vidraria tipo conserva de 900 mL. A mistura turfa-vermiculita foi previamente esterilizada em autoclave a 121° C, durante 60 minutos, por três dias consecutivos, antes da adição do meio. Posteriormente, foi realizada a esterilização pelo período de 20 minutos sob as mesmas condições de temperatura e pressão. Após, foi inoculado o fungo UFSC-Pt116, no meio. Os frascos foram mantidos em estufa à 25° C para o crescimento miceliano, durante 90 dias.

3.1.3 Substrato de plantio das mudas de eucalipto

O substrato de plantio utilizado nesse trabalho foi composto por turfa. O substrato turfa foi produzido pela empresa Floresta S.A. A composição do substrato foi de turfa, perlita, calcário aditivado com fertilizante natural, apresentando as seguintes características químicas: pH = 5,8; P = 14,4 mg/dm³; K = 194 mg/dm³; Al = 0, Ca = 25 cmol_c/dm³, Mg = 4,7 cmol_c/dm³, CTC= 30 cmol_c/dm³, M.O.= 17% e saturação por bases = 90%.

O substrato foi previamente esterilizado em autoclave a 121° C, durante 60 minutos, três vezes consecutivas, com um intervalo de 24 horas entre cada esterilização, para eliminar possíveis contaminações por outros fungos. Após a esterilização, foi adicionada neste substrato uma solução nutritiva contendo os seguintes elementos: Mn, 0,15; Zn, 0,0375; Cu, 0,125; Mo, 0,05; B, 0,05 e Fe, 0,375 (mg kg⁻¹), baseados em Alves et al. (2001).

O nitrogênio (N) foi adicionado na forma de (NH₄)₂SO₄ no momento da semadura conforme a recomendação do Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004).

3.1.4 Sementes

As sementes de *Eucalyptus grandis* foram obtidas no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. Estas sementes foram pré-germinadas durante cinco dias em placa de Petri, numa incubadora microbiológica com fotoperíodo. Para isso, foram inicialmente desinfestadas em álcool 70% por 30 segundos, lavadas em água destilada, e transferidas para algumas placas de Petri contendo papel toalha e água destilada.

3.1.5 Cultivo das mudas de eucalipto

Após 3 meses de crescimento do inóculo, foi feita a inoculação dos isolados *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116), *Scleroderma flavidum* (UFSC-SA9) e *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt188). A inoculação foi no momento da semeadura das sementes de eucalipto, colocando-se para isso, 10% (v/v) do inoculante fúngico em cada vaso, isoladamente ou em mistura. No caso das misturas combinou-se o inóculo dos isolados de modo a obter combinações de dois e três isolados em cada vaso de plantio. Além desses tratamentos, foi preparado um tratamento testemunha não inoculado, que recebeu os mesmos 10% (v/v) de turfa. A homogeneização do material inóculo foi feita manualmente, com uso de luvas descartáveis sob condições assépticas.

O experimento constou com oito tratamentos: Testemunha (não inoculada), UFSC-Pt116, UFSC-SA9, UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 e UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 e dez repetições, totalizando 80 unidades experimentais.

Os substratos inoculados foram distribuídos em vasos de PVC com capacidade para 1L, previamente desinfestados com solução de hipoclorito de sódio 1%. Os vasos foram

etiquetados de acordo com o tratamento e distribuídos em uma bancada aleatoriamente em casa de vegetação. Cada vaso recebeu 4 sementes pré-germinadas de eucalipto, que foram depositadas a aproximadamente 2 cm de profundidade, e depois recobertas com o substrato. Em seguida completou-se a umidade do substrato nos vasos até a capacidade de campo.

Após a inoculação e a semeadura, o experimento foi mantido em casa de vegetação por 90 dias e a capacidade de campo foi mantida diariamente com água destilada. Após 10 dias da emergência das plântulas, foi feito um desbaste deixando-se duas plântulas por vaso, e após os 20 dias da emergência das plântulas, foi realizado um novo desbaste deixando-se apenas uma muda de eucalipto por vaso.

3.1.6 Avaliações realizadas

Durante o período de crescimento, foram realizadas avaliações a cada 15 dias quanto a altura e diâmetro do caule. Aos 60 dias após a semeadura foram coletadas cinco plantas de cada tratamento e analisadas quanto aos seguintes aspectos: altura, diâmetro do caule, massa seca das raízes, volume de raízes, colonização micorrízica, massa seca da parte aérea e teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das plantas. Com as outras cinco plantas foram realizadas as mesmas avaliações aos 90 dias de idade.

Para todas as avaliações de altura e diâmetro do caule usou-se régua graduada e um paquímetro. Após 60 e 90 dias de crescimento, as mudas foram retiradas dos vasos e separadas em raízes e parte aérea. O sistema radicular de cada muda de eucalipto foi imerso em um balde com água durante alguns minutos, para facilitar a separação do substrato de plantio, e após lavou-se cuidadosamente as raízes em água corrente. A parte aérea foi colocada em estufa a $70 \pm 1^\circ\text{C}$ para determinação da massa da massa seca. A determinação da percentagem de colonização radicular foi feita pela técnica das interseções de Giovanetti; Mosse (1980), modificado por Brundrett et al. (1996).

As raízes foram cortadas em seções de 2 cm constituindo a amostra destinada a avaliar a colonização micorrízica. Esta amostra foi conservada em solução de FAA (5% de formalina a 40%; 5% de ácido acético e 90% de álcool etílico a 50%), segundo Kormanik; Mc Grow (1982) até o momento da avaliação.

As amostras de raízes mantidas em FAA foram espalhadas aleatoriamente no interior de placas de Petri (diâmetro de 9 cm) apresentando a superfície inferior reticulada em quadrados de 1,27 cm de lado, para determinação da colonização radicular. As raízes assim

distribuídas foram observadas em lupa binocular (30X), registrando-se a presença ou ausência de colonização micorrízica nos pontos de intersecção entre as raízes e as linhas da placa.

Para determinação do teor de P e K nos tecidos das plantas, empregou-se a técnica descrita por Tedesco et al. (1995).

Após 24 horas, foram retiradas alíquotas de 1 mL de cada extrato, para as determinações dos teores de P e K.

Os dados obtidos de altura, diâmetro do caule, massa seca das raízes, volume de raízes, colonização micorrízica, massa seca da parte aérea, teores de nitrogênio, fósforo e potássio, foram testados quanto a sua normalidade e submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey, 5%), utilizando-se dos procedimentos disponíveis no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os benefícios oriundos da inoculação para os parâmetros de altura, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e de raízes, volume de raízes e colonização micorrízica foram maiores nos tratamentos onde ocorreu a inoculação individual dos isolados fúngicos, quando comparados à inoculação de isolados simultaneamente e o tratamento testemunha, que não foi inoculada (Tabela 2.3.2). No entanto, para os parâmetros de acumulação dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas, os benefícios maiores foram obtidos quando se inoculou simultaneamente dois ou três isolados, quando comparados à inoculação de isolados individualmente e o tratamento testemunha (Tabela 2.3.2).

Tabela 2.3.2 – Altura das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Altura (cm)				
	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Testemunha	2,5 b	5,0 c	10,5 ab	20,5 c	28,5 bc
UFSC-Pt116	3,0 ab	6,2 a	12,8 a	27,3 a	38,5 a
UFSC-SA9	3,5 a	6,4 a	12,4 ab	24,9 ab	33,9 abc
UFSC-Pt188	2,6 ab	5,4 ab	10,9 ab	22,9 ab	33,4 abc
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	2,7 ab	4,9 c	10,2 c	15,5 c	30,4 abc
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	2,8 ab	5,5 ab	10,1 c	21,0 c	34,4 abc
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	2,9 ab	5,6 ab	11,5 ab	21,1 ab	36,0 ab
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	2,7 b	5,5 ab	10,4 c	20,5 c	26,0 c
Média	2,8 E	5,5 D	11,1 C	22,4 B	32,6 A
CV (%)	19,3	15,1	15,0	13,1	14,6

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência das plantas de eucalipto, estas apresentaram algumas diferenças significativas quanto à altura.

As plantas que foram inoculadas individualmente com os isolados fúngicos UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 foram as que apresentaram os maiores crescimentos ao longo do período de condução do experimento, sem, no entanto diferirem estatisticamente. Isto pode ser devido

ao fato que o isolado UFSC-Pt116 é um fungo que coloniza de maneira satisfatória as raízes do eucalipto e favorece os parâmetros de crescimento, conforme relatado por Mello (2006) que trabalhou com esse isolado e *E. grandis*.

As mudas inoculadas com o isolado UFSC-SA9, foram as que apresentaram maior crescimento em altura até os 30 dias após a emergência das plantas, com 42% de altura maior que o tratamento testemunha, seguido dos tratamentos UFSC-Pt116, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, UFSC-Pt188 e testemunha (Tabela 2.3.2). Aos 45 dias de idade, as plantas inoculadas com os isolados UFSC-SA9 e UFSC-Pt116 individualmente, foram as que apresentaram as maiores alturas, com 28% de altura maior que o tratamento testemunha, seguido de um grupo intermediário composto pelos tratamentos: UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, UFSC-Pt188, e por fim com alturas inferiores os tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 e testemunha.

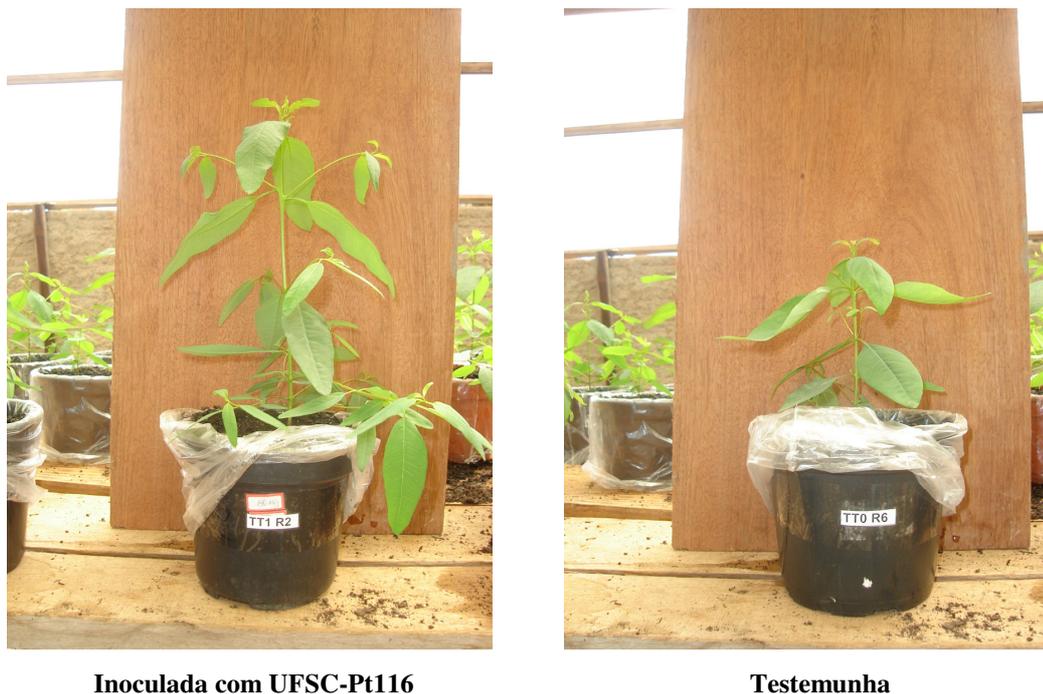


Figura 2.3 - Plantas de *Eucalyptus grandis* inoculadas com o isolado *Pisolithus microcarpus* (UFSC-Pt116) e a testemunha aos 60 dias após a emergência em casa de vegetação.

O aumento nos valores de altura ao longo dos três meses de experimento foram regulares até os 75 dias, ficando em torno de 96% de crescimento a cada 15 dias, enquanto que nos últimos 15 dias de crescimento esse crescimento caiu para 45%, o que pode ter sido causado pela limitação de espaço nos vasos utilizados.

Do período de 60 dias até o fim da condução do experimento verificou-se uma tendência de efeito negativo da inoculação simultânea no tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, sobre a altura das plantas, sendo esse valor de 26,0 cm aos 90 dias, enquanto que no tratamento testemunha se obteve 28,5 cm de altura média das plantas. Esse resultado negativo concorda com Bonnassis (2007), que encontrou efeito semelhante a esse trabalhando com *Eucalyptus dunnii* inoculados com um fungo ectomicorrízico do gênero *Pisolithus*, em condições de casa de vegetação. O aumento dos valores altura foi constante no período avaliado, indicando um crescimento regular nesse período (Tabela 2.3.2)

Após três meses de condução do experimento verificou-se que as plantas que se destacaram em relação às demais no crescimento em altura, foram aquelas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116. Os resultados obtidos concordam com os obtidos por Mello (2006), que trabalhou com o substrato turfa em casa de vegetação durante 120 dias, com *Eucalyptus grandis*, em que as plantas que foram inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 obtiveram os maiores valores de altura.

As plantas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 revelam a eficiência desse fungo para a produção de mudas de qualidade em casa de vegetação e em viveiros, uma vez que o substrato utilizado não recebeu fertilizante fosfatado para esse estudo. Esses resultados comprovam a importância de se produzirem mudas micorrizadas, pois além de se obter mudas de boa qualidade, pode-se reduzir o uso de fertilizantes nos substratos que são utilizados para a produção de mudas de eucalipto.

Nos resultados obtidos de diâmetro do caule das plantas, observou-se que as diferenças estatísticas entre os tratamentos de inoculação individual e simultânea de isolados ectomicorrízicos, ocorreram apenas aos 90 dias de crescimento das plantas em casa de vegetação. As plantas que apresentaram maior diâmetro do caule foram as dos tratamentos inoculados com fungos ectomicorrízicos, com exceção dos tratamentos com o isolado UFSC-Pt188 e UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, que apresentaram diâmetro do caule menor que o tratamento testemunha (Tabela 2.3.3).

As plantas que se destacaram com maior diâmetro foram as inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 individualmente, sendo aproximadamente 31% superiores em relação ao tratamento testemunha, seguido por um segundo grupo, de menor diâmetro contendo os tratamentos UFSC-SA9, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 e um terceiro grupo contendo os tratamentos UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 e o tratamento testemunha (Tabela 2.3.3).

Tabela 2.3.3 – Diâmetro do caule (cm) das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Dias				
	30	45	60	75	90
Testemunha	1,0 a	1,0 a	2,2 a	2,7 a	3,5 b
UFSC-Pt116	1,0 a	1,0 a	2,6 a	3,0 a	4,6 a
UFSC-SA9	1,0 a	1,0 a	2,2 a	3,2 a	4,1 ab
UFSC-Pt188	1,0 a	1,0 a	1,7 a	2,6 a	3,1 b
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	1,0 a	1,0 a	1,7 a	2,6 a	3,7 ab
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	1,0 a	1,0 a	1,7 a	2,5 a	3,7 ab
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	1,0 a	1,0 a	1,9 a	2,7 a	4,0 ab
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	1,0 a	1,0 a	1,7 a	2,3 a	3,4 b
Média	1,0 D	1,0 D	1,9 C	2,7 B	3,7 A
CV (%)	0,0	0,0	32,2	17,0	13,5

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O aumento nos valores do diâmetro do caule ao longo dos três meses de experimento não foram regulares, até os 45 dias, ficando em torno de 0% de crescimento, dos 45 aos 60 dias em torno de 90%, dos 60 aos 75 dias o crescimento ficou em 42 % e nos últimos 15 dias aproximadamente 37% de crescimento em relação ao diâmetro do caule (Tabela 2.3.3).

Embora as diferenças estatísticas tenham mostrado apenas um tratamento com o maior valor de diâmetro, notou-se uma tendência geral de aumento desses valores nos tratamentos que foram inoculados com a presença do isolado UFSC-SA9. As plantas que foram inoculadas com a presença do isolado UFSC-Pt188 apresentaram uma tendência de crescer menos em diâmetro do que os demais tratamentos utilizados nesse estudo. Alves (2001) e Andreazza et al. (2004) obtiveram resultados semelhantes a esses, e verificaram que as mudas de eucalipto inoculadas com fungos ectomicorrízicos obtiveram os maiores valores de altura e de diâmetro do caule.

Mesmo diferindo estatisticamente, os valores entre os tratamentos são próximos. Souza (2003) considera que as medidas de diâmetro do caule têm pouca utilidade para avaliar o efeito da inoculação nesta fase do desenvolvimento das plantas, pois a resposta inicial da colonização micorrízica está associada ao aumento de captação e aproveitamento de água e nutrientes, tendo maior reflexo na produção de ramos e folhas (SMITH; READ, 1997).

Assim, os valores de massa seca é que são consideradas as variáveis mais úteis para medir o efeito de tratamentos de inoculação micorrízica sobre o crescimento das plantas (MARX, 1980; MARX et al., 1991).

Observando-se os resultados obtidos em relação à massa seca da parte aérea das plantas, verificou-se que estes apresentaram diferenças significativas aos 60 e aos 90 dias após a emergência das plantas. Para os valores de massa seca de raízes foram observadas diferenças estatísticas significativas apenas aos dois meses de idade das plantas (Tabela 2.3.4).

Tabela 2.3.4 – Massa seca da parte aérea e de raízes (mg planta⁻¹) das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas no substrato turfa, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Parte aérea		Raízes	
	60 dias	90 dias	60 dias	90 dias
Testemunha	264 c	3522 b	66 ab	833 a
UFSC-Pt116	396 ab	5510 a	87 a	1139 a
UFSC-SA9	438 a	4698 ab	71 ab	1403 a
UFSC-Pt188	311 bc	3562 b	65 ab	1254 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	177 d	3765 b	45 b	1060 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	286 c	3472 b	41 b	1145 a
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	329 bc	3592 b	60 ab	1000 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	267 c	3302 b	44 b	923 a
Média	308	3927	479	1094
CV (%)	12,5	19,4	24,5	25,8

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nas médias da massa seca da parte aérea das plantas de eucalipto obtidas aos 60 dias, notou-se que o tratamento com maior massa seca foi o inoculado com os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-SA9, sendo que o primeiro apresentou 50%, e o segundo 66% mais massa seca em relação ao tratamento testemunha (Tabela 2.3.4). Um fato interessante de se notar é que o diâmetro de caule do isolado UFSC-Pt116 que foi maior aos 90 dias refletiu em maior acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas. Pois os tratamentos que utilizaram os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 foram os que apresentaram maiores valores de massa seca aos 60 dias, enquanto que para valores de diâmetro do caule estes não apresentaram

diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, concordando com a afirmação de Souza (2003), mencionado anteriormente.

O tratamento que mais se destacou aos 60 dias foi o inoculado com o isolado UFSC-SA9, seguido dos tratamentos com os isolados UFSC-Pt116, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, testemunha e UFSC-Pt116 + UFSC-SA9. Aos 90 dias da emergência das plantas o tratamento que se destacou em relação aos demais foi o inoculado individualmente com o isolado UFSC-Pt116, cerca de 56 % de massa a mais em relação ao tratamento testemunha. O aumento da massa seca da parte aérea foi constante nos dois períodos avaliados, indicando um crescimento regular nesse período (Tabela 2.3.4)

Esses resultados demonstram a importância da inoculação de fungos micorrízicos no momento da formação das mudas, uma vez que esses podem melhorar absorção de água e nutrientes, melhoram a resistência a patógenos e a estresses e propicia as plantas um maior acúmulo de massa seca.

Com valor próximo das plantas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116, destacaram-se ainda as plantas que foram inoculadas com o isolado UFSC-SA9, seguidas dos seis tratamentos restantes do experimento, que apresentaram valores semelhantes entre si. Ainda com relação ao período total do experimento, pode-se afirmar que a velocidade de crescimento da parte aérea das plantas foi maior do segundo para o terceiro mês, comparando-se com o ganho de massa desses períodos. Pois as diferenças mais significativas entre os tratamentos foram notadas dos 60 até os 90 dias de crescimento das plantas, quando as plantas obtiveram cerca de dez vezes a massa de quando tinham 60 dias de idade. Os resultados obtidos são semelhantes aos de Souza (2008) que observou que a inoculação com fungos micorrízicos promoveu maior acúmulo de massa seca na parte aérea de eucalipto.

Em relação à massa seca das raízes foram observadas diferenças aos dois meses de crescimento, destacando-se mais as plantas que foram inoculadas com o isolado UFSC-Pt116, com aproximadamente 31% de massa superior em relação à testemunha. Em seguida aparece um segundo grupo contendo as plantas inoculadas com os isolados UFSC-SA9, UFSC-Pt188, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 e testemunha, seguidos dos demais tratamentos que apresentaram massas inferiores a esses. O aumento da massa seca das raízes e da parte aérea foi constante nos dois períodos avaliados, indicando um crescimento regular nesse período (Tabela 2.3.4). Esses resultados corroboram com os de Rodrigues et al. (2003), que observou que a inoculação com fungos micorrízicos promoveu aumento da massa seca da parte aérea e das raízes.

Aos 90 dias de crescimento não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, embora se note uma tendência dos tratamentos inoculados com misturas individuais de isolados terem massas superiores aos demais tratamentos, indicando benefício promovido pela inoculação dos isolados fúngicos.

O volume de raízes das plantas foi outra variável em que se pode observar a eficiência da colonização dos fungos ectomicorrízicos. Nesse caso, observou-se que as plantas do tratamento com o isolado UFSC-Pt116 foram as com maior volume de raízes aos 60 dias, seguidos pelas plantas dos tratamentos UFSC-SA9, UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, testemunha e UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188. Esses tratamentos com maior volume de raízes estão entre aqueles que envolvem a inoculação dos isolados individualmente (Figura 2.3.1).

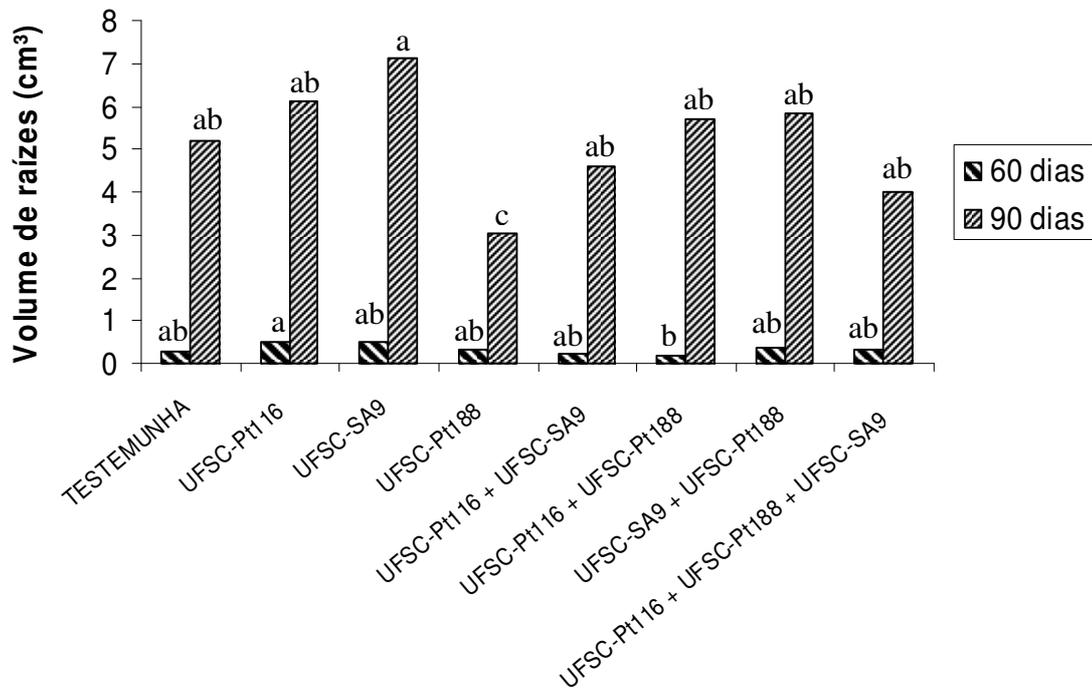


Figura 2.3.1 - Volume de raízes das plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas no substrato turfa, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Aos 90 dias após a emergência, quando as plantas já tinham expressado boa parte do seu potencial de crescimento, os resultados observados em relação ao volume de raízes foram mais distintos. As plantas do tratamento com o isolado UFSC-SA9 foram as que mais se destacaram, tendo aproximadamente o volume de raízes 17% maior do que a testemunha.

Essas plantas foram seguidas por um segundo grupo que apresentou volume de raízes próximo composto pelas plantas dos tratamentos UFSC-Pt116, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, testemunha e UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 aos 90 dias.

Nota-se ainda que as plantas do tratamento somente com inoculação do isolado UFSC-Pt188 apresentaram volume de raízes menor que os demais tratamentos ao fim do período experimental, inclusive menor que a testemunha (Figura 2.3.1), isto pode ser uma característica da simbiose entre o fungo e a planta, pois se essa simbiose for eficiente a planta pode absorver nutrientes e água suficientes com menos raízes. O volume de raízes está diretamente associado ao volume de solo que é explorado pelo sistema radicular, com isso pode-se entender em parte porque o tratamento com os isolados UFSC-SA9 e UFSC-Pt116 estão melhores em alguns parâmetros analisados como altura e massa seca da parte aérea.

Os isolados de fungos ectomicorrízicos colonizaram as raízes do eucalipto, produzidas no substrato turfa, com diferentes graus de intensidade, variando com o tipo de mistura que foi inoculada nas plantas.

Foram observadas diferenças significativas na colonização radicular promovidas pela inoculação dos isolados nas plantas. Na primeira avaliação, aos 60 dias após a emergência das plântulas, foi verificado que as plantas que obtiveram os maiores taxas de colonização radicular foram as dos tratamentos UFSC-SA9 e UFSC-Pt116, com aproximadamente 16 e 13% respectivamente, seguidas de um segundo grupo composto pelas plantas dos tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, UFSC-Pt188 e por último com nenhuma colonização micorrízica o tratamento testemunha (Figura 2.3.2).

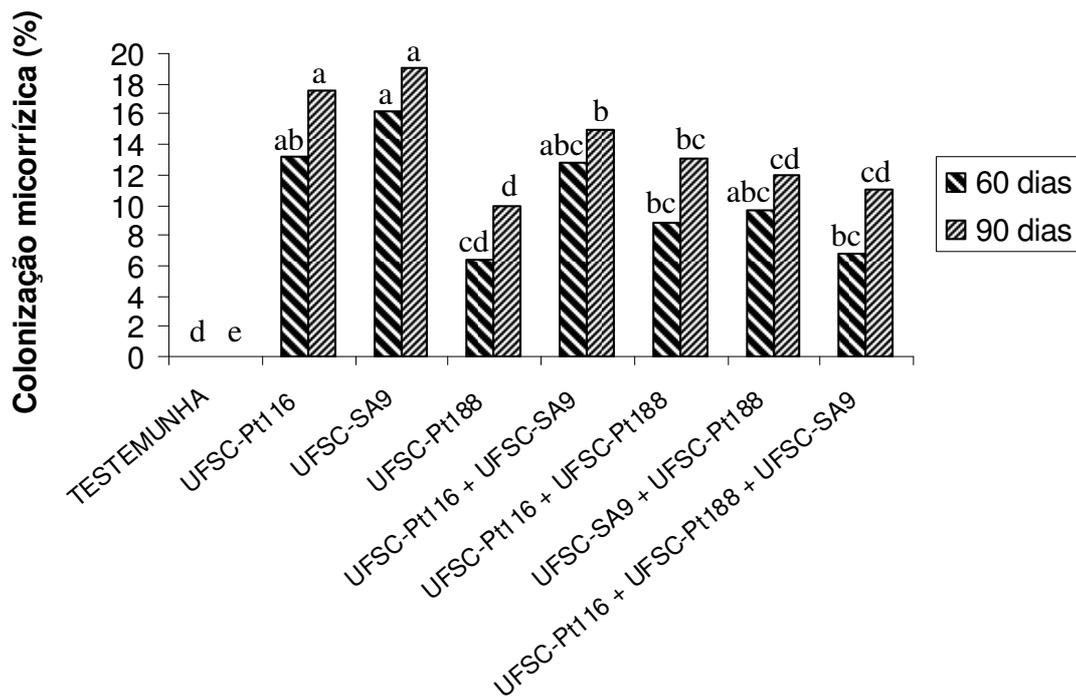


Figura 2.3.2 - Colonização micorrízica nas plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas no substrato turfa, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A colonização micorrízica acentuou-se do segundo para o terceiro mês, ao final do período do experimento a maior colonização das raízes foi nos tratamentos com inoculação individual dos isolados UFSC-SA9 e UFSC-Pt116, sendo que a percentagem de colonização foi de 19 e 17% respectivamente, diferindo significativamente entre si (Figura 2.3.2). É interessante notar que esses tratamentos foram os que apresentaram os melhores resultados com relação as variáveis de crescimento discutidas anteriormente. Existe provavelmente uma tendência de os tratamentos envolvendo um só isolado apresentarem os maiores níveis de colonização, com exceção das plantas do tratamento UFSC-Pt188, que ficaram com médias abaixo dos tratamentos contendo misturas de isolados (Figura 2.3.2).

Esses percentuais de colonização são baixos quando comparados aos de Mello (2006), produzindo mudas de *Eucalyptus grandis* em casa de vegetação, e trabalhando com o isolado UFSC-Pt116. É possível que na hora de fazer o procedimento de lavagem das raízes logo após a sua coleta tenham-se perdido parte das raízes mais finas das plantas, que são as que estão mais propícias a colonização ectomicorrízica. Isso poderia explicar o baixo percentual de colonização micorrízica, quando comparados aos dados de Mello (2006).

Além das variáveis citadas anteriormente, analisou-se também o acúmulo de nitrogênio, de fósforo e de potássio na parte aérea das plantas de eucalipto aos dois e três meses de idade das plantas em condições de casa de vegetação.

Para ao acúmulo de N nos tecidos da parte aérea constatou-se que o tratamento com a mistura de isolados UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 proporcionou ganhos significativos no acúmulo de N em relação à testemunha. Essas plantas acumularam em torno de 4,5% de N em seus tecidos, enquanto que as plantas do tratamento testemunha acumularam 3,5% de N nos primeiros dois meses de experimento (Tabela 2.3.5).

Tabela 2.3.5 - Teores de N, P e K na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas no substrato turfa, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	N (%)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	60 dias	90 dias	60 dias	90 dias	60 dias	90 dias
Testemunha	3,5 c	2,1 a	2,3 ab	1,6 c	24,2 a	22,8 a
UFSC-Pt116	4,0 b	2,5 a	2,4 ab	2,1 abc	22,1 ab	21,9 a
UFSC-SA9	3,8 BC	2,1 a	2,4 ab	1,6 c	23,3 ab	22,1 a
UFSC-Pt188	3,5 c	2,1 a	2,4 ab	1,8 bc	22,8 ab	25,3 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	4,0 b	2,2 a	2,1 ab	2,4 ab	24,2 a	24,8 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	4,0 b	2,4 a	2,7 a	1,9 bc	19,9 b	25,8 a
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	4,5 a	2,3 a	2,3 ab	2,0 abc	23,2 ab	26,1 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	3,9 bc	2,6 a	2,0 b	2,8 a	23,1 ab	25,6 a
CV (%)	5,4	14,3	13,0	18,1	7,2	12,0

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

Em seguida, com valores próximos, mas que diferem estatisticamente, vem as plantas dos tratamentos com os isolados UFSC-Pt116, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, UFSC-SA9, UFSC-Pt188 e a testemunha. Nota-se que para o acúmulo de N na parte aérea, as plantas que mais se destacaram foram aquelas dos tratamentos com misturas de isolados, contrariando o que vinha ocorrendo nas variáveis anteriores. Aos três meses de experimento foi verificado que os teores de N nos tecidos da parte aérea das plantas não variaram significativamente, mas que manteve uma tendência de os tratamentos com misturas de isolados serem os com maior acúmulo de N

(Tabela 2.3.5). Esse resultado não significativo estatisticamente pode ter sido causado pelo esgotamento do N no substrato o qual foi utilizado, já que a adição de N ao substrato foi feita apenas na semeadura, para simular o que ocorre nos viveiros florestais. Aos três meses de crescimento as plantas podem ter usado todo o N disponível no substrato, contribuindo assim para os resultados não significativos encontrados nesse período do experimento.

Aos 60 e 90 dias após a emergência, as plantas de eucalipto apresentaram algumas diferenças significativas quanto ao acúmulo de fósforo (P) na parte aérea (Tabela 2.3.5). Aos 60 dias após a emergência, as plantas que se destacaram em relação às demais foram as do tratamento com a mistura de isolados UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, chegando até $2,7 \text{ g.Kg}^{-1}$, enquanto que as plantas do tratamento testemunha acumularam 2318 mg.Kg^{-1} , ou seja, aproximadamente 20% menos P nos seus tecidos (Tabela 2.3.5).

Nota-se que com valores muito próximos vêm em seguida as plantas dos tratamentos com os isolados UFSC-Pt116, UFSC-SA9, UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-SA9 e testemunha, e por fim com menor acúmulo de P o tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9. Esses resultados corroboram com os de Bonnassis (2007), que trabalhou com *Eucalyptus dunnii* sob condições de casa de vegetação por três meses, encontrando maior eficiência em acumular P nas plantas que foram inoculadas com mistura de isolados.

Embora as taxas de colonização tenham sido baixas, os efeitos positivos no aumento do crescimento, massa seca e absorção de P são evidentes, ressaltando a eficiência de alguns isolados no aumento dos valores nessas variáveis. É possível que apenas a presença dos isolados no ambiente rizosférico tenha influenciado positivamente o crescimento das plantas. Muitos fungos têm mostrado capacidade de solubilizar fosfatos e de produzir substâncias promotoras de crescimento (NARLOCH, 2002), favorecendo o crescimento e acúmulo de P pelas plantas.

Quanto aos teores de P na parte aérea aos 90 dias, as plantas que apresentaram os maiores teores foram aquelas que receberam inoculação com a mistura de isolados UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, acumulando $2,8 \text{ g.Kg}^{-1}$, enquanto que a testemunha acumulou 73% menos P nos tecidos, diferindo estatisticamente. Verificou-se ainda que do segundo para o terceiro mês ocorreu uma queda nos valores de P nos tecidos, o que pode ter ocorrido pelo esgotamento do P no substrato, já que esse não foi adicionado ao substrato na hora da semeadura. Esses resultados concordam com os obtidos por Souza (2008), que trabalhando com eucalipto verificou que as plantas que foram inoculadas tiveram os maiores valores de fósforo.

Analisando-se os valores de K nos tecidos, verificou-se que aos 60 dias os tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 e a testemunha foram os que tiveram maior acúmulo de K nesse período experimental, e que esses obtiveram um valor de $2,4 \text{ g Kg}^{-1}$, diferindo estatisticamente entre os demais tratamentos (Tabela 2.3.5). Essas plantas foram seguidas do demais tratamentos com valores levemente menores, com exceção do tratamento contendo a mistura de isolados UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, que obteve somente 19900 mg Kg^{-1} de K nos tecidos da parte aérea das plantas.

Nos 90 dias esses valores foram próximos entre os tratamentos, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 2.3.5), embora os tratamentos não tenham apresentado diferenças significativas, observa-se uma tendência dos tratamentos com mistura de isolados acumularem maiores teores de K nos tecidos, o que pode ser devido ao efeito de diluição do nutriente na planta.

Os resultados obtidos, sugerem a possibilidade de inocular as mudas de *E. grandis* no viveiro, para que o fungo possa ser levado ao campo com grande probabilidade de contribuir para o bom estabelecimento e desenvolvimento das mudas. Diante da grande variabilidade ecotípica encontrada entre isolados de uma mesma espécie de fungo ectomicorrízico (TRAPPE, 1977), poderá haver um comportamento diferenciado entre os microssimbiontes quando colocados em diferentes substratos e solos.

3.3 CONCLUSÕES

A inoculação dos isolados fúngicos ectomicorrízicos UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 isoladamente promove maior altura, massa seca da parte aérea, volume de raízes e colonização micorrízica em plantas de *Eucalyptus grandis*.

A inoculação do isolado fúngico ectomicorrízico UFSC-Pt116 isoladamente promove maior diâmetro e massa seca de raízes em plantas de *E. grandis*.

4 ISOLADOS DE FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DO *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

4.1.1 Fungos micorrízicos e produção de inóculo

Os isolados de fungos ectomicorrízicos testados neste trabalho são os mesmos utilizados, conforme item 3.3.1.1.

O inóculo de fungos ectomicorrízicos utilizados neste trabalho foi produzido da mesma maneira, conforme item 3.3.1.2.

4.1.2 Substrato de plantio das mudas de eucalipto

O solo utilizado nesse estudo foi o Neossolo Quartzarênico. As amostras de solo foram coletadas em uma área sujeita ao processo de arenização, localizada no Município de São Francisco de Assis, região sudoeste do RS.

O solo apresentou as seguintes características químicas: pH = 4,7; P = 2,46 mg/dm³; K = 10,6 mg/dm³; Al = 72%, Ca = 0,1 cmol_c dm³, Mg = 0,1 cmol_c dm³, CTC = 0,73 cmol_c dm³, M.O. = 0,25% e saturação por bases = 14%.

O substrato foi previamente esterilizado em autoclave a 121° C, durante 60 minutos, três vezes consecutivas, com um intervalo de 24 horas entre cada esterilização, para se eliminar possíveis contaminações por outros de fungos. Após a esterelização, foi adicionada neste substrato uma solução nutritiva contendo os seguintes elementos: Mn, 0,15; Zn, 0,0375; Cu, 0,125; Mo, 0,05; B, 0,05 e Fe, 0,375 (mg kg⁻¹), baseados em Alves et al., (2001).

Neste estudo o nitrogênio (N) e o potássio (K) foram adicionados na forma de (NH₄)₂SO₄ e KCl no momento da semadura conforme a recomendação do Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004).

4.1.3 Cultivo das mudas de eucalipto

As sementes de *Eucalyptus grandis* foram obtidas no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. Os processos de lavagem e germinação foram conforme descrito na etapa I desse trabalho.

O cultivo do eucalipto foi realizado conforme descrito na etapa I desse trabalho.

4.1.4 Avaliações realizadas

Durante o período de crescimento, foram realizadas avaliações a cada 15 dias quanto a altura e diâmetro do caule. Aos 60 dias após a semeadura foram coletadas cinco plantas de cada tratamento e analisadas quanto aos seguintes aspectos: altura, diâmetro do caule, massa seca das raízes, volume de raízes, colonização micorrízica, massa seca da parte aérea e teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das plantas. Com as outras cinco plantas foram realizadas as mesmas avaliações aos 90 dias de idade.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 30 dias as plantas de eucalipto que se destacaram quanto a altura foram as do tratamento UFSC-Pt116, com 3,7 cm de altura, sendo esse valor aproximadamente 37% superior ao tratamento testemunha (Tabela 2.4.1).

Tabela 2.4.1 – Altura das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Altura (cm)				
	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Testemunha	2,7 c	5,4 c	13,9 ab	28,8 ab	38,6 a
UFSC-Pt116	3,7 a	8,2 a	17,4 a	27,3 ab	40,7 a
UFSC-SA9	3,2 ab	7,1 ab	17,0 a	33,6 ab	44,1 a
UFSC-Pt188	3,1 ab	6,8 abc	17,3 a	36,0 a	46,0 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	3,2 ab	7,0 ab	15,4 ab	32,0 ab	42,9 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	3,1 ab	7,1 ab	14,0 ab	29,5 ab	43,9 a
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	3,0 c	6,7 abc	15,2 ab	31,2 ab	43,7 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	2,9 c	5,8 bc	10,5 b	22,1 c	39,9 a
Média	3,1 E	6,8 D	15,0 C	30,0 B	42,4 A
CV (%)	13,8	15,6	17,8	21,5	18,2

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Esse tratamento foi seguido por um segundo grupo de plantas com valores menores que incluem os tratamentos UFSC-SA9, UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 e UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 e logo a seguir por um terceiro grupo contendo os tratamentos UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 e testemunha.

Esses resultados corroboram com os de Alves (2001), que encontrou maiores valores de altura com a inoculação de ectomicorrizas do gênero *Pisolithus* sp., trabalhando com *Eucalyptus dunnii* Maiden.

Aos 45 dias de crescimento as plantas do tratamento UFSC-Pt116 continuaram a se destacar em relação às plantas dos demais tratamentos. Enquanto, que o tratamento testemunha obteve 5,4 cm de altura, o tratamento UFSC-Pt116 obteve 8,2 cm, ou seja, aumento de 51% de altura em relação à testemunha (Tabela 2.4.1). Isto ocorreu porque o

isolado UFSC-Pt116 tem crescimento rápido, é eficiente em colonizar as raízes micorrízica e é um formador natural de simbiose com o *E. grandis*.

Aos 60 dias de crescimento do eucalipto, os tratamentos UFSC-SA9 e UFSC-Pt188 alcançaram o tratamento UFSC-Pt116 nos valores de altura, ficando em torno de 17 cm de altura cada tratamento, e diferindo estatisticamente do tratamento testemunha, que ficou com altura de 13,9 cm (Tabela 2.4.1). Aos 75 dias as plantas que se destacaram foram as do tratamento UFSC-Pt188, com 36 cm de altura, seguidas das plantas com valores menores dos tratamentos UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, Testemunha e UFSC-Pt116, e por fim do tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, contendo todos os isolados fúngicos. Esses dados não concordam com os encontrados com Bonnassis (2007), que trabalhando com misturas de isolados fúngicos verificou que misturas favoreciam os maiores valores de crescimento em altura das plantas de eucalipto do que os isolados individualmente, em condições de casa de vegetação.

No entanto, aos 90 dias de idade, os tratamentos utilizados não diferiram estaticamente (Tabela 2.4.1). Isto pode ter ocorrido porque aos 90 dias de idade as raízes das plantas já haviam tomado quase todo o espaço disponível dentro dos vasos. Conforme foi visualizado ocorreu uma limitação de espaço e de área de contato das raízes com o solo, diminuindo a captura de nutrientes disponíveis e causando redução do crescimento e consequentemente a igualdade entre os tratamentos.

O aumento nos valores de altura ao longo dos três meses de experimento foram regulares até os 60 dias, ficando em torno de 120% de crescimento a cada 15 dias, enquanto que dos 60 aos 75 dias houve uma pequena queda para 100% e dos 75 aos 90 dias de crescimento caiu para 41%, o que pode ter sido causado pela limitação de espaço nos vasos utilizados, conforme foi mencionado anteriormente.

Em relação ao diâmetro do caule das plantas, verificou-se que as diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos de inoculação individual e de misturas de isolados ectomicorrízicos ocorreram somente entre o período de 60 até 75 dias de condução do experimento (Tabela 2.4.2).

Tabela 2.4.2 – Diâmetro do caule das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Diâmetro do caule (mm)				
	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Testemunha	1,0 a	1,0 a	1,6 b	2,5 c	3,5 a
UFSC-Pt116	1,0 a	1,0 a	3,0 a	3,1 abc	4,1 a
UFSC-SA9	1,0 a	1,0 a	2,4 ab	3,3 abc	4,5 a
UFSC-Pt188	1,0 a	1,0 a	2,5 ab	4,0 a	4,5 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	1,0 a	1,0 a	2,6 ab	3,6 abc	4,3 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	1,0 a	1,0 a	2,4 ab	3,6 abc	4,4 a
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	1,0 a	1,0 a	2,2 ab	3,8 ab	4,3 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	1,0 a	1,0 a	1,5 b	2,8 bc	3,8 a
Média	1,0 D	1,0 D	2,2 C	3,3 B	4,1 A
CV (%)	0,0	0,0	23,8	16,1	14,1

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As plantas inoculadas com o isolado UFSC-Pt116 revelaram um maior crescimento em diâmetro do caule aos 60 dias de crescimento, sendo aproximadamente 87% superiores em relação ao tratamento testemunha, seguidas por um segundo grupo contendo os demais tratamentos, com exceção do tratamento testemunha e do UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, que obtiveram valores de diâmetro inferiores (Tabela 2.4.2). Aos 75 dias, as plantas inoculadas com o isolado UFSC-Pt188 destacaram-se das demais com 4,0 mm de diâmetro, enquanto que o tratamento testemunha obteve 2,5 mm de diâmetro, ou seja, 1,6 vezes menor (Tabela 2.4.2). Os resultados são semelhantes aos de por Alves (2001), que verificou valores de diâmetro do caule maiores nos tratamentos com inoculação com isolados ectomicorrízicos em relação ao tratamento testemunha não inoculado.

Entretanto, aos 90 dias de crescimento as plantas não apresentaram diferenças estatísticas significativas no diâmetro do caule (Tabela 2.4.2). Nota-se que os isolados ectomicorrízicos que obtiveram os maiores valores de diâmetro do caule são aqueles que foram inoculados individualmente nas plantas de eucalipto.

Os resultados positivos da inoculação dos isolados UFSC-Pt116 aos 60 dias e do UFSC-Pt188 aos 75 dias se devem ao fato de eles colonizarem com eficiência as raízes do

eucalipto, como já havia sido constatado por Mello (2006) e por Bonnassis (2007), em experimentos trabalhando com *E. grandis* e *E. dunnii*, respectivamente.

O aumento nos valores de diâmetro do caule ao longo dos três meses de experimento não foi regular (Tabela 2.4.2). As plantas não variaram dos 30 aos 45 dias, ficando nesse período com o mesmo diâmetro de 1,0 mm. Entretanto, dos 45 até os 60 dias aumentou de 1,0 mm para 2,2 mm (aumento de 120%), e dos 60 até os 75 apresentou 50% de crescimento, enquanto que nos últimos 15 dias o crescimento em diâmetro do caule caiu para 24%, o que pode ter sido causado pela limitação de espaço nos vasos utilizados.

Embora dois tratamentos tenham apresentado diferenças significativa entre si, Souza (2003) considera que as medidas de diâmetro do caule têm pouca utilidade para avaliar o efeito da inoculação nesta fase do desenvolvimento das plantas. Assim, os valores de massa seca é que são consideradas as variáveis mais úteis para medir o efeito de tratamentos de inoculação micorrízica sobre o crescimento das plantas (MARX, 1980; MARX et al., 1991).

Quando se comparou o uso de turfa e Neossolo pode-se observar que as mudas que foram produzidas no Neossolo obtiveram alturas superiores a das mudas que foram produzidas na turfa durante todo o período experimental (Tabela 2.4.3).

Tabela 2.4.3 – Comparação de alturas e diâmetros médios entre as mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Turfa e Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Altura (cm)		Diâmetro (mm)	
	Turfa	Neossolo	Turfa	Neossolo
Testemunha	28,5 b	38,6 a	3,5 a	3,5 a
UFSC-Pt116	38,5 b	40,7 a	4,6 a	4,1 b
UFSC-SA9	33,9 b	44,1 a	4,1 b	4,5 a
UFSC-Pt188	33,4 b	46,0 a	3,1 b	4,5 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	30,4 b	42,9 a	3,7 b	4,3 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	34,4 b	43,9 a	3,7 b	4,4 a
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	36,0 b	43,7 a	4,0 b	4,3 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	26,0 b	39,9 a	3,4 b	3,8 a

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Essas diferenças foram percebidas logo aos 30 dias, em que as mudas produzidas no Neossolo apresentavam valores 7% maiores de altura que as plantas produzidas no substrato

turfa. Aos 45 dias essa diferença aumentou para 21%, e a seguir aos 60 dias em torno de 34%. Aos 75 dias a diferença em altura entre plantas do Neossolo para a turfa se manteve em 34% e ao final do experimento caiu para 29 % (Tabela 2.4.3). Essa queda no fim devida provavelmente à limitação de espaço nos vasos, que foi observada na última avaliação do experimento.

Ao comparar-se o uso de turfa e Neossolo também se verificou que as mudas que foram produzidas no Neossolo obtiveram diâmetro do caule superior ao das mudas que foram produzidas na turfa durante todo o período experimental (Tabela 2.4.3). Até os 45 dias as plantas obtiveram os mesmos valores de diâmetro do caule, aos 60 dias, as mudas produzidas no Neossolo obtiveram valores 15% maiores de altura que as plantas produzidas no substrato turfa. Aos 75 dias essa diferença aumentou para 22%, e ao final do experimento a diferença entre plantas caiu para 29 % (Tabela 2.4.3). Essa queda aos 90 dias após a emergência de plântulas foi também provavelmente provocada pela limitação de espaço nos vasos, que foi visualizada na última avaliação do experimento.

Os resultados obtidos para a variável massa seca da parte aérea das plantas apresentaram diferenças significativas (Tabela 2.4.4).

Tabela 2.4.4 – Massa seca da parte aérea e de raízes das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	Massa seca (mg planta ⁻¹)			
	Parte aérea		Raízes	
	60 dias	90 dias	60 dias	90 dias
Testemunha	186 c	3360 ab	81 ab	926 ab
UFSC-Pt116	608 a	4792 a	113 a	1127 ab
UFSC-SA9	391 abc	4512 a	82 ab	1065 ab
UFSC-Pt188	278 abc	4057 a	64 ab	1178 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	377 abc	4828 a	61 ab	1058 ab
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	457 ab	4405 a	59 ab	814 ab
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	396 abc	3978 ab	66 ab	1063 ab
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	199 bc	2176 b	31 b	678 b
Média	374	4013	69	988
CV (%)	34,5	21,7	40,7	23,7

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Todos os tratamentos apresentaram médias superiores à das plantas da testemunha aos 60 dias de condução do experimento. O tratamento que se destacou em relação aos demais foi o UFSC-Pt 116, com 608 mg, ou seja, aproximadamente 3,2 vezes superior ao tratamento testemunha. Esse tratamento foi seguido pelas plantas do tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 e por um grupo com valores menores dos tratamentos UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 e UFSC-Pt188, e logo a seguir por UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 e a testemunha. Os valores maiores de massa seca da parte aérea das plantas dos tratamentos com o isolado UFSC-Pt116 aos 60 dias pode ter sido favorecido pela maior altura e diâmetro do caule que foram observados nas plantas nesse mesmo período. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Silva (2007), que encontrou maiores valores de massa seca em plantas de *E. grandis* inoculadas com isolados fúngicos ectomicorrízicos, quando comparados com o tratamento testemunha.

Os resultados de massa seca da parte aérea verificados aos 90 dias, apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 2.4.4). Com destaque em relação à massa seca apresentaram-se as plantas dos tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116, UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 e UFSC-Pt188, variando de 4057 até 4828 mg planta⁻¹. Enquanto que o tratamento testemunha obteve 3360 mg planta⁻¹, cerca de aproximadamente 43% menor. Esses resultados mostram a eficiência dos isolados fúngicos em promover acúmulo de massa seca em plantas de eucalipto, além de proteger contra estresses do meio e auxiliar na absorção de água e nutrientes. Esses dados são semelhantes aos encontrados por Souza (2004), que trabalhando com *Eucalyptus* sp. verificou maiores valores de massa seca em plantas inoculadas com fungos ectomicorrízicos.

Os resultados obtidos em relação a massa seca de raízes mostraram diferenças significativas entre os tratamentos de inoculação individual e de misturas de isolados ectomicorrízicos e com a testemunha (Tabela 2.4.4). Aos 60 dias as plantas do tratamento UFSC-Pt116 apresentaram valores aproximadamente 40% superiores ao tratamento testemunha, sendo seguidas pelas plantas de todos os demais tratamentos, com exceção do tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, que obteve 31 mg planta⁻¹, ou seja, 3,6 vezes massa a menos que o tratamento UFSC-Pt116 e 68% de massa abaixo da testemunha (Tabela 2.4.4). Nesse caso o tratamento provavelmente causou um efeito não benéfico para a planta no que diz respeito ao acúmulo de massa seca de raízes, o que já havia ocorrido com as variáveis altura e diâmetro do caule.

Para os valores de massa seca das raízes obtidos aos 90 dias de crescimento das plantas foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos de

inoculação com o tratamento testemunha. Neste período de avaliação as plantas que mais se destacaram foram as do tratamento UFSC-Pt188, com $1178 \text{ mg planta}^{-1}$, cerca de 27% superiores à testemunha, estas plantas foram seguidas com valores menores pelo restante dos tratamentos, com exceção do tratamento com a inoculação da mistura de isolados UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, que alcançou o valor $678 \text{ mg planta}^{-1}$.

Outra variável que apresentou diferenças estatísticas significativas foi o volume de raízes das plantas, que aos 90 dias de condução do experimento diferiu entre si (Figura 2.4).

Aos 60 dias verificou-se que as plantas de todos os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. No entanto, aos 90 dias as plantas dos tratamentos UFSC-Pt188, UFSC-Pt116, UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 foram as que apresentaram os maiores volume de raízes (Figura 2.4), seguidas dos tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 e testemunha, e por último o tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, contendo todos os isolados fúngicos. Os tratamentos UFSC-Pt188, UFSC-Pt116, UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 e UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 apresentaram em média $6,2 \text{ cm}^3$ de volume de raízes, enquanto que o tratamento testemunha apresentou $4,9 \text{ cm}^3$ de volume de raízes, ou seja, 26% inferior aos tratamentos citados (Figura 2.4). Isto pode ter ocorrido porque o volume de raízes está diretamente associado ao volume de solo que é explorado pelo sistema radicular, com isso pode-se entender em parte por exemplo, porque o tratamento com os isolados UFSC-Pt188 e UFSC-Pt116 foram melhores em alguns parâmetros analisados, como altura e massa seca da parte aérea.

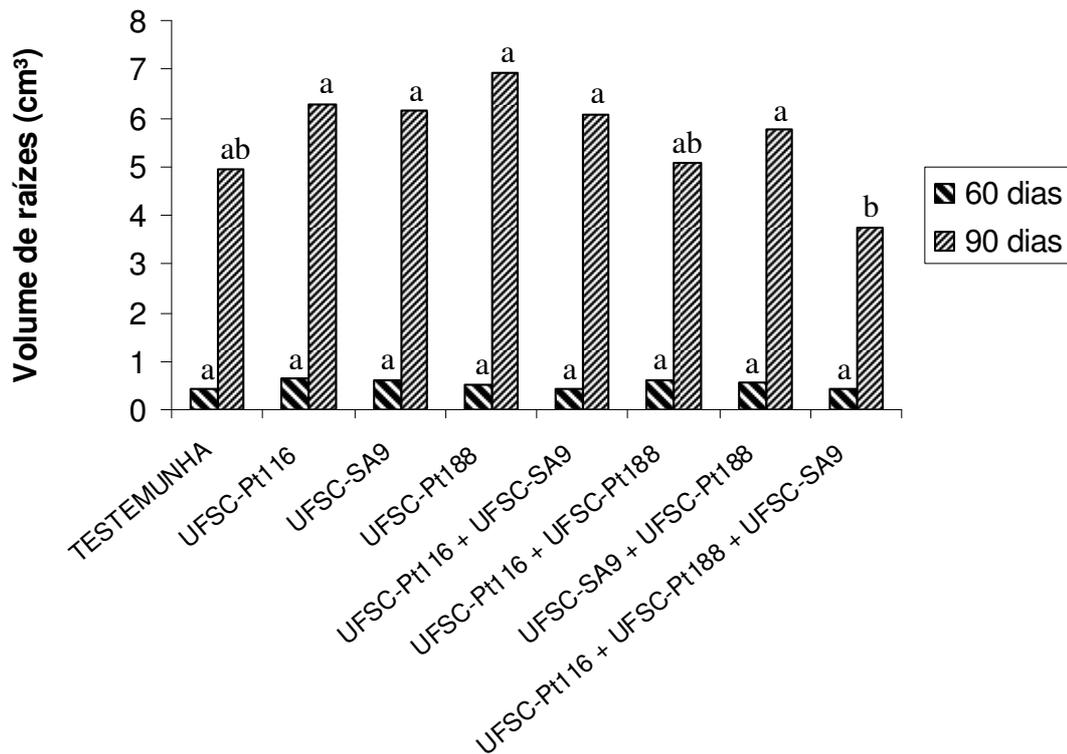


Figura 2.4 - Volume de raízes das plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Outra explicação para os maiores volumes de raízes nesses tratamentos que estão entre aqueles com melhor desempenho, é que a presença do fungo ectomicorrízico poderia estimular o crescimento de raízes, através da produção de substâncias e hormônios. Silva (2007) relata que o fungo ectomicorrízico mesmo reduzindo os parâmetros radiculares, espera-se maior capacidade de absorção de nutrientes e água pelas mudas micorrizadas, que é exatamente o que ocorreu para o volume de raízes.

Os isolados de fungos ectomicorrízicos colonizaram as raízes do eucalipto, produzidas no substrato Neossolo, com diferente grau de intensidade, variando com o tipo de mistura que foi inoculada nas plantas (Figura 2.4.1). Aos 60 dias após a emergência das plântulas, foi verificado que as plantas que obtiveram os maiores taxas de colonização foram as dos tratamentos UFSC-Pt116 e UFSC-SA9, com aproximadamente 20% de colonização radicular, seguidas de um segundo grupo composto pelas plantas dos tratamentos UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 e

UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, e por último, com nenhuma colonização micorrízica, o tratamento testemunha (Figura 2.4.1).

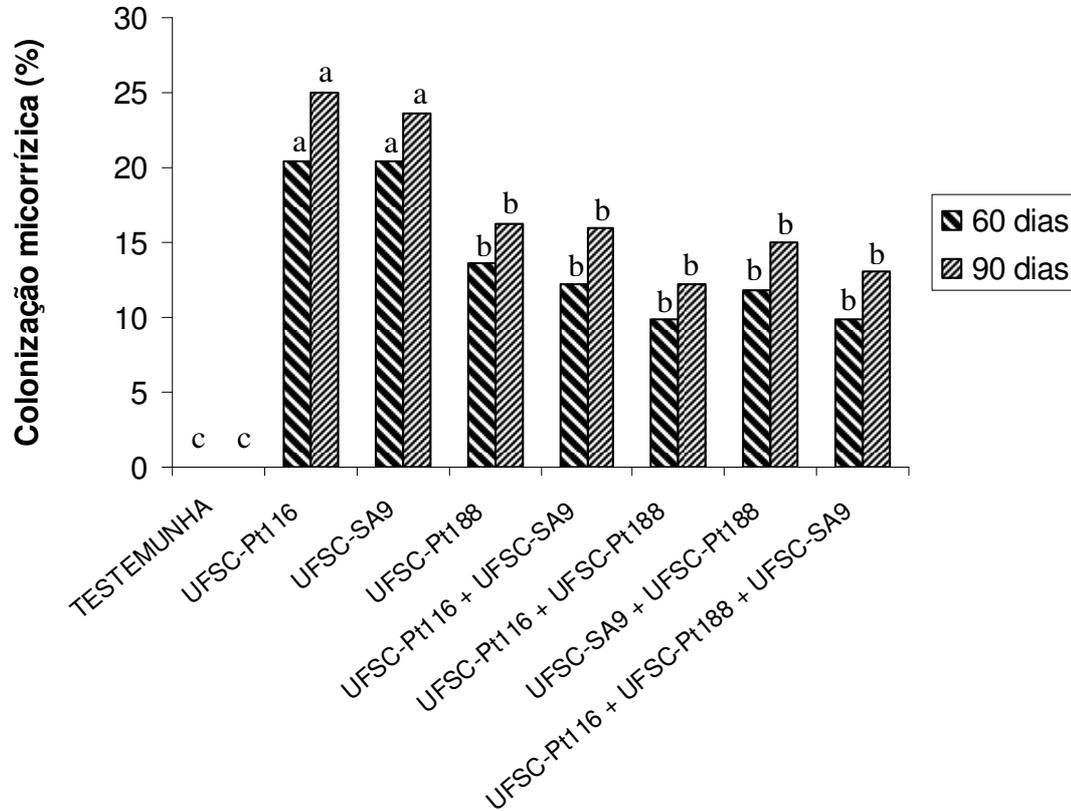


Figura 2.4.1 - Colonização micorrízica nas plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas ou não com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Aos 90 dias do período experimental os tratamentos seguiram na mesma ordem de colonização micorrízica que o período dos 60 dias, apresentando diferenças estatísticas entre si, mas com ganhos de aproximadamente 3,3% em relação a primeira avaliação realizada aos 60 dias, com exceção do tratamento testemunha que continuou sem colonização micorrízica (Figura 2.4.1). Esses resultados regulares de aumento da colonização micorrízica podem ter sido influenciado pelo tipo de solo utilizado no experimento. Pois o Neossolo Quartzarênico é um solo frágil, com estrutura deficiente e com fertilidade natural baixa, o que pode ter favorecido a ocorrência da simbiose para que as plantas conseguissem se estabelecer nesse solo.

Embora a percentagem de colonização micorrízica obtida neste trabalho ter sido inferior à obtida por Alves et al. (2001), demonstrou-se que, mesmo com uma baixa colonização, os isolados UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 foram capazes de promover benefícios às plantas, com grau significativo de eficiência. É possível que na hora de fazer o procedimento de lavagem das raízes logo após a sua coleta tenham-se perdido parte das raízes mais finas das plantas, que são as que estão mais propícias à colonização ectomicorrízica, o que poderia explicar o baixo percentual de colonização micorrízica, quando comparados aos dados de Mello (2006).

O teor de nutrientes na parte aérea das plantas apresentou diferenças significativas para nitrogênio, fósforo e potássio entre os tratamentos de inoculação e o tratamento testemunha (Tabela 2.4.5).

Tabela 2.4.5 - Teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Neossolo Quartzarênico, inoculadas e não inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos individualmente ou em mistura, aos 60 e 90 dias após o plantio em casa de vegetação.

Tratamento	N (%)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	60 dias	90 dias	60 dias	90 dias	60 dias	90 dias
Testemunha	2,0 c	1,0 b	2,2 b	1,6 c	21,2 ab	22,2 a
UFSC-Pt116	3,1 ab	2,8 a	2,5 ab	2,1 abc	20,9 b	21,9 a
UFSC-SA9	3,3 a	1,7 ab	2,4 ab	1,6 c	22,4 ab	22,1 a
UFSC-Pt188	3,4 a	1,2 b	2,8 a	1,8 bc	23,6 a	25,3 a
UFSC-Pt116 + UFSC-SA9	3,5 a	1,1 b	2,4 ab	2,4 ab	22,6 ab	24,8 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188	3,2 ab	1,1 b	2,3 b	1,9 bc	21,6 ab	25,8 a
UFSC-SA9 + UFSC-Pt188	3,4 a	1,1 b	2,2 b	2,0 abc	21,6 ab	26,1 a
UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9	2,8 b	2,0 ab	2,2 b	2,8 a	23,1 ab	25,6 a
CV (%)	6,5	44,1	8,6	18,1	5,7	11,5

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Aos dois meses de experimento verificou-se que a percentagem de nitrogênio acumulado nas plantas de todos os tratamentos foram superiores ao tratamento testemunha. O tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 apresentou maior acúmulo de nitrogênio com 3,5%, o tratamento testemunha acumulou 2,0% de nitrogênio na parte aérea. Não diferindo estatisticamente do UFSC-Pt116 + UFSC-SA9 apareceram os tratamentos UFSC-Pt188,

UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, UFSC-SA9, e logo a seguir com valores mais baixos o UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 e tratamento testemunha.

Aos três meses de crescimento as plantas do tratamento UFSC-Pt116 continuaram a se destacar em relação ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea, com inoculação individual desse isolado, atingindo um valor de 2,8% de nitrogênio nos tecidos aéreos das plantas, enquanto que o tratamento testemunha acumulou 1,0% de nitrogênio nos seus tecidos. Essas plantas foram seguidas pelos tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 e tratamento UFSC-SA9, com valores um pouco mais baixos e logo a seguir pelos demais tratamentos incluindo a testemunha, não diferindo estatisticamente entre si. Esses resultados confirmam a eficiência dos isolados UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 em promover maior acúmulo de nitrogênio quando inoculados individualmente em plantas de eucalipto.

Para o acúmulo do nutriente fósforo na parte aérea das plantas obtidos nesse estudo, constatou-se algumas diferenças estatísticas significativas conforme o tratamento de inoculação utilizado e com a testemunha. Na primeira avaliação realizada para acúmulo de fósforo na parte aérea, aos 60 dias após a emergência das plântulas, o tratamento UFSC-Pt188 se destacou em relação aos demais, atingindo aproximadamente $2,8 \text{ g.Kg}^{-1}$, cerca de 25% superior ao tratamento testemunha, que obteve $2,2 \text{ g.Kg}^{-1}$. Esse tratamento que se destacou foi seguido por um segundo grupo de tratamento contendo o UFSC-Pt116, UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-SA9, e com valores ainda mais baixos, os tratamentos com inoculação dos isolados UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188 e testemunha.

Na segunda avaliação de fósforo acumulado na parte aérea das plantas, aos três meses de idade verificou-se que o tratamento UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188 + UFSC-SA9 obteve maiores valores de fósforo nos tecidos aéreos das plantas. Nota-se ainda que o tratamento que teve maior acúmulo de fósforo na parte aérea também contém o isolado UFSC-Pt188 na sua mistura, e que para acúmulo de nutrientes dos resultados apresentados, os tratamentos que acumularam maiores quantidades de nutrientes foram aqueles em que se inoculou os isolados fúngicos em misturas, conforme mencionado na primeira etapa desse trabalho. O tratamento que se destacou aos 90 dias foi seguido com valores próximos, mas menores e que diferiram entre si pelas plantas dos tratamentos UFSC-Pt116 + UFSC-SA9, UFSC-Pt116, UFSC-SA9 + UFSC-Pt188, e por um grupo com valores menores, contendo os tratamentos UFSC-Pt188, UFSC-Pt116 + UFSC-Pt188, e por último com valores menores o UFSC-SA9 e a testemunha. É importante salientar, que o teor ótimo de P no solo para a máxima eficiência do fungo não é

suficiente para a produção econômica das mudas. Soares (1986) cita em seu trabalho que os teores de P usados na formação das mudas de eucalipto em viveiro é alto e inibe a colonização do fungo. Desse modo pode não ocorrer a colonização micorrízica, por isso nesse trabalho não foi adicionado fósforo ao solo na montagem do experimento.

Esses resultados de acúmulo de fósforo são semelhantes aos encontrados por Souza (2004), que verificou que as plantas de *Eucalyptus dunnii* acumularam maior quantidade de fósforo na parte aérea quando foram inoculados com fungos ectomicorrízicos do gênero *Pisolithus* aos três meses de idade. Entretanto, Silva (2003) não observou diferenças significativas no teor de fósforo na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* Hillex Maiden quando essas foram inoculadas com o isolado UFSC-Pt116.

Em relação ao acúmulo de potássio na parte aérea somente foram obtidas diferenças significativas aos dois meses de condução do experimento (Tabela 2.4.5). As plantas do tratamento UFSC-Pt188 foram as que se destacaram em relação às plantas dos outros tratamentos, estas acumularam em torno de $2,3 \text{ g Kg}^{-1}$, enquanto que o tratamento testemunha acumulou cerca de $2,1 \text{ g Kg}^{-1}$ aos 60 dias do período experimental (Tabela 2.4.5). Essa pouca diferença pode ser explicada em parte pela fertilização potássica que foi realizada na hora da correção da adubação e calagem do Neossolo Quartzarênico para montagem do experimento, que pode ter favorecido a maior absorção por parte da planta.

Os resultados obtidos nesse experimento mostraram claramente os benefícios advindos da inoculação de isolados ectomicorrízicos em plantas de eucalipto. Em solo de região degradada e de baixa fertilidade, a inoculação com fungos ectomicorrízicos é uma alternativa, pois favorece o crescimento em altura e diâmetro do caule, aumenta o acúmulo de massa seca na parte aérea e nas raízes das plantas, além de favorecer a maior absorção de nutrientes nitrogênio e fósforo. Essa estratégia de produção de mudas de eucalipto destinadas para regiões específicas, como as áreas em processo de arenização em São Francisco de Assis-RS, pode ser uma alternativa viável na tentativa de recuperação dessas área e de tentar colocá-las de volta ao processo produtivo.

4.3 CONCLUSÕES

A inoculação dos isolados fúngicos ectomicorrízicos UFSC-Pt116, UFSC-SA9 e UFSC-Pt188 isoladamente promovem maior altura e diâmetro do caule e favorecem o maior acúmulo de massa seca da parte aérea e volume de raízes das plantas de *Eucalyptus grandis*.

Os isolados ectomicorrízicos UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 favoreceram a maior colonização micorrízica nas plantas de *E. grandis*, em Neossolo Quartzarênico.

As plantas produzidas com inoculação dos isolados fúngicos ectomicorrízicos UFSC-Pt188 promovem maior acúmulo de fósforo e potássio na parte aérea das plantas de *E. grandis*.

O isolado ectomicorrízico UFSC-Pt116 favorece o maior acúmulo de nitrogênio nas plantas de *E. grandis*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como proposto, este trabalho avaliou primeiramente, o crescimento e estabelecimento no campo do *Eucalyptus grandis* em área sujeita à arenização, e verificou a possibilidade de serem utilizados em programas de recuperação de áreas degradadas.

Ainda avaliaram-se os benefícios oriundos da inoculação com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos, na promoção do crescimento do eucalipto.

Foi possível em seguida, evidenciar que a inoculação de fungos ectomicorrízicos é viável em mudas de eucalipto. O UFSC-Pt116 e UFSC-SA9 apresentaram-se eficientes na colonização das raízes das mudas de *Eucalyptus grandis*, e nos outros parâmetros de crescimento e acúmulo de nutrientes analisados.

Para a produção de mudas de qualidade de *Eucalyptus grandis*, foi comprovado, que para o êxito na formação de povoamentos florestais, estas mudas, devem apresentar vigor suficiente para resistir ao estresse inicial do transplante, sendo importante que sejam produzidas em substrato fértil, onde não tenham limitações de nutrientes essenciais.

Porém, existe a necessidade de realização de novos estudos para verificar a eficiência desses fungos inoculados em misturas no campo, para se verificar os benefícios oriundos da inoculação de fungos ectomicorrízicos em *Eucalyptus grandis*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. F. 1991. **The ecology of mycorrhizae**. Cambridge: Cambridge University Press, 184 p.

ALVES, J. R. et al. Efeito de inoculante ectomicorrízico produzido por fermentação semi-sólida sobre o crescimento de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 307-313, fev. 2001.

ANDREAZZA, R. et al. Espécies de *Pisolithus* sp. na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hillex Maiden em solo arenoso. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 51-59, dez. 2004.

AZEVEDO, A. C.; KAMINSKI, J. Considerações sobre os solos dos campos de areia no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 65-70, jul./dez., 1996.

BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; REIS, M. S. Micorriza em eucalipto . Uma revisão sobre a morfologia, a fisiologia e os efeitos mútuos da associação fungo-planta. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 130-140, maio/ago. 1978.

BIELESKI, R. L.; FERGUSON, J. B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LAUCHLI, A; BIELESKI, R. L. Inorganic plant nutrition. **Encyc. of Plant Physiology**, Urbana, v. 15a, p. 422-449, 1983.

BIELESKI, R. L. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. **Annual Review Plant Physiology**, Auckland, v. 24, p. 225-252, 1973.

BONNASSIS, P. A. P. **Caracterização de isolados fúngicos ectomicorrízicos na promoção do crescimento e na colonização radicular de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BRUNDRETT, M. et al. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra:ACIAR, 1996, 374 p. (Monograph, 32).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004, 394 p.

EMBRAPA, Embrapa Florestas. **Dedicação à pesquisa florestal**. Colombo, 2003, 54 p.

FAO. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/>>, Acesso: 06 dez. de 2008.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000, 145 p.

GARAY, I. et al. Evaluation of soil conditions in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in Brazil: a contribution to the study of sustainable land use. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 177-187, Oct. 2004.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**. Lancaster, v. 84, p. 489-500, Mar. 1980.

GLOWA, K. R.; AROCENA, J. M.; MASSICOTTE, H. B. Extraction of potassium and/or magnesium from selected soil minerals by Piloderma. **Geomicrobiology Journal**, New York, v. 20, n. 2, p. 99-111, Mar. 2003.

GONÇALVES, J. L. M. **Relatório de pesquisas sobre nutrição mineral de espécies nativas**. Piracicaba. Convênio CESP-ESALQ-IPEF. 25 p. 1994.

HOGUE, E.; WILCOX, G. E.; CANTLIFFE, D. J. Effect of soil phosphorus on fractions in tomato leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, New Hork, v. 95, n. 2, p. 174-176, 1970.

KORMANIK, P. P.; MCGRAW, A. C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: SCHENK, N.C. (eds). **Methods and principles of mycorrhizal research**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1982, p.37-45.

MARX, D. H.; MAUL, S. B.; CORDELL, C. E. Application of specific ectomycorrhizal fungi in Word Forestry. In: G. F. LEATHAM (Ed.). **Frontiers in Industrial Mycology**. New York: Chapman & Hall, 1992, p. 78-98.

MARX, D. H. The practical significance of ectomycorrhizae in Forest establishment. In: THE MARCUS WALLENBERG FOUNDATION SYMPOSIUM, 7., 1991, Stockolm. **Proceedings...** Wallenberg Foundation, 1991, p. 54-90.

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

MARX, D. H. Ectomycorrhizal fungus inoculations: a tool for improving forestation practices. In: P. MIKOLA (Ed.) **Tropical Mycorrhiza Research**. Oxford: Pub. Clarendon Press, p. 13-71, 1980.

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**. Saint Paul, v. 59, n. 2, p. 153-163, Feb. 1969.

MELLO, A. H. **Ocorrência, caracterização e eficiência de fungos micorrízicos em *Eucalyptus grandis* e *Acácia mearnsii***. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em ciência do Solo – Biodinâmica e Manejo do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MOLINA, R.; TRAPPE, J. M. Mycorrhiza management in bareroot nurseries. In: DURYEY, M. L.; LANDIS, T. D. (eds). **Forestry nursery manual: production of barerrot seedlings**. Lancaster, 1984, p. 211-213.

MOLLER, D. O. et al. **Diagnóstico sobre a presença de areais na região Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SUDESUL, 1975.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002, 626 p.

NARLOCH, C. **Interação microrganismos solubilizadores de fosfatos - fungos ectomicorrízicos e o crescimento de *Pinus taeda* L.** 2002. 171 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. I – crescimento, absorção e transferência de nitrogênio entre plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 583-591, jul./ago. 2003.

SANTOS, J. D. E. et al. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 141-150, jan./fev. 2008.

SBS. Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Fatos e Números do Brasil Florestal**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/>>, Acesso: 05 dez. de 2008.

SILVA, M. A. et al. Formação de ectomicorrizas por monocários e dicários de *Pisolithus* sp. e interações em *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 917-929, set./out. 2007.

SILVA, R. F. Fungos ectomicorrízicos no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 9-17, Sept./Dec. 2003.

SILVA, R. F. Produção de mudas de *Pinus elliottii* engelm. micorrizadas em solo arenoso. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 57-65, dez. 2003.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1997, 605 p.

SOARES, I. **Níveis de fósforo no desenvolvimento de ectomicorrizas por *Pisolithus tinctorius* (Pers) Coker & Couch e no crescimento de mudas de *Eucalyptus***. 1986. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, L. A. B. et al. New isolates of ectomycorrhizal fungi and the growth of eucalypt. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 35-241, fev. 2008.

SOUZA, L. A. B. 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, abr. 2004.

SOUZA, L. A. B. **Seleção de fungos ectomicorrízicos eficientes para promoção do crescimento de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TAM, P. C. F.; GRIFFITHS, D. A. Mycorrhizal associations in Hong Kong Fagaceae IV. The mobilization of organic and poorly soluble phosphates by the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. **Mycorrhiza**. Heidelberg, v. 2, n. 2, p. 133-139, Feb. 1993.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995, 174 p.

TEDESCO, K. J. **Extração simultânea de N, P, K, Ca, Mg em tecidos de plantas por digestão com H₂O₂ e H₂SO₄**. Porto Alegre, UFRGS, 1986, 23 p. (Informativo Interno, 01).

TRAPPE, J. M.; FOGEL, R. D. Ecosystematic functions of mycorrhizae. In: The below ground ecosystem: A synthesis of plant-associated process. **Rang Science**, v. 26, n. 3, p. 205-244, 1977.

ZAMBOLIN, L.; BARROS, N. F. Constatação de micorriza vesículo - arbuscular em *Eucalyptus* spp na região de Viçosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 95-97, jan./fev. 1982.