



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS EM DOIS
TIPOS DE RECIPIENTES**

MICHEL DE PAULA ANDRAUS

Orientador:
Wilson Mozena Leandro

Goiânia, GO – Brasil
2017

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: Michel de Paula Andraus

Título do trabalho: Produção de mudas de espécies florestais inoculadas em dois tipos de recipientes.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do (a) autor (a) ²

Data: 04 / 04 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

MICHEL DE PAULA ANDRAUS

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS EM DOIS
TIPOS DE RECIPIENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

Co-orientadora:

Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes Brasil

Goiânia, GO – Brasil
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Andraus, Michel de Paula

Produção de mudas de espécies florestais inoculadas em dois tipos de recipientes [manuscrito] / Michel de Paula Andraus. - 2017. CXXV, 125 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro; co-orientadora Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2017.

Bibliografia.

Inclui tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Aproveitamento de resíduos. 2. produção sustentável. 3. microrganismos benéficos. I. Leandro, Wilson Mozena, orient. II. Título.

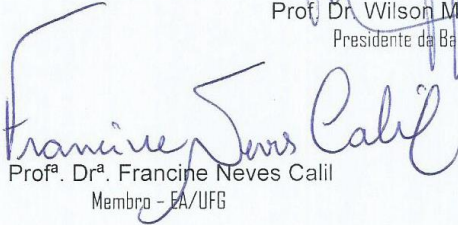
CDU 631.4

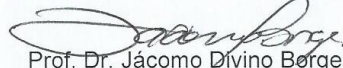


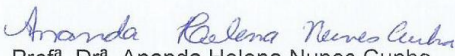
ATA DE DEFESA DE TESE

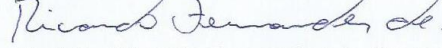
Aos dezessete dias do mês de março do ano de dois mil e dezessete (17.03.2017), às 14h00min, no Mini-auditório do PPGA, da Escola de Agronomia da UFV, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro – orientador e Presidente da Banca, Prof^a. Dr^a. Francine Neves Calil, Prof. Dr. Jácomo Divino Borges, Prof^a. Dr^a. Ananda Helena Nunes Cunha e Prof. Dr. Ricardo Fernandes de Sousa, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: “PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS EM DOIS TIPOS DE RECIPIENTES”, de autoria de **Michel de Paula Andraus**, discente do curso de **Doutorado**, na área de concentração em **Solo e Água**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFV. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas à defesa da Tese. Passou a palavra ao doutorando que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido sequencialmente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFV, a Banca Examinadora considerou a Tese “**APROVADA**”, com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOCTOR** em Agronomia, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, pela Universidade Federal de Goiás. O doutorando poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Para finalizar, o Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com o doutorando e encerrou a sessão às 17h45min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.


Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
Presidente da Banca – EA/UFV


Prof^a. Dr^a. Francine Neves Calil
Membro – EA/UFV


Prof. Dr. Jácomo Divino Borges
Membro – EA/UFV


Prof^a. Dr^a. Ananda Helena Nunes Cunha
Membro – UEG/Anápolis


Prof. Dr. Ricardo Fernandes de Sousa
Membro – IFG/Goiânia

A minha esposa Aline
A minha filha Maria Augusta

E aos meus pais

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar presente em todos os momentos;

À minha esposa Aline pelo companheirismo e ajuda durante todo o trabalho;

À minha filha Maria Augusta pela alegria e companhia;

Ao meu orientador Prof. Wilson Mozena Leandro, por estar sempre disponível para ajudar e ser exemplo de um ótimo profissional, com paciência e amizade;

À minha co-orientadora Prof^a. Eliana Paula Fernandes Brasil pela orientação desde o início da minha vida acadêmica, estando sempre presente com grande profissionalismo, dedicação e amizade, sendo um exemplo de profissional para mim;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de estudo e aperfeiçoamento;

Aos meus pais pelo apoio afetivo e financeiro durante o período de estudo;

E a todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	10
GENERAL ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 A CULTURA DA <i>Acacia mangium</i>	15
2.2 A CULTURA DA <i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pers.....	17
2.3 A CULTURA DO <i>Eucalyptus grandis</i>	18
2.4 USO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS	20
2.5 RECIPIENTES PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS.....	27
2.6 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS PARA QUALIDADE DE SUBSTRATOS.....	29
2.6.1 Propriedades físicas	30
2.6.2 Propriedades químicas	33
2.7 PARÂMETROS FITOTÉCNICOS DE MUDAS DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS.....	34
2.8 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM ESPÉCIES FLORESTAIS.....	37
2.9 EFICIÊNCIA DA MICORRIZAÇÃO NA NUTRIÇÃO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS.....	38
2.10 REFERÊNCIAS.....	40
3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Acacia mangium</i> INOCULADAS COM RIZÓBIOS E FUNGOS MICORRÍZICOS EM BLOCOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	54
RESUMO.....	54
ABSTRACT.....	54
3.1 INTRODUÇÃO.....	55
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
3.2.1 Localização e caracterização da área de estudo	56
3.2.2 Preparo, caracterização do material e confecção dos blocos de resíduos agroindustriais.....	56
3.2.3 Produção de mudas de <i>Acacia mangium</i>	60
3.2.4 Análises fitotécnicas.....	62
3.2.5 Análise estatística	63
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
3.3.1 Caracterização do substrato	63
3.3.2 Avaliação de nodulação	67
3.3.3 Colonização micorrízica	69
3.3.4 Concentração de macronutrientes no tecido foliar	70
3.3.5 Parâmetros fitotécnicos das mudas.....	72
3.4 CONCLUSÕES.....	77
3.5 REFERÊNCIAS.....	77

4	PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Sesbania virgata</i> INOCULADAS COM RIZÓBIOS E FUNGOS MICORRÍZICOS EM BLOCOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	83
	RESUMO.....	83
	ABSTRACT.....	83
4.1	INTRODUÇÃO.....	84
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	85
4.2.1	Localização e caracterização da área de estudo	85
4.2.2	Preparo, caracterização do material e confecção dos blocos de resíduos agroindustriais	86
4.2.3	Produção de mudas de <i>Sesbania virgata</i>	88
4.2.4	Análises fitotécnicas	90
4.2.5	Análise estatística	91
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
4.3.1	Caracterização do substrato	91
4.3.2	Avaliação de nodulação	95
4.3.3	Colonização micorrízica	96
4.3.4	Concentração de macronutrientes no tecido foliar	97
4.3.5	Parâmetros fitotécnicos das mudas	99
4.4	CONCLUSÕES.....	102
4.5	REFERÊNCIAS.....	103
5	PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i> INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS EM BLOCOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	108
	RESUMO.....	108
	ABSTRACT.....	108
5.1	INTRODUÇÃO.....	109
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	110
5.2.1	Localização e caracterização da área de estudo	110
5.2.2	Preparo, caracterização do material e confecção dos blocos de resíduos agroindustriais	110
5.2.3	Produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i>	113
5.2.4	Análises fitotécnicas	114
5.2.5	Análise estatística	115
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
5.3.1	Caracterização do substrato	115
5.3.2	Colonização micorrízica	118
5.3.3	Concentração de macronutrientes no tecido foliar	120
5.3.4	Parâmetros fitotécnicos das mudas	121
5.4	CONCLUSÕES.....	123
5.5	REFERÊNCIAS.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1.	Percentuais dos materiais na composição volumétrica do substrato.....	58
Tabela 3.2.	Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.....	60
Tabela 3.3.	Resultados de análises físicas do substrato Tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário) que sofreram processo de compostagem.....	66
Tabela 3.4.	Número de nódulos (NN) e peso da matéria seca de nódulos (PMSN) de mudas de <i>Acacia mangium</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	68
Tabela 3.5.	Colonização micorrízica em raízes de mudas de <i>Acacia mangium</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	70
Tabela 3.6.	Teores foliares de macronutrientes em mudas de <i>Acacia mangium</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	71
Tabela 3.7.	Parâmetros fitotécnicos de mudas de <i>Acacia mangium</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	74
Tabela 4.1.	Percentuais dos materiais na composição volumétrica do substrato.....	86
Tabela 4.2.	Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.....	88
Tabela 4.3.	Resultados de análises físicas do substrato Tratamento 2 (composição de diferentes materiais) que sofreu processo de compostagem	93
Tabela 4.4.	Número de nódulos (NN) e peso de matéria seca de de nódulos (PMSN) de mudas de <i>Sesbania virgata</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	95
Tabela 4.5.	Colonização micorrízica em raízes de mudas de <i>Sesbania virgata</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de	

	cultivo, 70 dias após a semeadura.....	96
Tabela 4.6.	Teores foliares de macronutrientes em mudas de <i>Sesbania virgata</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	98
Tabela 4.7.	Valores fitotécnicos de mudas de <i>Sesbania virgata</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	100
Tabela 5.1.	Percentuais dos materiais na composição volumétrica do substrato.....	111
Tabela 5.2.	Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.....	112
Tabela 5.3.	Resultados de análises físicas do substrato Tratamento 2 (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.....	116
Tabela 5.4.	Colonização micorrízica em raízes de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	119
Tabela 5.5.	Teores foliares de macronutrientes em mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	120
Tabela 5.6.	Valores fitotécnicos de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.....	122

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1.** Processo de compostagem referente ao Tratamento 1 **(a)**, Tratamento 2 **(b)**, tratamento 3 **(c)** e tratamento 4 **(d)**. 59
- Figura 3.2.** Tampa da bandeja contendo cones para marcação dos furos no bloco de substrato **(a)**, bloco de resíduos agroindustriais após a prensagem, contendo cinco linhas e dez colunas, totalizando 50 orifícios **(b)**..... 61

RESUMO GERAL

ANDRAUS, M. P. Produção de mudas de espécies florestais inoculadas em dois tipos de recipientes. 2017. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2017¹.

Nos dias atuais existe uma pressão ambientalista cada vez maior, que faz com que as indústrias desenvolvam novas alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais. Os custos de construção e manutenção de aterros industriais e os riscos ambientais que estão envolvidos neste processo têm despertado o interesse de várias indústrias em estudar a viabilidade de aplicação de resíduos na agricultura. Uma das alternativas para os resíduos agroindustriais é o substrato para a produção de mudas. Diante do exposto, verifica-se que a utilização de recipientes de resíduos agroindustriais prensados, associado à inoculação de rizóbios e fungos micorrízicos, pode trazer inúmeros benefícios à produção de mudas florestais e também ao meio ambiente. Entretanto, a associação destas práticas ainda não foi suficientemente estudada. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas de três espécies florestais quando cultivadas em blocos prensados, compostos por diferentes proporções de resíduos agroindustriais, e tubetes plásticos convencionais, e o efeito da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos sobre estas mudas. Para tal foi realizado um experimento onde se fez quatro compostos com diferentes proporções de bagaço de cana de açúcar, torta de filtro, fibra de coco e cama de aviário. Nos blocos prensados do substrato compostado selecionado foram plantados sementes de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus grandis*. As duas primeiras espécies foram inoculadas com rizóbios e fungos micorrízicos específicos para cada espécie, e o eucalipto somente com fungos micorrízicos. Aos 70 dias após a semeadura foram avaliados a colonização micorrízica, nodulação, parâmetros fitotécnicos e nutricionais das mudas. E os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. Verificou-se que os blocos prensados de resíduos agroindustriais não proporcionam melhor desenvolvimento de mudas de *A. mangium* e *E. grandis* em relação ao tubete convencional. A inoculação com rizóbio, isoladamente ou associada com fungos micorrízicos arbusculares na fase de produção de mudas, proporciona melhor desenvolvimento da espécie *A. mangium*. Já as mudas de *Sesbânia* apresentaram melhor desenvolvimento com o sistema de produção de mudas em blocos prensados, confeccionados com resíduos agroindustriais. Pôde-se observar que a resposta ao uso dos blocos prensados depende da espécie que irá ser utilizada.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, produção sustentável, microrganismos benéficos.

¹ Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG..

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA-UFG.

GENERAL ABSTRACT

ANDRAUS, M. P. Production of forest species seedlings inoculated in two types of containers. 2017. 125 p. Thesis (Doctorate in Agronomy: Soil and Water) - School of Agronomy, Federal University of Goiás, 2017¹.

Nowadays there is an increasing environmental pressure, which causes industries to develop new alternatives for the destination of residues generated by industrial processes. The costs of construction and maintenance of industrial landfills and the environmental risks that are involved in this process have aroused the interest of several industries in studying the feasibility of residues application in agriculture. One of the alternatives for agroindustrial residues is the substrate for seedlings. In view of the above, it is verified that the use of containers of agroindustrial residues pressed together with the inoculation of rhizobia and mycorrhizal fungi can bring numerous benefits to the production of forest seedlings and also to the environment. However, the association of these practices has not been sufficiently studied. The objective of this work was to evaluate the phytotechnical aspects of three forest species when cultivated in pressed blocks, composed of different proportions of agroindustrial residues and conventional plastic tubes, and the effect of inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi on these seedlings. For that, an experiment was carried out in which four compounds with different ratios of sugarcane bagasse, filter cake, coconut fiber and aviary waste were made. In the pressed blocks of the selected composted substrate were planted seeds of *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* and *Eucalyptus grandis*. The first two species were inoculated with rhizobia and mycorrhizal fungi specific for each species, and eucalyptus only with mycorrhizal fungi. At 70 days after sowing, mycorrhizal colonization, nodulation, phytotechnical and nutritional parameters were evaluated. And the data were submitted to analysis of variance and test of comparison of means. It was verified that the pressed blocks of agroindustrial residues do not provide better development of seedlings of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in relation to the conventional tube. Inoculation with rhizobia, alone or associated with arbuscular mycorrhizal fungi in the seedling production phase, provides better development of the *Acacia mangium* species. The seedlings of *Sesbania* presented better development with the system of production of seedlings in pressed blocks, made with agroindustrial residues. It could be observed that the response to the use of the pressed blocks depends on the species that will be used.

Key words: Utilization of residues, sustainable production, beneficial microorganisms.

¹ Adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG..

Co-adviser: Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por produtos da cadeia florestal está em crescimento no Brasil, e para suprir esta demanda é preciso realizar novos plantios, os quais para serem rentáveis devem ter alta produtividade e qualidade. Sendo assim, ao se levar em consideração a instalação de povoamentos florestais, um dos fatores de grande importância é a qualidade da muda, visto que esta afeta diretamente a produtividade e qualidade do produto final (Caldeira et al., 2007).

Os substratos utilizados na produção de mudas florestais podem ser formados por um único material ou pela mistura de diferentes materiais, podem ser produzidos no próprio viveiro ou comprados de empresas especializadas. Pode-se encontrar no mercado substratos prontos para o uso, puros ou em mistura, cada um com características próprias de preço e qualidade.

Para Kratz et al. (2013) as propriedades dos substratos variam em função de sua origem, método de produção ou obtenção, proporções de seus componentes, entre outras características. Sendo recomendável, sempre que possível, fazer análise das propriedades dos substratos utilizados no viveiro, o que oferece maior embasamento a formulação de misturas e adubações.

Para um substrato ser considerado ideal, deve apresentar uma elevada capacidade de retenção de água, o que a torna facilmente disponível; uma distribuição de partículas de forma que, ao mesmo tempo que retenham água, mantenham a aeração para que as raízes não sejam submetidas a níveis insuficientes de oxigênio, o que atrapalha o desenvolvimento da cultura; decomposição lenta; que seja de fácil aquisição no mercado e tenha baixo custo.

Existe uma pressão ambientalista cada vez maior, que faz com que as indústrias desenvolvam novas alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais. Os custos de construção e manutenção de aterros industriais e os riscos ambientais que estão envolvidos neste processo têm despertado o interesse de várias indústrias em estudar a viabilidade de aplicação de resíduos na agricultura. Uma das

alternativas para os resíduos agroindustriais é o substrato para mudas. Com este potencial se destacam o bagaço de cana, a torta de filtro, entre outros. Estes resíduos de cana-de-açúcar encontram-se em grande disponibilidade nas regiões de plantio e já foram testados com sucesso na produção de mudas de espécies florestais e frutíferas (Serrano et al., 2006).

Segundo Morgado et al. (2000) um dos problemas das mudas produzidas em recipientes são as deformações radiculares. Sendo assim, o método de produção em blocos preparados com material prensado apresenta, como principais vantagens, o desenvolvimento do sistema radicular sem deformações impostas pela parede rígida, a facilidade de manuseio das mudas durante o plantio e a redução nos custos de produção, devido à possibilidade de uso intensivo da mecanização. Afirmam ainda que o sistema de blocos prensados é difundido entre os países escandinavos, principalmente na Finlândia. Harstella et al. (1983) relataram que as primeiras pesquisas visando desenvolver um sistema de produção de mudas em blocos prensados foram iniciadas em 1979, na Estação Experimental de Suonenjoki, na Finlândia.

Sabe-se que a inoculação de microrganismos benéficos em plantas tem sido empregada para melhorar seu desenvolvimento (Caravaca et al., 2002) e aumentar a tolerância a doenças (Green et al., 1999), além de favorecer seu estabelecimento frente a condições adversas, como salinidade (Giri & Mukerji, 2004) e estresse hídrico (Ruiz-Lozano et al., 2001).

Dentre os microrganismos com comprovado potencial de benefício para as plantas, tem-se as bactérias do gênero *Rhizobium* (Bala et al., 2003), e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Rao & Tak, 2002). Esses microrganismos podem melhorar o desenvolvimento de mudas em viveiros, deixando-as mais resistentes quando forem levadas a campo.

Bactérias do gênero *Rhizobium* formam simbiose com espécies de leguminosas arbóreas, realizando a fixação do N₂ atmosférico e suprindo a planta com este elemento (Souchie et al., 2005). Franco & Faria (1997) relatam que a presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aumenta a capacidade de espécies leguminosas arbóreas fixadoras de N₂ absorverem nutrientes, principalmente fósforo, e água do solo.

Diante do exposto, verifica-se que a utilização de recipientes de resíduos agroindustriais prensados, associado à inoculação de rizóbios e fungos micorrízicos, pode trazer inúmeros benefícios à produção de mudas florestais e também ao meio ambiente. Entretanto, a associação destas práticas ainda não foi suficientemente estudada. Com isso,

este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas de três espécies florestais quando produzidas em blocos prensados, compostos por diferentes proporções de resíduos agroindustriais, e tubetes convencionais, e o efeito da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos sobre estas mudas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA *Acacia mangium*

De acordo com Rossi et al. (2003) o gênero *Acacia* possui mais de 1.300 espécies amplamente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo, e a maioria das espécies se encontra no hemisfério sul, sendo a Austrália é o principal centro de diversidade. A maioria das espécies produtoras de madeira é encontrada na Papua Nova Guiné (Lemmens et al., 1995).

Segundo Tonini & Vieira (2006), do gênero *Acacia*, a *Acacia mangium* é a espécie florestal mais cultivada, com uma área comercialmente explorada no planeta de aproximadamente 600 mil hectares. Atualmente, é a mais utilizada no Sudeste Asiático, principalmente na Indonésia e na Malásia.

Grande parte das espécies pertencentes a este gênero são arbustos ou pequenas árvores de savanas secas e de regiões áridas da Austrália, África, Índia e das Américas, mas há um grupo de espécies natural da região tropical úmida, que são adaptadas ao clima quente e úmido, característico desses locais. Crescem rapidamente, produzindo madeira densa, que pode ser utilizada de diversas maneiras (Rossi et al., 2003).

Para Marinho et al. (2004) a área de distribuição da acácia corresponde principalmente a zona de clima tropical úmido, com um curto período de seca no inverno e uma precipitação anual total elevada. Segundo Veiga et al. (2000) a espécie é uma leguminosa pioneira e vem despertando a atenção dos técnicos e pesquisadores pela rusticidade, rapidez de crescimento e, principalmente, por ser uma espécie nitrificadora.

Devido à sua competitividade inata, as acácias tropicais são fáceis de serem cultivadas. Em seu ambiente natural ocorrem em agrupamentos puros e densos, sugerindo que podem ser cultivadas em monoculturas sem problemas sérios de pragas e doenças (National Research Council, 1983).

A qualidade da madeira produzida em plantios da espécie é adequada à produção de papel, carvão e móveis (Lemmens et al., 1995). Devido à facilidade de

manuseio, é também muito utilizada na fabricação de painéis de madeira, construções em geral e utensílios para agricultura.

Segundo Barbosa (2002), na forma natural, a madeira da acácia é muito utilizada para produção de madeira serrada e lenha devido à densidade de sua madeira. Em plantios silviculturais existem estudos que podem levar ao aproveitamento de movelaria de baixo custo (Barbosa, 2002).

Apesar da espécie possuir aptidão para produção de mourões, construção civil, produção de carvão e outros produtos como aglomerados e compensados (Schiavo & Martins, 2003), o aproveitamento da madeira é direcionado, principalmente, para polpa de celulose (Balieiro et al., 2004) e na produção de energia (Mackey, 1996). Este autor relata valores de poder calorífico que variam de 20.000 a 20.500 kJ/kg, o que equivale a 4.800-4.900 kcal/kg. Esses valores tornam a acácia adequada para a produção de energia, sendo quatro vezes mais eficiente que o uso de madeira de espécies nativas, como é tradicionalmente empregado em olarias e fornos no estado do Amazonas (Azevedo et al., 2002).

O interesse sobre a espécie parte por ela apresentar significativa capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras (Andrade et al., 2000), sobretudo em solos pobres, ácidos e degradados produzindo elevada quantidade de madeira com baixa acumulação de nutrientes. Assim, a espécie destaca-se em programas de recuperação de áreas degradadas (RAD) e representa uma opção silvicultural para o Brasil (Balieiro et al., 2004).

Segundo Balieiro et al. (2004) sua ampla capacidade de adaptação é advinda de características como o rápido crescimento, baixo requerimento nutricional, tolerância a acidez do solo e compactação e a elevada taxa de fixação de N_2 , quando em simbiose com bactérias diazotróficas, que resultam em produções elevadas de biomassa e entrada de nutrientes, via serrapilheira, em áreas degradadas, podendo favorecer a sucessão vegetal nessas áreas.

Essa espécie apresenta também, de acordo com Marinho et al. (2004), grande potencial para aportar matéria orgânica, nitrogênio (N) e bases trocáveis no solo, além de produzir serrapilheira de baixa relação C/N.

De acordo com Rossi et al. (2003) é possível produzir mudas de acácia fazendo a semeadura em canteiros e cobrindo as sementes com uma leve camada de areia. Quando o primeiro par de folíolos emergir, as plântulas devem ser transplantadas para sacos

plásticos. A semeadura direta nas embalagens também é possível e, neste caso, recomendam-se duas a três sementes pré- tratadas, deixando-se apenas uma plântula por saco plástico, de preferência a mais vigorosa. Aproximadamente três meses após o transplante, as mudas podem ser levadas para o plantio definitivo (Azevedo et al., 1998). Ao final desse período, as plântulas terão entre 25 e 30 cm de altura.

2.2 A CULTURA DA *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.

A *Sesbania virgata* pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae. O gênero *Sesbania* é constituído por cerca de 500 espécies, com ocorrência nos trópicos e subtropicais (Shuguang et al., 2009). Ocorrem em diferentes ambientes como planícies, zonas úmidas e semiáridas (Sharma et al., 2005) e em formações campestres de quase todo o Brasil (exceto na região Norte), na Argentina, no Paraguai e no Uruguai (Ignaci & Miotto, 2010).

Para Santos et al. (1997) a espécie *S. virgata* ocorre naturalmente no Brasil, entretanto, segundo este autor, a maior ocorrência do gênero se dá no continente africano. No Brasil, distribui-se pelas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, apresentando intensa floração desuniforme em um mesmo indivíduo (Pott & Pott, 1994). Habita marcadamente matas de galerias em regiões tropicais e, segundo Potomati & Buckeridge (2002), associa-se com estágios iniciais de sucessão ecológica. A espécie ainda possui boa rebrota da cepa após corte ou incidência de fogo. Coutinho (2005) relata o significativo papel ecológico da espécie de apresentar simbiose radicular com rizóbios e de proporcionar boa disponibilidade de sementes.

O gênero *Sesbania* é caracterizado por possuir espécies tolerantes a solos pobres com alto índice de metais pesados, e elevado nível de adaptabilidade quando submetidas a estresses bióticos e abióticos (Sahi et al., 2007). Há espécies de sesbânia com o potencial para a utilização no consórcio com culturas anuais, como o arroz irrigado, por tolerar ambientes muito úmidos (Cummings et al., 2009).

De acordo com Delarmelina et al. (2014), para recuperação de áreas degradadas, de uma maneira geral, recomendam-se espécies de rápido crescimento, rústicas e fixadoras de N.

A sesbânia possui características viáveis para ser utilizada em áreas impactadas, por pertencer à família *Fabaceae*, sendo considerada uma espécie pioneira, arbustiva e semiperene, que possui a capacidade de estabelecer simbiose radicular com

rizóbio da espécie *Azorhizobium doebereineriae* (Florentino & Moreira, 2009), fixando N₂ atmosférico suficiente para o seu desenvolvimento.

De acordo com Chaves et al. (2003) o alto potencial para recuperação de áreas degradadas está associado à facilidade de propagação dessa espécie, no que se refere às altas taxas de crescimento e cobertura que é capaz de promover no solo. Pott & Pott (1994) relatam o sucesso na utilização desta espécie em ambiente ciliar. Segundo Coutinho (2003) ela é importante na recuperação de cavas de extração de argila, em função da frequência de ocorrência em cavas abandonadas; boa disponibilidade de sementes, e por fixar Nitrogênio.

Para Ferreira et al. (2015), na Região Nordeste, esta espécie era praticamente desconhecida há cerca de duas décadas, quando então começou a ser utilizada no reflorestamento de matas ciliares de rios e reservatórios., citando também que há relatos demonstrando alta especificidade entre *S. virgata* e seu microssimbionte, e em vários ecossistemas do sul de Minas Gerais, a ocorrência de *Azorhizobium doberaneae* foi relacionada com a ocorrência de *S. virgata*.

Segundo Araújo et al. (2004), a sesbânia é um arbusto que chega a alcançar seis metros de altura, com 25 cm de DAP e sua copa pode medir até cinco metros de diâmetro. Possui ciclo de vida curto, de oito a nove anos, capaz de competir com gramíneas, se desenvolvendo naturalmente em terrenos úmidos, bem adaptada a áreas alagáveis, podendo ser encontrada em margens de rios, lagos e represas, predominantemente em solos argilosos e arenosos.

Seus principais usos econômicos são o fornecimento de pasto apícola, lenha e forragem (Pott & Pott, 1994). Os frutos de *S. virgata* contêm entre duas e seis sementes com dormência física devido à impermeabilidade do tegumento à água (Araújo et al., 2004). Isso significa que, para que se inicie o processo germinativo, é necessária a superação dessa dormência. O método mais recomendado é o tratamento com ácido sulfúrico (Vari et al., 2007), que proporciona rápida escarificação, embora possa causar lesões no hipocótilo e na radícula se a exposição ao ácido ocorrer por tempo excessivo (Camargos et al., 2008).

2.3 A CULTURA DO *Eucalyptus grandis*

O eucalipto é uma árvore pertencente à família Myrtaceae, gênero *Eucalyptus* e tem sua origem da Austrália, Nova Guiné, Indonésia e Timor (Simões, 1968). O Gênero

Eucalyptus, com mais de 500 espécies, é o mais plantado no mundo. Em torno de 90 países usam este gênero em plantios comerciais, destacando-se entre os mesmos a Índia, África do Sul, China, Itália, Israel, Argentina, Chile, países Árabes e Brasil. No Brasil a primeira introdução data de 1868 (Moura & Guimarães, 2003). Porém, só a partir do início do século XX é que foi introduzido um significativo número de espécies deste gênero (Andrade, 1961).

O *Eucalyptus grandis* é a espécie florestal mais cultivada no Brasil (Souza et al., 2004), devido ao seu potencial produtivo e às características da madeira. Esta é utilizada para produção de celulose e papel, painéis de fibra e aglomerado, combustível industrial e doméstico e produtos de serraria (Soares et al., 2003).

Magela et al. (2012) afirmam que no Brasil a introdução do eucalipto iniciou-se em 1904, a partir dos trabalhos do engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade que buscava por uma espécie arbórea que atendesse as necessidades da Companhia Paulista de Ferro.

No Brasil, a década de 1970 foi marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento, que começaram ainda na década de 1960. Com esses incentivos foi possível ampliar consideravelmente o estoque de madeira nesses plantios (Bracelipa, 2009). Desde então se investiu em pesquisa sobre a silvicultura dessas espécies, consolidando seu uso em plantios comerciais. O Brasil detém hoje as melhores tecnologias na silvicultura do eucalipto, atingindo cerca de 60m³/ha de produtividade, em rotações de sete anos. Existem plantios comerciais de outras espécies, como acácia (*Acacia mearnsii*), Seringueira (*Hevea* spp.), teca (*Tectona grandis*), entre outras (SNIF, 2014).

As várias espécies do gênero *Eucalyptus* caracterizam-se por apresentar um rápido crescimento, facilidade no processo de propagação e possibilidade de uso múltiplo da madeira produzida (Simões, 1968). Além disso, possuem uma boa adaptação às condições climáticas brasileiras. Devido a essas características e vantagens, na década de 1950 o eucalipto passou a ser usado também como matéria-prima para a produção de celulose e papel (Garcia & Pereira, 2010).

O gênero *Eucalyptus* encontrou, no Brasil, as condições ideais para seu crescimento. A produtividade desses plantios em terras brasileiras chega a ser até dez vezes superior à de países como Finlândia, Portugal e Estados Unidos. Em algumas empresas florestais do País, que, na década de 70, produziam uma média de 20 m³/ha/ano, hoje é

possível atingir de 40 m³/ha/ano a 50 m³/ha/ano com o uso de material genético melhorado e das tecnologias atualmente disponíveis.

De acordo com Oliveira (2016) a floresta de eucalipto pode ser considerada de múltiplo uso, tanto em relação à madeira produzida quanto aos demais produtos advindos de suas flores, folhas e casca. A sua madeira pode ser utilizada nos mais diferentes usos, tanto na forma sólida como também como matéria-prima para a indústria de polpa e àquela dos painéis reconstituídos. Este mesmo autor afirma que o Brasil é um dos países de maior tecnologia no uso da polpa de eucalipto para produção de celulose. Isso agrega alto valor econômico a ele. Além disso, suas flores são utilizadas em pastos para abelhas. E floresce durante todo o ano, ao contrário da maioria das plantas.

Segundo Marques (2008) as principais espécies cultivadas atualmente no Brasil incluem o *Eucalyptus grandis*, o *Eucalyptus camaldulensis*, o *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla*. Além disso, foram desenvolvidos cruzamentos entre as espécies, resultando em híbridos, como é o caso do *Eucalyptus urograndis* (*E. grandis* X *E. urophylla*).

De acordo com Andrade et al. (2006) dentre as espécies de eucalipto, o *E. grandis* é a mais utilizado, ocupando 55% das áreas cultivadas com eucaliptos, seguido das espécies *E. saligna*, com 17%, *E. urophylla*, com 9% e *E. viminalis*, com 2%.

O eucalipto atende a diversas funções altamente benéficas ao meio ambiente, pois sequestra significativa quantidade de carbono da atmosfera (em média, 10 toneladas anuais de carbono por hectare, é fonte potencial de produção de fibras e bioenergia e contribui para a recuperação de áreas degradadas e marginalizadas (EMBRAPA, 2010).

No Brasil os sistemas de produção de mudas mais utilizados são: Mudas a partir de sementes e através do enraizamento de estacas (plantios clonais). No sistema onde as mudas são produzidas por sementes, estas podem ser obtidas de plantios comerciais, áreas de produção ou de pomares porta sementes melhorados geneticamente através de seleções.

2.4 USO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. No país, a área cultivada com cana-de-açúcar é de aproximadamente de 10,8 milhões de hectares de área cultivada, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional. São estimados mais de

5,7 milhões hectares cultivados de cana-de-açúcar com uma produção de 367,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (Unica, 2016). Estudos mostraram que 27% da massa total equivalem à massa de bagaço do substrato (FIESP, 2006).

Entre os resíduos agroindustriais com potencial de utilização como substrato, destaca-se o bagaço de cana. Estes resíduos encontram-se em alta disponibilidade nas regiões de cultivo de cana-de-açúcar e já foram testados com sucesso na produção de mudas de espécies florestais e frutíferas (Serrano et al., 2006). Barroso et al. (1998) também verificaram que o bagaço de cana-de-açúcar está entre os resíduos agroindustriais que apresentam alto potencial de utilização na produção de mudas.

Segundo Gonçalves et al. (2000), os substratos adequados para a propagação de mudas através de semente ou estaca podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80 % de um componente orgânico (bagaço de cana ou outros resíduos), com 20 a 30 % de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

As propriedades físicas de bagaço de cana foram caracterizadas por Silva et al. (2008) e estes concluíram que do ponto de vista das propriedades físicas, o bagaço de cana-de-açúcar apresenta boa estabilidade de partícula, que é uma característica desejável para substratos para plantas, pois possui valores de porosidade total considerados ideais (acima de $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), densidades e água disponível adequadas às plantas. Quanto ao tamanho das partículas, concluíram ainda que quanto menor a partícula maior a retenção de água pelo substrato.

Foi constatado por Aguiar et al. (1989) verificaram que o uso de bagaço de cana decomposto e carbonizado na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* promoveu resultados negativos quanto ao crescimento das mudas, quando comparado com outros substratos. E o bagaço de cana decomposto não proporcionou boa agregação do sistema radicular e conduziu a uma elevada porcentagem de falhas, mas a combinação de turfa com o bagaço de cana carbonizado resultou num substrato eficiente.

Biasi et al. (1995) avaliaram o efeito de misturas de turfa e bagaço de cana na produção de mudas de maracujá e tomate, e concluíram para ambos as culturas a mistura destes substratos (1:1) é mais indicada ao desenvolvimento destas, os autores ainda ressaltam que a turfa e o bagaço de cana sozinhos não são recomendados como substrato para a produção de mudas de tomate e maracujá-amarelo.

Aguiar et al. (1989) constataram bom estado de agregação em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substratos formulados a base de turfa palhosa combinada com bagaço de cana carbonizado, casca de arroz carbonizada, galho de eucalipto carbonizado, folha de eucalipto decomposta e vermiculita, na proporção de 50/50, superando a terra de subsolo quando combinada com os mesmos elementos.

O estudo de Silva et al. (2014) evidenciou que o bagaço de cana de açúcar não teve resultados satisfatórios, podendo ser mais bem avaliado se utilizá-lo com outro substrato, na germinação de genótipos de girassol.

O bagaço de cana-de-açúcar parece ser um material promissor para formulação de substratos por se tratar de um resíduo amplamente disponível e por manter estáveis suas características físicas por um período suficientemente longo para que possa ser utilizado na produção de mudas. Porém necessita de mais estudos que comprovem efetivamente os efeitos positivos de sua utilização como substrato para a produção de mudas.

De acordo com Fernandes (2012) a torta de filtro constitui em um dos mais importantes resíduos da indústria canavieira do país, produto que é resultado da filtração do caldo extraído do lodo do sedimentador que passa por um filtro rotativo. No começo da década de 80, era um resíduo produzido apenas no processo de fabricação do açúcar, mas, uma das novas tecnologias para as unidades foi a introdução do filtro rotativo. A torta de filtro é produzida na ordem de 2,5 a 3,5% de cana moída e apresenta elevada umidade, teor de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio.

Em sua composição encontra-se aproximadamente de 1,5 a 2,0% de fósforo e, por volta de 72% de umidade, que são importantes para garantir a brotação da cana em cultivos feitos em épocas de inverno nas regiões Sul e Sudeste do país. Apresenta também alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes. Em torno de 50% do fósforo pode ser considerado prontamente disponível e o restante é mineralizado mais lentamente (Piacente & Piacente, 2011).

A sua utilização como fertilizante orgânico após a compostagem é bastante difundida entre os produtores, e seu uso como substrato está sendo bem aceito, como observado nos resultados satisfatórios encontrados na produção de mudas de banana (Leal et al., 2005); eucalipto (Freitas et al., 2005), cana-de-açúcar (Morgado et al., 2000) e goiaba (Schiavo & Martins, 2002).

Para atender a essa expansão, mais áreas são cultivadas e, conseqüentemente maiores volumes de resíduos, como a torta de filtro, são gerados. Estes podem ser

utilizados na agricultura como fonte de nutrientes, reduzindo a contaminação ambiental e os custos com adubação. Cada tonelada de cana moída gera em torno de 40 kg de torta de filtro (Korndörfer, 2003).

A torta de filtro, composto basicamente orgânico, tem composição química variável e apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio, magnésio (Nunes Júnior, 2005), e expressivas quantidades de Fe, Mn, Zn e Cu (Cerri et al., 1988).

Morgado et al. (2000) realizaram um experimento com *Saccharum spp.* tendo como objetivo desenvolver uma nova metodologia de produção de mudas desta espécie, utilizando três resíduos agroindustriais prensados, como substrato. Foram estudadas diferentes proporções de bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro de usina e casca de coco na composição do substrato. O sistema de blocos prensados, de origem finlandesa, foi comparado ao sistema convencional. Os três resíduos mostraram condições de serem utilizados em mistura para o preparo de blocos prensados. Os blocos prensados de origem finlandesa e os preparados com bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro, misturados, respectivamente, nas proporções de 70 e 30 %, v v⁻¹, foram os mais adequados para a produção de mudas de *Saccharum spp.*

A produção brasileira de coco (*Cocos spp.*) está distribuída por quase todo o território nacional, com exceção dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em função das suas limitações climáticas durante parte do ano (Fontes et al., 2002). A fibra de coco (desfibrada ou prensada), e o pó de coco são considerados os substratos alternativos mais promissores. Esse material já está sendo empregado como substrato agrícola na produção de mudas de hortaliças (Silveira et al., 2002).

Diferentemente do coco maduro, as fibras do coco verde não são aproveitadas pelas indústrias de fibra, sendo as cascas descartadas em lixões ou aterros sanitários (Correia et al., 2003). Neste caso, o aproveitamento da casca de coco verde é viável por serem suas fibras quase inertes e terem alta porosidade. A facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade são outras vantagens adicionais apresentadas por este tipo de substrato.

Carrijo et al. (2002) citam que a fibra de coco verde poderá se tornar matéria prima importante na produção de substratos de boa qualidade para a produção de mudas ou em cultivos sem o uso do solo. A utilização da fibra de coco é viável por constituir um

material inerte e com alta porosidade, facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade são vantagens adicionais apresentadas por este substrato.

Para a obtenção da fibra e seu uso como substrato, a casca de coco passa por diversas operações como: corte, desfibramento, secagem, trituração, lavagem e, quando necessário, compostagem.

A casca de coco verde, subproduto do uso e da industrialização da água de coco, é depositada em lixões e às margens de estradas. É um material de difícil decomposição levando mais de oito anos para se decompor. Portanto, a utilização da casca do coco verde processada, além da importância econômica e social, é também importante do ponto de vista ambiental. Segundo Rosa et al. (2000) 80% a 85% do peso bruto do coco verde é considerado lixo.

A casca de coco verde pode apresentar níveis tóxicos de tanino, de cloreto de potássio e de sódio, cujos teores podem ser reduzidos com lavagem em água corrente de boa qualidade, livre de substâncias químicas e patógenos. Para diminuir a perda de fibras de granulometria pequena, realizar a lavagem das fibras longas, antes da trituração.

As propriedades físico-químicas da fibra de coco variam bastante em função da fonte de matéria prima e do seu processamento. Sánches (1999) apresenta resultados de vários autores onde pode ser visualizada essa grande variabilidade. As propriedades físico-químicas da fibra apresentam os seguintes valores médios: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS/m; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92; relação C/N=132; d = 70 g/L; porosidade total = 95,6%; retenção de água=538 ml/L; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8%.

Um substrato ideal deve possuir, entre outras características, uma porosidade acima de 85%, uma capacidade de aeração entre 10 a 30% e água facilmente assimilável de 20 a 30%. Portanto, as propriedades da fibra de coco conferem ao seu substrato características de boa qualidade.

A grande percentagem de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) e a pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fração prontamente atacada por microorganismos, conferem ao substrato de fibra de coco uma grande durabilidade (Noguera et al., 2000), sendo desta maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo como as ornamentais e florestais. É também ideal para o cultivo de hortaliças sem o uso do solo, pois não sofre o processo de degradação acelerado causado pelo intensa aplicação de água e fertilizantes.

Muitos produtores estão utilizando a fibra de coco em combinação com outros materiais na composição de substratos, mas bons resultados foram observados quando se utilizou a fibra sozinha para o cultivo de gérbera na Holanda, orquídeas e antúrios na Costa Rica e Brasil, cravos na Colômbia, entre outros (Pizzano, 2001). Allera et al. (2000), trabalhando com rosas cultivadas em vasos com fibra de coco e areia de diferentes granulometrias, observaram que as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram maior produção e melhor qualidade de colheita para comprimento e peso de haste. E as melhores taxas de enraizamento também foram observadas na fibra de coco.

Pryce (1991) e Prasad (1997), em experimentos para avaliar as propriedades físicas, químicas e microbiológicas da fibra de coco, observaram que a adição da fibra de coco ao pó de coco aumentou o espaço poroso, mas reduziu a capacidade de retenção de água. Assim, proporções da mistura de fibra de coco ao pó de coco devem ser determinadas em testes preliminares para se obter a proporção ideal que aumente a porosidade sem haver perda da capacidade de retenção de água do substrato.

Abad et al. (2002) relatam que a fibra de coco apresenta uma alta relação carbono/nitrogênio (C/N) quando comparada com a turfa, devido aos baixos teores de nitrogênio apresentado pela fibra de coco. A relação C/N da fibra de coco mencionada na literatura está em torno de 60:1, sendo variável de acordo com a fonte (Lemaire, 1997). Arenas et al. (2002) encontraram valores de relação C/N para fibra de coco de 117:1.

Portanto, o desfibramento industrial da casca do coco para a produção de substrato para plantas constitui uma solução bastante interessante, pois sua estrutura final granular intercalada por fibrilas caracteriza um substrato com alta porosidade e boa capacidade de retenção de água (Knapik, 2005).

A cama de aviário, também conhecida como cama de frangos ou esterco de aviário, é o material constituído pelas dejeções e penas de galináceos, restos de rações e pelo material orgânico absorvente da umidade usado sobre o piso do galpão (cepilho de madeira ou maravalha, palhas, cascas). Durante o ciclo de produção, as dejeções dos animais são misturadas ao material usado como substrato, e no final do ciclo, temos a cama de aviário que pode ser retirada ou reaproveitada no lote seguinte.

A utilização de adubo orgânico na produção de mudas, além de ser aceita em sistemas produtivos agroecológicos ou orgânicos, reduz o custo de produção por ser mais barato que fertilizantes minerais sintéticos e substratos comerciais. A cama de aviário, composta de biomassa vegetal (principalmente serragem e maravalha de madeira) e dejetos

de aves, é um adubo orgânico abundante no Sul do Brasil, pois a avicultura de corte é intensa na região, e apresenta baixo custo. Além de servir como fertilizante, a cama de aviário pode substituir parcialmente, como componente físico, o substrato necessário para a produção de mudas (Brugnara, 2014).

Edwards & Daniel (1992) citam diversos fatores que podem influenciar a composição física e química da cama de aviário. O mais importante é o número de lotes criados na mesma cama e o tipo e a quantidade de material que é utilizado como substrato. Além desses fatores, citam também a idade de abate dos animais, a densidade de confinamento, a conversão alimentar, o tipo de alimento dos frangos, a umidade do material absorvente, o tipo de piso e as condições climáticas ocorridas durante a criação.

Uma tendência geral para compor substratos para produção de mudas tem sido a adição de fontes de matéria orgânica, a qual contribui não só para o fornecimento de nutrientes, mas também para as características físicas do meio de cultivo. Entre os materiais freqüentemente utilizados como substrato, citam-se o bagaço de cana (Melo et al., 2003), composto orgânico (Trindade et al., 2001), cama de frango e moinha de café (Andrade neto et al., 1999), entre outros.

Várias combinações de substrato podem levar a resultados semelhantes, mas a escolha da melhor mistura deve levar em conta a disponibilidade e o preço dos componentes. Tanto a cama de aviário como o composto orgânico produzido com dejetos de suínos podem ser adquiridos com custo menor que substratos comerciais nas regiões onde são produzidos. Assim, além de servirem como fonte de nutrientes, a cama de aviário e o composto orgânico de dejetos de suínos poderiam substituir os substratos comerciais como componente físico, volumétrico, para suporte das plantas e armazenamento de água.

Há relatos na literatura de maior crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo com até 40 % de cama de frango em mistura com solo (David et al., 2008). Porém, seu uso em concentrações maiores como substituto de substratos orgânicos (puros ou em mistura) poderia reduzir o desenvolvimento do maracujazeiro devido à salinidade elevada (Cruz et al., 2006) e devido à decomposição, com formação de amônia e CO₂, alterações no pH e na temperatura (Tuomela et al., 2000).

2.5 RECIPIENTES PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS

Sabe-se que um dos fatores mais importantes para a qualidade de mudas florestais é o recipiente. Entre os mais usados encontram-se o saco plástico e o tubete de polietileno (Fonseca, 2005). Segundo Gomes et al. (1990), o saco plástico tem como vantagem maior disponibilidade no mercado, menor custo de aquisição e baixo investimento em infraestrutura na implantação dos viveiros. E, como desvantagens a dificuldade de mecanização nas operações, maior espaço ocupado na área de viveiro, maior intensidade das operações de manejo (Carneiro, 1995) e maior dificuldade de transporte para o campo.

Segundo Campinhos Junior & Ikemori (1983), os recipientes utilizados para a produção de mudas apresentam funções de conter o substrato, permitindo o crescimento e a nutrição das mudas; proteger as raízes de danos mecânicos e desidratação; estabelecer adequada formação das raízes e garantir máxima sobrevivência e crescimento inicial no campo.

De acordo com Barroso et al. (2000), no Brasil, a implantação comercial de povoamentos com *Eucalyptus spp.* é realizada, predominantemente, por meio de mudas produzidas em tubetes

Para Bonfim et al. (2009), os tubetes podem ocasionar uma menor taxa de desenvolvimento das mudas no viveiro, devido a restrição das raízes, por possuírem uma menor dimensão (54 cm³). Porém, nos viveiros de alta rotatividade, os produtores, em geral, têm utilizado tubetes de polipropileno (Moraes Neto et al., 2003), principalmente pela sua economia e automação do sistema de produção de mudas (Davide & Faria, 2008).

Mesmo com o avanço das técnicas de produção de mudas, ainda existem muitos problemas, sendo um dos principais o desenvolvimento do sistema radicular das mudas, em função das características dos recipientes utilizados (Mattei, 1999).

Os tubetes, segundo este mesmo autor, normalmente tem a vantagem de conter menor volume de substrato, diminuindo a área de preparo para produção das mudas, exige menor quantidade de mão de obra e maior facilidade de manejo. Além disso, Reis et al., (1991) mencionam que este recipiente evita o enovelamento das raízes devido ao mesmo ser suspenso e a poda ser natural.

No entanto, o reduzido volume de substrato e a necessidade de irrigações mais freqüentes tornam necessários maiores cuidados com a adubação. Além disso, a presença

de parede impõe severa restrição ao crescimento do sistema radicular das mudas, o que pode provocar, dependendo da espécie, estresse e deformações do sistema radicular após o cultivo (Reis et al., 1991). Como consequência, pode ocorrer diminuição da capacidade das plantas de absorverem água e nutrientes do solo e menores taxas de crescimento inicial no campo, principalmente quando cultivadas em locais de baixa fertilidade natural, como os encontrados em áreas degradadas (Fonseca, 2005).

Para a produção de mudas florestais nativas, em geral, os tubetes de pequeno volume (50 cm³ e 56 cm³) não são recomendados, devido ao tempo mais longo de produção (Gomes et al., 1990). Reis (2003) testou tubetes de 56 cm³, tubetes de 280 cm³ e sacolas plásticas de 330 cm³ para produção de mudas de *Schizolobium amazonicum* e concluiu que, tanto as mudas produzidas nos tubetes maiores, como as de sacolas plásticas apresentaram uma boa qualidade.

Gomes et al. (1990) atribuíram importância às dimensões, uma vez que o uso de recipientes maiores que os recomendáveis resultou em custos desnecessários de recursos materiais na produção de mudas de *Tabebuia serratifolia*, *Copaifera langsdorffii* e *Piptadenia peregrina*. Além disso, o diâmetro e altura dos recipientes, e a forma de manejo de produção das mudas devem variar com as características de cada espécie e respectivo tempo de permanência no viveiro.

Nos últimos anos, alguns autores (Morgado, 1998; Novaes, 1998; Barroso, 1999) testaram, com êxito, a viabilidade técnica da produção de mudas de essências florestais em blocos prensados que permite livre desenvolvimento do sistema radicular, sem qualquer parede que os possa confinar ou direcionar.

Nos países escandinavos, principalmente na Finlândia, esta técnica de produção de mudas, denominado sistema VAPO, é utilizada com bastante sucesso. São blocos secos, altamente higroscópicos, constituídos de turfa. Segundo Carneiro & Brito (1992), em mudas que são produzidas nestes blocos, as raízes desenvolvem-se numa posição natural, tanto a pivotante como as laterais. Durante o período de produção, os blocos permanecem em bandejas apropriadas, com fundo telado, e as raízes pivotantes sofrem poda natural. Na ocasião do plantio, as mudas são individualizadas, por meio de cortes longitudinal e transversal, ficando o substrato contendo a muda em forma de torrão. Tais cortes promovem a poda das raízes laterais e quando cultivadas, as raízes retomam o desenvolvimento na posição natural que possuíam nos blocos (Posse, 2005).

Carneiro & Parviainen (1988) compararam a qualidade de mudas de *Pinus elliotti* produzidas nestes blocos com as originárias de tubetes, potes de taquara e sacos plásticos. Constataram uma má formação do sistema radicular na produção de mudas em recipientes, que limitam o crescimento radicular, pois as paredes criam obstáculos ao crescimento natural das raízes. Estes autores também observaram que nos tubetes ocorreu uma rápida lixiviação da água de irrigação.

Novaes (1998) observou que aos seis meses após a semeadura, mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em blocos finlandeses, apresentaram maior crescimento da parte aérea e do sistema radicular, do que as provenientes de tubetes. Constatou também que, aos 24 meses após o plantio no campo, o crescimento em altura e diâmetro no nível do solo das plantas oriundas dos blocos foram significativamente superiores às de tubetes. Os índices de sobrevivência no campo, dois meses após o plantio, foram equivalentes. Morgado et al. (2000) verificaram, três meses após o plantio no campo, que mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em blocos prensados apresentaram maior crescimento inicial em altura e diâmetro no nível do solo, quando comparadas às de tubetes.

Leles et al. (2000) constataram que plantas de 10 meses de idade de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. pellita* oriundas de mudas produzidas em blocos prensados apresentaram maior altura e diâmetro no nível do solo, do que as de tubetes. O mesmo comportamento foi observado por Barroso et al. (2000) quando compararam o crescimento no campo de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em blocos prensados e tubetes. Segundo Leles et al. (2001) uma das possíveis explicações é que as plantas de blocos prensados apresentaram maior número de raízes laterais e menor coeficiente de deformação radicular do que as de tubetes.

Apesar de os trabalhos científicos evidenciarem a viabilidade técnica do sistema de blocos prensados, atualmente não existe uso em escala comercial, devido aos aspectos de logística, como a prensagem dos blocos e mecanização para individualização das mudas, além do transporte e plantio (Keller et al., 2009).

2.6 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS PARA QUALIDADE DE SUBSTRATOS

Substrato para plantas corresponde à matéria-prima ou mistura de matérias-primas que substituem o solo no cultivo, servindo de suporte para as mudas e ancoragem para as raízes e possibilitando o fornecimento de quantidades equilibradas de ar, água e

nutrientes. A dinâmica de cultivo em solo e em substratos é bastante distinta, devido, principalmente, às condições de contorno existentes no perfil do solo e nos recipientes de cultivo em substrato (Zorzeto, 2011).

Enquanto no solo há um perfil contínuo, nos recipientes o volume de substratos é limitado (Klein et al., 2002), o que define o espaço para o crescimento das raízes. Isso gera uma conseqüente necessidade para o adequado desenvolvimento das plantas: o substrato deve manter um volume adequado de ar e de água facilmente disponíveis (Bunt, 1961). Caso contrário, seu crescimento poderá ser comprometido, seja por asfixia das raízes por falta de oxigênio, por desidratação pela não retenção de água, por excesso, deficiência ou desequilíbrio das concentrações de nutrientes ou por outros problemas causados indiretamente pelos pontos supracitados, que tornam as plantas mais suscetíveis ao ataque de pragas ou doenças (Miner, 1994).

2.6.1 Propriedades físicas

Segundo Kampf (2008), as características físicas indispensáveis para a caracterização fundamental do material podem ser resumidas em: densidade volumétrica, porosidade e capacidade de retenção de água. A partir dessas propriedades é possível indicar a qualidade e sugerir usos e limitações dos substratos.

As densidades aparente e volumétrica expressam a relação entre a massa (incluindo o espaço de poros) e o volume de uma amostra de substrato. Quanto menor for o recipiente utilizado, menor deve ser a densidade do substrato nele disposto, pela limitação do espaço para o desenvolvimento das raízes e das plantas. Considera-se como referência para substrato utilizado em células e bandejas valores de densidade entre 100 e 300 kg m⁻³; para vasos de até 15 cm de altura, de 250 a 400 kg m⁻³; para vasos de 20 a 30 cm, de 300 a 500 kg m⁻³; para vasos maiores, de 500 a 800 kg m⁻³ (Fermino, 2002).

Entretanto, de acordo com o mesmo autor, a maior dificuldade relaciona-se com a variação da densidade volumétrica do material disposto no recipiente, por depender da pressão aplicada ao substrato, ou seja, da força que o agente imprime ao material no momento do seu preenchimento, além do próprio peso das partículas do substrato no momento da queda no recipiente e da umidade presente nas partículas. Quanto maior a umidade, mais pesado fica o substrato e menor volume ele ocupará, se for comparada à mesma massa com uma umidade menor.

O valor da densidade é importante também para a interpretação de outras características, como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (Fermino, 2003). A densidade de partícula, também denominada incoerentemente densidade real, expressa a relação entre a massa de material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo o espaço ocupado por poros. Considera-se que partículas minerais apresentam densidade de partícula de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ e de matéria orgânica, de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ (Fermino, 2003).

O método mais difundido para a avaliação da distribuição volumétrica de ar e água nos substratos agrícolas é o desenvolvido por De Boodt & Verdonck (1972). De acordo com esses autores, para a avaliação dos volumes de ar e água dos substratos devem-se analisar três valores de tensão, 10, 50 e 100 hPa (Corá & Fernandes, 2008). O volume de água retido no substrato na tensão 0 hPa define a porosidade total (PT) do substrato. A tensão 10 hPa determina o volume de ar presente no substrato após cessar a livre drenagem. Esse ponto foi definido em função da altura do recipiente, pois a maioria dos cultivos em substratos era realizada em recipientes com altura entre 10 e 15 cm (De Boodt & Verdonck, 1972). Assim, a diferença entre a PT do substrato e o volume de água retido a 10 hPa corresponde ao espaço de aeração (EA) do substrato (Corá & Fernandes, 2008).

A quantidade de água retida pelo substrato em um recipiente, depois de saturado e deixado drenar livremente, ou seja, o valor complementar à determinação do espaço de aeração, corresponde à capacidade de recipiente do substrato (Martínez, 2002). Esse conceito foi inicialmente definido por White (1964), e desenvolvido posteriormente por De boodt & Verdonck (1972). Representou uma etapa importante na época para a decisão da escolha do substrato de cultivo, a fim de se evitar asfixia da raiz devido à falta de oxigênio no meio. Esse conceito é análogo ao da capacidade de campo para solos, os quais se encontram nesse estado quando cessa a drenagem, depois de saturados com água.

Conhecer a capacidade de retenção de água de um substrato é importante, pois permite uma programação mais adequada do manejo da irrigação das culturas. É imprescindível esse conhecimento para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, pois espaço de aeração deficiente e alta retenção de água podem reduzir a oxigenação para as raízes e dificultar seu desenvolvimento (Ludwig et al., 2008).

Em condições ótimas, o substrato ideal deve apresentar entre 20 e 30% ($v v^{-1}$) de água facilmente disponível, entre 4 e 10% ($v v^{-1}$) de água de reserva e entre 24 e 40%

($v v^{-1}$) de água total disponível para as plantas (Abad et al., 1993). Existem determinadas forças, responsáveis pela retenção de água nos microporos dos substratos, que vencem a força da gravidade, como as forças capilares, que resultam da atração da água pelas superfícies de contato. De forma semelhante ocorre nos microporos de um meio de cultivo: quanto menor o tamanho da partícula e, portanto, o diâmetro dos poros, maior será a força de retenção de água por capilaridade.

A granulometria corresponde à distribuição das partículas de um material segundo seu tamanho, expresso como a porcentagem da massa de cada fração em relação à massa total seca ao ar. Esse conhecimento permite a manipulação dos substratos de forma que se consiga a melhor mistura ou o melhor material para diferentes tipos de cultivo e de necessidade das plantas, o que é possível devido às diferentes granulometrias e proporções entre macro e microporosidade que permitem também diferentes relações entre ar e água para o meio de crescimento (Burés, 1997).

De acordo com Fermino (2003), o tamanho de partículas inferior a 1 mm causa um decréscimo significativo na porosidade e um aumento na retenção de água. Já para Cadahia (1998), em geral, o melhor substrato é definido como um material de textura média a grossa, com distribuição de tamanho de poros entre 30 e 300 μm , pois, assim, haverá equilíbrio entre a água disponível e a aeração do ambiente de crescimento das plantas.

A porosidade total expressa o volume de substrato não ocupado por partículas e é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra, sendo variável com o passar do tempo do cultivo, devido à acomodação das partículas. Segundo Burés (1997) e Martínez (2002), a maior parte dos substratos utilizados no cultivo de plantas apresentam, além dos poros externos entre as partículas, também poros internos tanto fechados, ou seja, sem ligação com o meio, quanto abertos.

Os poros internos, por exemplo, apresentando em geral tamanho reduzido, permitem aos substratos reter água a tensões mais elevadas, determinada pela altura do recipiente (Burés, 1997). Além disso, pelo fato de as partículas não apresentarem tamanhos regulares e não serem esféricas, ao aumentar o tamanho das partículas, a porosidade tende também a aumentar. Entretanto, a mistura de partículas de diversos tamanhos pode diminuir a porosidade, devido ao efeito cimentante que ocorre quando partículas de menor tamanho se encaixam nos espaços livres formados entre as partículas de maior tamanho.

Há uma classificação para esses poros, estabelecida por Drzal et al. (1999), definida segundo sua função da seguinte forma: macroporos são aqueles maiores do que 416 µm e que não retêm água após saturação e livre drenagem, equivalendo portanto ao volume ocupado por ar; mesoporos equivalem ao conteúdo de água disponível, estabelecido como uma coluna de água equivalente à metade da altura de substrato e 30 kPa (300 hPa); microporos retêm água a tensões entre 30 kPa e 1,5 MPa, sendo essa considerada como a reserva de água para as plantas; e ultramicroporos caracterizam o espaço poroso que retém água em tensão maior que 1,5 MPa, considerada por esses pesquisadores como “água indisponível” para as plantas (Fermino, 2003).

A porosidade considerada ideal é de 85% (De boodt & Verdonck, 1972), e o espaço de aeração, de 20 a 40% do volume (Ludwig et al., 2008). Para a definição e determinação das propriedades físicas de substratos, é extremamente importante estabelecer métodos normalizados (Martínez, 2002), pois sendo o substrato para plantas um insumo, suas propriedades devem estar suficientemente caracterizadas na embalagem para que o comerciante saiba dar esclarecimentos sobre esse produto, o consumidor possa decidir de forma consciente por sua aquisição e uso e o poder público possa fiscalizar a veracidade da informação, quando necessário (Kampf, 2001).

Entretanto, apesar das especificações dos substratos terem sido normatizadas pela Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007), a caracterização física de substratos ainda é incipiente, já que mesmo as normas internacionais, há muito estabelecidas, não foram validadas pelos laboratórios brasileiros.

2.6.2 Propriedades químicas

As propriedades químicas dos substratos referem-se, principalmente, ao valor de pH, a capacidade de troca de cátions (CTC) e à salinidade (Araújo, 2003; Kämpf, 2005). O pH do substrato é de grande importância para o crescimento da planta devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, em especial, de microelementos (Handreck & Black, 1991). Por exemplo, em uma solução básica com pH acima de 8, o ferro (Fe^{3+}) precipita como hidróxido de ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) insolúvel, resultando na indisponibilidade do ferro para absorção pelas plantas (Epstein & Bloom, 2006). Segundo Araújo (2003), o nível adequado de pH em água no ambiente radicular deve ficar entre 5,0 e 6,0.

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução e fornece um parâmetro da estimativa da salinidade do substrato. O uso de substratos excessivamente ricos em nutrientes não é recomendado, uma vez que os sais solúveis podem prejudicar o crescimento das plantas (Graziano et al., 1995), enquanto que valores inadequados de pH, além de influenciar a disponibilidade de nutrientes (Carneiro, 1995), estão relacionados a muitos desequilíbrios fisiológicos (Waller & Wilson, 1983).

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um substrato é um mecanismo que auxilia na regulação do fornecimento de cargas positivas para a planta (Handreck & Black, 1991). Para Carneiro (1995) a CTC é uma valiosa informação do potencial de fertilidade de um substrato. Como muitos cátions existentes no substrato são nutrientes, a CTC expressa a potencialidade de armazenamento e fornecimento desses nutrientes às plantas (Kiehl, 1979, Carneiro, 1995). Quando o manejo adotado possui alta frequência de aplicação de fertilizantes, é recomendada uma capacidade de troca de cátions mais baixa, quase nula. Entretanto, com aplicações mais distantes, é desejável que os valores de CTC sejam mais elevados, possibilitando assim a retenção dos nutrientes no substrato e a sua liberação gradativa às plantas (Martínez, 2002).

Entre as propriedades químicas destaca-se também o teor de matéria orgânica. A matéria orgânica atua nos substratos melhorando diversas propriedades físicas e químicas (Menezes Junior, 2000). Os principais benefícios proporcionados pela sua adição em substratos são: aumento da capacidade de retenção de água, da porosidade total e do espaço de aeração e diminuição da densidade, além de servir como fonte e reservatório de nutrientes (Carneiro, 1995).

2.7 PARÂMETROS FITOTÉCNICOS DE MUDAS DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS

Apesar do êxito das plantações florestais depender, em grande parte, da qualidade das mudas utilizadas, a escolha dos parâmetros que avaliam essa qualidade ainda não está bem definida e, quase sempre, a sua mensuração não é operacional na maioria dos viveiros. A determinação dos parâmetros avaliativos das mudas baseia-se em aspectos fenotípicos, denominados de morfológicos, e/ou em aspectos fisiológicos, sendo a conjugação dos mesmos o mais recomendado (Gomes et al., 2002).

O padrão de qualidade de mudas varia entre espécies e, para uma mesma espécie, entre sítios. Almeja-se atingir uma qualidade em que as mudas apresentem características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente, mesmo que o plantio tenha sido efetuado em período de condições favoráveis (Carneiro, 1995). De acordo com o mesmo autor, os parâmetros de qualidade de mudas são fortemente influenciados pelas técnicas de produção e, em se tratando de mudas em recipientes, ainda tem a influência da forma, dimensões e do material que compõe a sua parede.

Dentre os parâmetros morfológicos, destacam-se altura da parte aérea, diâmetro de colo, peso de matéria fresca e seca (parte aérea e radicial) e área foliar (Chaves et al., 2003). Bonfim et al. (2009), avaliando qualidade de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens Tull.*), comprovaram que há relação entre as características morfológicas, quando saem do viveiro, e o seu desempenho no campo.

Os parâmetros morfológicos são mensurados de forma direta, mais simplificada e geralmente possuem menor demanda operacional, com maior facilidade na captura dos dados. Diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de mostrar que a classificação das mudas, com base nesses parâmetros, é importante, pois possibilita boa visualização e escolha antecipada das plantas superiores, visando à sua utilização nos cultivos, com melhor desempenho inicial (Fonseca, 2000).

A altura das mudas exerce importante influência na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio. Há limite mínimo e máximo, relacionados ao crescimento, que devem ser levados em conta na produção de mudas em viveiro, para que estas tenham um desempenho no campo considerado satisfatório. Paiva (2004) ressalta que o diâmetro de colo é um dos principais parâmetros utilizados para se estimar a sobrevivência de mudas de espécies florestais no campo, sendo que esse diâmetro deve ser compatível com a altura, para que seu desempenho no campo corresponda às expectativas (Carneiro, 1995).

A relação altura/diâmetro de colo (H/D) é uma característica que expressa o perfil morfológico da parte aérea. Se o valor de H/D for elevado, pode indicar que, na parte aérea, a partição da matéria seca privilegia o crescimento longitudinal, em detrimento do crescimento lateral. Se não houver, como contrapartida, um aumento do diâmetro de colo compatível com o crescimento em altura, a muda pode tombar. Por outro lado, um valor muito baixo de H/D, apesar de representar menor risco de tombamento, pode refletir a

formação de mudas em que o crescimento em altura é lento, comprometendo a competição no campo, com plantas infestantes.

De acordo com Carneiro (1995), esta relação H/D deve situar-se de forma intermediária, sendo que em casos de grande variação, torna-se preferível os menores valores, escolhendo mudas mais resistentes. A relação H/D pode refletir o acúmulo de reservas, assegurando maior rusticidade e melhor fixação no solo, que constitui mais um parâmetro usado para avaliar a qualidade de mudas florestais (Antunes, 2000).

Para dar suporte à massa verde produzida, também é necessário amplo desenvolvimento de raízes, o que é consequência da qualidade das sementes e do substrato (componentes físico, químico e biológico), dentre outros aspectos. É de suma importância a avaliação do sistema radicial de mudas, em adição ao estudo dos parâmetros morfológicos, para assegurar melhor desempenho no campo. Na realidade, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza intrínseca das mudas, no complexo ambiente-solo-água-planta (Carneiro, 1995).

De acordo com Paiva (2004), o peso de matéria seca da parte aérea das mudas é uma informação que indica rusticidade, influenciando positivamente na sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo. Entretanto, Carneiro (1995) não recomenda que a classificação da qualidade das mudas seja baseada apenas na avaliação do peso da fitomassa. Segundo esse autor, as mudas devem ser analisadas sob o aspecto fisiológico, que é um parâmetro que retrata com maior fidelidade, particularmente, a importância das raízes no desempenho inicial após o plantio. A análise da diferença de peso das matérias fresca e seca, em especial das raízes, pode ocasionar conclusões contraditórias.

O peso das raízes finas é quase sempre desprezível. Por outro lado, o grande número dessas raízes pode ter fundamental importância para a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas após o plantio, pois as raízes finas apresentam alta quantidade de pêlos absorventes, que têm a função de absorver água e nutrientes do solo. O ideal, portanto, é estabelecer associações entre as avaliações fisiológicas e outros parâmetros fitotécnicos (Carneiro, 1995).

Dentre os diversos parâmetros utilizados para avaliar qualidade de mudas, o índice de qualidade Dickson (IQD) também é um bom indicador, pois na sua interpretação é considerada a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes, empregados na avaliação da qualidade das mudas (Fonseca et al., 2002).

Sturion (1981) não recomenda que qualquer dessas variáveis seja avaliada isoladamente como critério de referência para a classificação de mudas. A classificação baseada apenas na altura, por exemplo, poderia indicar melhor qualidade para mudas com elevado crescimento em altura, porém fracas, que tendem ao tombamento no campo, ao passo que as mudas menores, porém mais resistentes, seriam desprezadas. Entretanto, as relações com base no peso de matéria seca, altura e diâmetro de colo podem apresentar, para mudas pouco desenvolvidas, valores semelhantes àqueles apresentados por mudas de melhor padrão.

2.8 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM ESPÉCIES FLORESTAIS

Espécies vegetais que formam simbiose com microrganismos fixadores de Nitrogênio podem dispensar total ou parcialmente a adubação nitrogenada e ainda contribuir para outras espécies consorciadas ou em sucessão, garantindo a auto-sustentabilidade do ecossistema com relação ao Nitrogênio. Estas espécies têm, em geral, maior concentração de Nitrogênio nos tecidos do que espécies não fixadoras (Sousa, 2007).

No caso das espécies arbóreas, a maior concentração de Nitrogênio associada à maior produção de biomassa (folhas, galhos, raízes, nódulos etc.) possibilita uma contribuição significativamente maior de matéria orgânica para o solo, com baixa relação Carbono:Nitrogênio. Além dos efeitos benéficos diretos da matéria orgânica sobre a fração mineral do solo (estabilização dos agregados, maior retenção de água etc.) evitando sua degradação, ocorre aumento da disponibilidade de Nitrogênio no ecossistema que pode ser utilizado por diversas espécies de microrganismos e de plantas, aumentando a diversidade biológica (Maschio et al., 1992).

Segundo Jacob Neto (1998) as leguminosas arbóreas que são encontradas em associação simbiótica com *Rhizobium* que fixam o nitrogênio atmosférico, tais como a *Acacia mangium*, podem estar sujeitas ao efeito da adição de Nitrogênio no processo de formação das mudas, bem como do local onde serão introduzidas. O nitrogênio pode afetar o processo de formação e desenvolvimento dos nódulos e conseqüentemente diminuir o potencial de fixação biológica de nitrogênio da espécie estudada.

Algumas leguminosas arbóreas tropicais têm sido apontadas como promissoras para programas de recuperação de solos degradados por excesso de metais, destacando-se a acácia (*Acacia mangium*) que é capaz de formar simbiose eficiente com *Bradyrhizobium*

(Marques et al., 2000). A sesbânia possui a capacidade de estabelecer simbiose radicular com rizóbio da espécie *Azorhizobium doebereineriae* (Florentino & Moreira, 2009). Há relatos demonstrando alta especificidade entre a sesbânia e seu microsimbionte (Florentino & Moreira, 2009). Em vários ecossistemas do sul de Minas Gerais, a ocorrência de *A. doberaneae* foi relacionada com a ocorrência de *S. virgata* (Florentino et al., 2009).

Deve-se ressaltar também o enorme potencial ainda não explorado de várias espécies nativas. Todas estas características tornam as árvores que fixam Nitrogênio através de simbioses em importantes componentes de sistemas naturais, agroflorestais, agrosilvipastoris. Verifica-se diante do exposto que a fixação de nitrogênio através da simbiose entre bactérias diazotróficas nodulíferas e leguminosas arbóreas é uma importante alternativa para aumentar a disponibilidade de nitrogênio no sistema solo-planta.

2.9 EFICIÊNCIA DA MICORRIZAÇÃO NA NUTRIÇÃO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS

O Brasil, devido às condições edafoclimáticas e avançado desenvolvimento na área de silvicultura, apresenta o maior programa de reflorestamento do mundo utilizando-se predominantemente o cultivo de árvores dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, os quais apresentam dependência de associação micorrízica para seu estabelecimento e desenvolvimento a campo (Moreira & Siqueira, 2006).

Dentre as inter-relações biológicas estabelecidas no ecossistema solo, as simbioses entre plantas e microrganismos heterotróficos, como o caso dos fungos micorrízicos, destaca-se pelos benefícios proporcionados à produção vegetal. Segundo Brady & Weil (2002), as micorrizas são consideradas a simbiose de maior expressão ecológica e econômica entre fungos do solo e raízes de plantas vasculares.

As ectomicorrizas e os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são aquelas que apresentam maior importância para as essências florestais. Há indícios de que os FMAs são importantes na fase inicial de desenvolvimento das espécies florestais. Embora a maioria dessas espécies seja colonizada pelos fungos ectomicorrízicos, na fase de plântula, são os FMAs que parecem desempenhar um importante papel na absorção de nutrientes. A micorrização produz modificações fisiológicas na planta hospedeira, resultando numa melhoria para o seu crescimento, desenvolvimento e resistência/tolerância

a estresses bióticos e abióticos (Barea et al. 2005), podendo ainda desempenhar uma multiplicidade de ações no sistema solo-planta (Fageria & Stone 2006; Rillig & Mummey 2006).

Para Santos (2001), em estudo realizado com cinco espécies de eucalipto, incluindo *Eucalyptus cloeziana*, observaram uma sucessão no tipo de colonização micorrízica, sendo inicialmente dominado por fungos FMAs e posteriormente por fungos ectomicorrízicos. Araújo et al. (2004) em seus estudos com fungos FMAs em *Eucalyptus cloeziana* verificaram grande suscetibilidade à formação de FMAs.

Quando o ambiente é estressante para a planta, com baixo suprimento de água e de nutrientes, particularmente de fósforo, geralmente tais simbioses garantem benefícios para a planta (Siqueira & Saggin Junior, 1992); porém, em altos níveis de fósforo, ocorre diminuição da colonização radicular, causando diminuição no crescimento (Siqueira & Saggin Junior 1992). Portanto, a efetividade simbiótica, definida como capacidade do fungo em promover o crescimento da planta hospedeira, é controlada pela eficiência do fungo, pela dependência da planta e modulada pelo ambiente (Siqueira, 1991).

Portanto, a inoculação de mudas florestais com FMA pode otimizar a obtenção de nutrientes, principalmente fósforo, pelas plantas, sem que seja necessário lançar mão de grandes quantidades de adubo, o que contribui para diminuir o custo total de produção de mudas (Souza et al., 2009). Entretanto, a eficiência simbiótica pode ser comprometida se o nível de fósforo for muito baixo na solução do solo (Souza & Silva, 1996), o que comumente ocorre nos solos tropicais. Além do mais, espécies pioneiras são mais responsivas ao fornecimento de fósforo, indicando a necessidade do suprimento adequado desse nutriente para o seu desenvolvimento (Resende et al., 1999). Então, mesmo inoculando as mudas, é necessária a aplicação de doses econômicas de adubo fosfatado no processo de produção das mudas e no plantio no campo.

Considerando-se a baixa fertilidade natural e o baixo potencial de inóculo de áreas a serem reflorestadas, a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, na fase de formação de mudas de espécies florestais, é fundamental para o sucesso de programas de reflorestamento (Jasper et al. 1991). Na fase de formação das mudas de embaúba observou-se que as plantas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) apresentaram maior crescimento em altura, já aos 60 dias de idade, e maiores diâmetro e altura aos 120 dias, diferindo significativamente das plantas sem inoculação.

Segundo Carneiro et al. (2004) a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, aliada à ausência de aplicação de P_2O_5 , favorece o aumento do diâmetro, da área foliar e da matéria seca da parte aérea das plantas de embaúba transplantadas para o campo, aumentando o seu vigor e facilitando o seu estabelecimento no ambiente.

A inoculação de microrganismos benéficos em plantas tem sido empregada para melhorar seu desenvolvimento (Caravaca et al., 2002) e aumentar a tolerância a doenças (Green et al., 1999), além de favorecer seu estabelecimento frente a condições adversas, como salinidade (Giri & Mukerji, 2004) e estresse hídrico (Ruiz-Lozano et al., 2001).

De acordo com Rao & Tak (2002) os micorrízicos arbusculares (FMAs) podem beneficiar o desenvolvimento de mudas em viveiros, maximizando a capacidade de estabelecimento dessas mudas em campo.

2.10 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.

ABAD, M.; NOGUERA, P.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A.; NOGUERA, V. Physicochemical and chemical properties of some coconut coir dusts for uses as a peat substitute for containerized ornamental plants. **Bioresource Technology** v. 82 p. 241-245, 2002.

AGUIAR, I. B.; VALERI, S. V.; BANZATTO, D. A.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S. F. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. IPEF, Piracicaba, n.41/42, p.36-43, 1989.

ALLERA, C.; CASTELLO, S.; FARINA, E. Growth and flower production f rose plants cultivated in coconut fiber or in sand f different particle size. **Colture Protette**, v. 9. p. 95-99, 2000.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 24. p. 777-785, 2000.

ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Brasil de Rothschild, 1961. 660 p.

ANDRADE NETO, A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 270-280, 1999.

ANDRADE, W. F.; ALMEIDA, M.; GONÇALVES, A. N. Multiplicação *in vitro* de *Eucalyptus grandis* sob estímulo com benzilaminopurina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1715-1719, 2006.

ANTUNES, B. M. A. **Produção de mudas de espécies florestais**. In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: PR, p.125-150, 2000.

ARAÚJO, E. C.; MENDONÇA, A. V. R.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; SILVA, R. F. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 105-110, 2004.

ARAÚJO, W. P. Manejo da fertirrigação em mudas de alface produzidas em substrato. 2003. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico- IAC, Campinas.

ARENAS, M.; VAVRINA, C. S.; CORNELL, J. A.; HANLON, E. A.; HOCHMUTH, G. J. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. **Hort. Science**. v. 37, n. 2. p. 309-312, 2002.

AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B.; NEVES, E. J. M. Seleção e Manejo de Espécies Florestais para Fins Energéticos na Região de Iranduba, AM. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1998. 6 p.

AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B.; ATAYDE, C. M.; LIMA, R. M. B. Caracterização da Biomassa e de Propriedades Tecnológicas de Espécies Florestais com Potencial para Produção de Energia. 2002.

BALA, A.; MURPHY, P. J.; OSUNDE, A. O.; GILLER, K. E. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. **Applied Soil Ecology**, Columbus, v. 22, n.3, p.211-223, 2003.

BALIEIRO, F.C.; DIAS, L. E; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BARBOSA, R. I. Florestamento dos sistemas de vegetação aberta (savanas/cerrados) de Roraima por espécies exóticas. 2002. Disponível em: http://agroeco.inpa.gov.br/reinaldo/RIBarbosa_ProdCient_Usu_Visitantes/2002Acacia_TemasDiscussao_CEMAT. Acesso em: 28/10/2016.

BAREA, J. M.; POZO, M. J.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Microbial co-operation in the rhizosphere, 2005. **Journal of Experimental Botany**. v. 56, n.417, p. 1761-1778, 2005.

- BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; NOVAES, A. B.; LELES, P. S. S. Efeitos do recipiente sobre o desempenho pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *E. urophylla* S.T. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.3, p.291-296, 2000.
- BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; MARINHO, C. S.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; CARVALHO, A. J. C. Efeitos da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, n. 22, p. 433-441, 1998.
- BARROSO, D. G. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados com diferentes substratos. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 79p. 1999.
- BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. **Sci. Agric.**, Piracicaba, mai/ago, 1995.
- BONFIM, A. A.; NOVAES, A. B.; JOSÉ, A. R. S.; GRISI, F. A. Avaliação morfológica de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens* tull.) produzidas em tubetes e sacos plásticos e de seu desempenho no campo. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 33-40, 2009.
- BRACELPA. Associação Brasileira de Papel e Celulose. **Relatório Florestal 2009. Estatísticas Bracelpa.**
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and proprieties of soils.** 13 ed. Upper Saddle River, New Jersey, 2002, 960p.
- BRUGNARA, E. C. Cama de aviário em substratos para mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev. Bras. de Agroecologia.** v. 9. n. 3 p.21-30. 2014.
- BUNT, A. C. Some physical properties of pot-plant composts and their affect on plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 13, p. 322-332, 1961.
- BURÉS, S. **Sustratos.** Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p.
- CADAHIA, C. **Fertirrigacion** – Cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. 475 p.
- CALDEIRA, M. V. W.; MARCOLIN, M.; MOREAS, E.; SCHAADT, S. S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.3, p.311-323, 2007.
- CAMARGOS, V. N. Superação da dormência e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sesbania virgata*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1858-1865, 2008.

CAMPINHOS JR. E.; IKEMORI, Y. K. Nova técnica para produção de essências florestais. **IPEF**, v.23, n.1, p.47-52. 1983.

CARAVACA, F.; BAREA, J. M.; FIGUEROA, D.; ROLDAN, A. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reafforestation with *Olea europaea* subs *silvestris* through changes in soil biological and physical parameters. **Applied Soil Ecology**, Columbus, v.20, n.2, p.107-118, 2002.

CARNEIRO, J. G. de A.; BRITO, M. A. R. Nova metodologia para produção mecanizada de mudas de *Pinus taeda* L. em recipientes com raízes laterais podadas. **Floresta**, v.22, n.1/2, p.63-77, 1992. Curitiba.

CARNEIRO, J. G. de A., PARVIAINEN, J. V. Comparison of production methods for containerized pinus (*Pinus elliottii*) seedlings in Southern Brazil. **Helsinki Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja**. v.302, n.2 p.6-24, 1988.

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

CARNEIRO, M. C. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n.3, p.119-125, 2004.

CERRI, C. C.; POLO, A.; ANDREUX, F.; LOBO, M. C.; EDUARDO, B. P. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 1., características físicas e químicas. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.6, n.1, p.34-37, 1988.

CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbania em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 443-449, 2003.

CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. **Curva característica de retenção de água para substratos**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_21.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2016.

COUTINHO, M. P. Crescimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers em cavas de extração de argila. Campos dos Goytacazes. 2003. 54f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense.

COUTINHO, M. P. Crescimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers em cavas de extração de argila. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 231-239, 2005.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, A. Q.; QUEIROZ, J. R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.275- -284, 2006.

CUMMINGS, S. P. Nodulation of *Sesbania* species by *Rhizobium* (Agrobacterium) strain IRBG74 and other rhizobia. **Environmental Microbiology**, Washington, p. 2510-2525, 2009.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. **Viveiros florestais**. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Produção de sementes e mudas de espécies florestais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p.83-124.

DAVID, M. A.; MENDONÇA, V.; REIS, L. L.; SILVA, E. A.; TOSTA, M. S.; FREIRE, P. A. Efeito de doses de superfosfato simples e de matéria orgânica sobre o crescimento de mudas de maracujazeiro 'amarelo'. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.3, p.147-152, 2008.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

DRZAL, M. S.; CASSEL, D. K.; FONTENO, W.C. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 1, n. 481, p. 43-53, 1999.

EDWARDS, D. R.; DANIEL, T.C. Environmental impacts of farm poultry residues disposal – A review. **Biores. Technol**, v. 41, p.9-33, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do eucalipto**. [S.l.], ago. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEuc>> Seção: Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura. Acesso em: 16 Dez. 2016.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Ed Planta, 2006. 403 p.

FAGERIA N.K., STONE L.F.. Physical, Chemical, and Biological changes in the rhizosphere and nutrient availability. **Journal of Plant Nutrition**, v.29 p.1327-1356, 2006.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C., (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70)

FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 81f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERNANDES, M. S. Avaliação da periculosidade e da secagem da torta de filtração em uma usina de açúcar e etanol. 75p. **Dissertação** (Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias). Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2012.

FERREIRA, L. V. ; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, G. C.; COSTA, E. M.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Crescimento e nodulação de *Sesbania virgata* com estirpes nativas e introduzidas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 327-334, out./dez. 2015.

FIESP/CIESP. **Ampliação da oferta de energia através da biomassa**. 2006. São Paulo: FIESP/CIESP. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/>. Acesso em: 25 Nov. 2016.

FLORENTINO, L. A.; GUIMARÃES, A. P.; RUFINI, M.; SILVA, K. E MOREIRA, F.M.S. *Sesbania virgata* stimulates the occurrence of its microsymbiont in soils but does not inhibit microsymbionts of other species. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 5, p. 667-676, 2009.

FLORENTINO, L. A.; MOREIRA, F. M. S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereineriae*, microssimbionte de *Sesbania virgata*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 215-226, 2009.

FONSECA, E. P. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. 113p, 2000. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – UNESP, Jaboticabal: SP.

FONSECA, F. A. produção de mudas de *Acacia mangium* wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas. 74p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2005.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. **Sistema de Produção para a Cultura do Coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 63p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 01).

FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. de. The contribution of nitrogen fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Orlando, v.29, n.5-6, p.897-904, 1997.

FREITAS, T. A. S. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.853-861, 2005.

GARCIA, J. N.; PEREIRA, M, G. **O Eucalipto e a pequena propriedade rural**. Piracicaba: ESALQ, 2010. 59p.

GIRI, B.; MUKERJI, K. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. **Mycorrhiza**, New York, v.14, n.5, p.307-312, 2004.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FREITAS, S. C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, v.14, n.1, p. 26-34, 1990.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização.** In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V., eds. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, IPEF, 2000. p.309-350.

GRAZIANO, T. T.; DEMATTÊ, J. B. I.; VOLPR, C. A.; PERECIN, D. Interação entre substratos e fertirrigação na germinação e na produção de mudas de *Tagedes patula* L. (Compositae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 78 - 85, 1995.

GREEN, H.; LARSEN, J.; OLSSON, P. A.; JENSEN, D. F.; JACOBSEN, I. Suppression of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* by mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in toot-free soil. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, p. 1428-1434, 1999.

HANDRECK, K; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf.** Kensington: New South Wales University Press, 1991. 401 p.

HARSTELLA, P.; PARVIAINEN, J.; TERVO, L. **Production of containerized seedlings by "box- pruning"- a description of the method and nursing experiences,** In: SEMINAR ON MACHINES AND TECHNIQUES FOR FOREST PLANT PRODUCTION, Trátanska Lomnica, Czechoslovakia, 1983. p.1-7.

IGNACI, J. R. V.; MIOTTO, S. T. S. **Sesbania in Lista de espécies da flora do Brasil.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB019125>. Acesso em: 26 jul. 2016.

JACOB-NETO, J.; GOI, S. R; SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. **Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p.104-110, 1998.

JASPER, D.; ABBOTT, A. L. K.; ROBSON, A. D. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, 118 (2): 471-476. 1991.

KAMPF, A.N. **Análise física de substratos para plantas.** Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 1, p. 5-7, 2001.

KAMPF, A.N. **Materiais regionais como alternativa ao substrato.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como

substrato, 6, 2008, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2.ed., 2005. 254p.

KELLER, L.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; COUTINHO, R. P.; NASCIMENTO, D. F. Sistema de blocos prensados para produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**. Viçosa, v.33, n.2, 2009.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A.; DIAS, S. T. **Metodologia para análise da retenção de água em substratos**. In: FURLANI, A.M.C., (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70)

KNAPIK, J.G. Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne. 2005. 163f. **Dissertação** (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias-UFPR, Curitiba.

KORNDÖRFER, G.H. Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, v.102, p.7, jun. 2003.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C. SOUZA, P. V. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**. v. 37 n.2. 2013.

LEAL, P. L. MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; SCHIAVO, J. A. Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira micorrizadas em diferentes recipientes. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 84-87, 2005.

LELES, P. S. S., CARNEIRO, J. G. A., BARROSO, D. G. E MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**. Viçosa. 24(1):13-20.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; NOVAES, A. B.; BARROSO, D. G. Crescimento e arquitetura radicular de plantas de eucalipto oriundas de mudas produzidas em blocos prensados e em tubetes, após o plantio. **Cerne**, v.7, n.1, p.10-19, 2001.

LEMAIRE, F. The problem of the biostability in organic substrates. **Acta hort**. v.450, p.63-69, 1997.

LEMMENS, R. H. M. J.; SOERIANEGARA, I.; WONG, W. C. Timber trees: Minor commercial timbers. **Plant Resources of South-East Asia**. v. 5, n.2. Backhuys Publishers, Leiden. 1995. 655 p.

LUDWIG, L.; FERNANDES, D. M.; SANCHES, L. V. C.; VILLAS BOAS, R. L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pínus e terra vermelha. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: Embrapa

Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008. Disponível em: < http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_2.pdf >. Acesso em: 5 dez. 2016.

MAGELA, M. L. M.; CAMARGO, R.; SOUZA, M. F. ALVES FILHO, A.; PAULA, C. O. Biossólido na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook). **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.8, n.14, p. 2, 2012.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007**. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa.

Disponível em:

<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17762>. Acesso em: 5 set. 2016.

MARINHO, N. F.; CAPRONI, A. L.; FRANCOLL, A. A.; BERBARAL, R. L. L. Respostas de *Acacia mangium* Willd e *Sclerolobium paniculatum* Vogel a fungos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia. **Acta Botânica Brasileira**, v.18 n.1 São Paulo, 2004.

MARQUES, D. **Guia do Eucalipto: Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. Conselho de Informações sobre biotecnologia. 2008. Disponível em: http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf. Acesso em: 12 nov. 2016.

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; MOREIRA F. M. S. SIQUEIRA J. O. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. **Pesq. Agropec. Bras.** v.35, p. 121-132, 2000.

MARTÍNEZ, P.F. **Manejo de substratos para horticultura**. In: FURLANI, A. M. C., (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70)

MASCHIO, L.M.A.; SCALZO, M.S.; GAIAD, S. GRIGOLETTI-JUNIOR, A. Bracatinga (*Mimosa scabrella*), eucalipto (*Eucalyptus viminalis*) e pinus (*Pinus taeda*) na recuperação da biodiversidade, a nível microbiológico, de solos degradados. In: Congresso Nacional de Essências Nativas, 2, Manaus, 1992. **Anais...** Manaus:INPA, 1992. p. 457-462.

MATTEI, V. L. Deformações radiculares em plantas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes quando comparadas com plantas originadas por semeadura direta. **Ciência Florestal**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 1999.

MELO, A. S.; BRITO, M. E. B.; GOIS, M. P. P.; BARRETO, M. C. V.; VIEGAS, P. R. A.; HOLANDA, F. S. R. Efeito de substratos orgânicos organo-minerais na formação de mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis*). **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 8, n. 2, p. 116-121, 2003.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000.

MINER, J.A. **Sustratos**: Propiedades y caracterización. Madrid, Barcelona e México: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

MORAES NETO, S. P.de et al. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 129-137, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2º Ed. Editora UFLA: Lavras, 2006. 729p.

MORGADO, I.F. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.709-712, out/dez 2000.

MORGADO, I.F. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Saccharum* spp. 1998. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF,102p.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN; 2003. (Comunicado Técnico, n. 85). National Research Council.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics**. National Academy Press, Washington D.C. 1983. 62 p.

NOGUERA, P; ABAD, M; NOGUERA, V; PURCHADES, R; MAQUIERA, A. Coconut coir residues, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, v.517, p. 279-286, 2000.

NOVAES, A.B. (1998) Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal), Curitiba – PR, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 118p.

NUNES JÚNIOR, D. O insumo torta de filtro. **IDEA News**, Ribeirão Preto, 2005.

OLIVEIRA, J. T. **O Eucalipto e suas utilidades**. Centro de produções técnicas. 2016. Disponível em: <http://www.cpt.com.br/cursos-produtosflorestais-agricultura/artigos/o-eucalipto-e-suas-utilidades>. Acesso em: 18 Dez 2016.

PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** – propagação sexuada. 3.ed. Viçosa: MG, UFV, 2004. 116p.

PIACENTE, E. A.; PIACENTE, F. J. **Desenvolvimento sustentável na agroindústria canavieira**: uma discussão sobre os resíduos. 2011. Disponível em: <http://www.cori.unicamp.br/IAU/completos/Desenvolvimento%20Sustentavel%20Agroindustria%20Canavieira%20uma%20discussao%20sobre%20os%20residuos.doc>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

PIZZANO, M. **Floriculture and the environment** – Growing flowers without methyl bromide. 2p, 2001.

- POSSE, S. C. P. Produção de mudas de mamoeiro: tratamento da semente, recipiente, substrato e condicionamento mecânico. 140p. **Tese**. (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF) Campos dos Goytacazes-RJ. 2005.
- POTOMATI, A.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of abscisic acid on the mobilization of galactomannan and embryo development of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Leguminosae – Faboideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 303-310, 2002.
- POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA/CPAP/SPI, 1994. 320 p.
- PRASAD, M. Physical, Chemical and Biological Properties of Coir Dust. **Acta Hort**, v. 450, p.21-30, 1997.
- PRYCE, A. Alternatives to Peat. **Acta Hort**, v.450, p.33-38, 1991.
- RAO, A. V.; TAK, R. Growth of different tree species and their nutrient uptake in limestone mine spoil as influenced by arbuscular mycorrhizal (AM) - fungi in Indian Arid zone. **Journal of Arid Environments**, Buenos Aires, v.51, n.1, p.113-119, 2002.
- REIS, G. G.; REIS M. G. F.; BERNARDO, A. L.; MAESTRI, M. Efeito da poda de raízes sobre a arquitetura do sistema radicular e o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v.15, n.1, p.43-54, 1991.
- REIS, J. L. Produção de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. em diferentes recipientes e substratos. 2003. 16p. **Monografia** (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.
- RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUINI, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p.2071-2081, 1999.
- RILLIG M.C., MUMMEY D.L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, 171: 41–53, 2006.
- ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P. de. **Água de coco: métodos de conservação**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 2000. 40 p.
- ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R. *Acacia mangium*. Manaus : EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2003. 29 p. (Documentos, 28).
- RUIZ-LOZANO, J. M.; COLLADOS, C.; BAREA, J. M.; AZCÓN, R. Arbuscular mycorrhizal symbiosis can alleviate drought-induced nodule senescence in soybean plants. **New Phytologist**, Cambridge, v.151, n.2, p.493-502, 2001.

SANTOS, D. R.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Fósforo, fungo micorrízico e rizóbio no crescimento, nodulação e fixação biológica do nitrogênio em *Sesbania virgata* (Cav.) e *Sesbania rostrata* (Bram). In: FERT' BIO. **Anais...** Caxambu, 1997. p. 772.

SANTOS, I.S. Fungos micorrízicos arbusculares em ambiente de mata atlântica e de eucaliptos na região de Entre Rios, Bahia. Salvador, 2001. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

SAHI, S. V. Accumulation speciation and cellular localization of copper in *Sesbania drummondii*. **Chemosphere**, Wallingford, n.67, p. 2257-2266, 2007.

SÁNCHEZ, F. P. Propriedades y características de los substratos. Turba y fibra de coco. In: FERNÁNDEZ, M. F.; GÓMEZ, I. M. C. (Ed.). Cultivo sem suelo II. Curso superior de especialización. p. 65-92. Almería, Espanha: Dirección Gen. de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía/FIAPA/Caja Rural de Almería. 1999. 590 p.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizobio em diferentes recipientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 8, n. 2, p. 173-178, fev. 2003.

SCHIAVO; J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas Com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em Substrato agro-industrial. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.519-523, agosto 2002.

SERRANO, L. A. L.; SILVA, C. M. M.; OGLIARI, J.; CARVALHO, A. J. C. de; MARINHO, C. S.; DETMANN, E. Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.487-491, 2006.

SHARMA, R. S. Diversity in a promiscuous group of rhizobia from three *Sesbania* spp. Colonizing ecologically distinct habitats of the semi-arid Delhi region. **Research in Microbiology**, Paris, n. 156, p. 57-67, 2005.

SHUGUANG, J.; WEIJUN, S.; YANG, Z. Enhanced adaptability of *Sesbania rostrata* to Pb/Zn tailing via stem nodulation. **Journal of Environmental Sciences**, Pequim, n. 21, p. 1135-1141, 2009.

SILVA, D. S.; SPIER, M.; SOUZA, P. V. D.; SCHAFER, G. Características físicas do bagaço de cana-de-açúcar para uso como substrato para plantas. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 20 **Anais**. Vitória-ES. 2008.

SILVA, V. F.; BRITO, K. S. A.; NASCIMENTO, E. C. S.; ANDRADE, L. O.; FERREIRA, A. C. Efeito de diferentes substratos na germinação de genótipos de girassol. **Revista Verde**, Pombal - PB, v 9. , n. 4 , p. 16 - 20, 2014.

SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, V. J. L. B.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; MESQUITA, J. C. P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.211-216, 2002.

SIMÕES, J. W. Métodos de produção de mudas de eucalipto. 1968. 71p. **Tese** (Doutorado em Agronomia)- ESALQ-USP, Piracicaba. 1968.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility. p. 240-280. In A. T. MACHADO, R. MAGNAVACA, S.; PANDEY; A. F. SILVA (Ed.). *Poc. Int. Symposium on Environmental Stress: maize in perspective*, 3. Embrapa - CNPMS, Sete Lagoas, Minas Gerais, 353 p. **Resumos**. 1992.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – **SNIF**. [S.I.], 2014. Disponível em: < <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. A.; VALE, A. B. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.689-694, 2003.

SOUCHIE, E. L.; AZCON, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Solubilização de fosfatos em meios sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1147-1152, 2005.

SOUSA, P. M. Potencial de uso da inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio: alternativa para aumentar a produtividade do feijão-caupi na agricultura familiar de Confresa, Mato Grosso. 122 p. **Dissertação** (Mestrado em microbiologia agrícola) Universidade Federal de Lavras- MG, 2007.

SOUZA, C.R. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, n.65, p.95-101, 2004.

SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.) *Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas*. Lavras: UFLA/DCS e DCF, 1996. p. 253-290

SOUZA, R. C.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, R. G.; SILVA, E. M. R.; MENEZES, L. F. T. Produção de mudas micorrizadas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 197-206, 2009.

STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo: PR, n.2, p.69-88, jun. 1981.

TONINI, H.; VIEIRA, B. A. H. Desrama, crescimento e predisposição à podridão-do-lenho em *Acacia mangium*. **Pesq. agropec. bras.** v.41 n.7 Brasília jul. 2006.

TRINDADE, A. V.; MUCHOVEJ, R. M. C.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Crescimento e nutrição de mudas de *Eucalyptus grandis* em resposta a composto orgânico ou adubação mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 276, n. 48, p. 181–194, 2001.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A; ITÄVAARA, B. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, Essex, v.72, n.2, p.169-183, 2000.

UNICA – **União da indústria de cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/> . Acesso em: 23 jun. 2016.

VARI, A. K. Seed coat imposed dormancy in *Sesbania* spp. and treatments to improve germination. **Seed Science and Technology**, Basserdorf, v. 35, n. 1, p. 318-325, 2007.

VEIGA, R. A. A.; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium*. **Cerne**. v. 6, n.1, p.103-107, 2000.

WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 51 - 57, 1983.

WHITE, J.M. **The concept of container capacity and its application to soil moisture fertility regime in the production for container crops**. Pennsylvania State University Park, USA, 1964.

ZORZETO, T. Q. Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* duch.). 96 p. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas-SP. 2011.

3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Acacia mangium* INOCULADAS COM RIZÓBIOS E FUNGOS MICORRÍZICOS EM BLOCOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

RESUMO

Um dos problemas das mudas produzidas em recipientes são as deformações radiculares. O método de produção em blocos preparados com material prensado apresenta, como principais vantagens, a possibilidade de desenvolvimento do sistema radicular sem deformações, a facilidade de manuseio das mudas durante o plantio e a redução nos custos de produção, devido à possibilidade de uso intensivo da mecanização. Este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas de *Acacia mangium* quando cultivadas em blocos prensados, compostos por diferentes proporções de resíduos agroindustriais, e em tubetes convencionais, e o efeito da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos sobre estas mudas. Para tal foi realizado um experimento onde se fez quatro compostos com diferentes proporções de bagaço de cana de açúcar, torta de filtro, fibra de coco e cama de aviário. Nos blocos prensados do substrato compostado selecionado foram plantados sementes de *Acacia mangium*. Esta foi inoculada com rizóbios e fungos micorrízicos específicos. Aos 70 dias após a semeadura foram avaliados a colonização micorrízica, nodulação, parâmetros fitotécnicos e nutricionais das mudas. E os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. Verificou-se que os blocos prensados de resíduos agroindustriais não proporcionam melhor desenvolvimento de mudas de *Acacia mangium* em relação ao tubete convencional. A inoculação com rizóbio, isoladamente ou associada com fungos micorrízicos arbusculares na fase de produção de mudas, proporciona melhor desenvolvimento da espécie *Acacia mangium*.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, microrganismos benéficos, produção sustentável.

ABSTRACT

PRODUCTION OF *Acacia mangium* SEEDLINGS INOCULATED WITH RHIZOBIA AND MYCORRHIZAL FUNGI IN BLOCKS OF AGROINDUSTRIAL RESIDUES

One of the problems of seedlings produced in containers is root deformation. The method of production in blocks prepared with pressed material presents, as main advantages, the possibility of development of the root system without deformations, the ease of handling of the seedlings during the planting and the reduction in the costs of production, due to the possibility of intensive use of the mechanization. The objective of this work was to evaluate the phytotechnical aspects of *Acacia mangium* seedlings when grown in pressed blocks, composed of different proportions of agroindustrial residues, and the effect of inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi on these seedlings. For that, an experiment was carried out in which four compounds with different ratios of sugarcane bagasse, filter cake, coconut fiber and aviary waste were made. In the pressed blocks of the selected composite substrate were planted seeds of *Acacia mangium*. This was inoculated

with rhizobia and specific mycorrhizal fungi. At 70 days after sowing, mycorrhizal colonization, nodulation, phytotechnical and nutrition parameters were evaluated. And the data were submitted to analysis of variance and test of comparison of means. It was verified that the pressed blocks of agroindustrial residues do not provide better development of *Acacia mangium* seedlings in relation to the conventional tube. Inoculation with rhizobia, alone or associated with arbuscular mycorrhizal fungi in the seedling production phase, provides better development of the *Acacia mangium* species.

Keywords: Utilization of waste, beneficial microorganisms, sustainable production.

3.1 INTRODUÇÃO

Entre as leguminosas arbóreas, a acácia (*Acacia mangium*) tem-se destacado nos programas de recuperação de áreas degradadas, principalmente pela rusticidade e adaptabilidade às condições adversas de solo e clima, pelo rápido crescimento, elevada produção de biomassa e capacidade de formar simbioses com microrganismos do solo (Colonna et al., 1991).

De acordo com Balieiro et al. (2004), a acácia apresenta ampla capacidade de adaptação também devido ao baixo requerimento nutricional, tolerância a acidez do solo e compactação e a elevada taxa de fixação de Nitrogênio, quando em simbiose com bactérias diazotróficas, que resultam em produções elevadas de biomassa e entrada de nutrientes, via serrapilheira, em áreas degradadas, podendo favorecer a sucessão vegetal nessas áreas.

A espécie possui vasto sistema radicular, o que promove maior agregação do solo e aumento da capacidade de retenção de água e sais minerais (Boni et al., 1994), além de apresentar capacidade de formar simbiose com micorrizas arbusculares e ectomicorrizas (Moreira et al., 2002).

Os programas de recuperação de áreas degradadas para o Brasil é um assunto relevante, e isso justifica a condução de pesquisas visando à qualidade de substrato para a produção de mudas mais vigorosas, mais resistentes às adversidades climáticas e a custos mais baixos. A qualidade das mudas é fundamental, pois ela influencia na percentagem de sobrevivência, na velocidade de crescimento e na produção final. Além disso, mudas de melhor qualidade, por terem maior potencial de crescimento, exercem um melhor controle da vegetação invasora, reduzindo os custos dos tratamentos culturais.

A crescente pressão ambientalista leva as indústrias a buscarem alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais. Os custos de construção e manutenção de aterros industriais e os riscos ambientais que estes podem representar têm

aumentado o interesse de vários tipos de indústrias em estudar a viabilidade de aplicação de resíduos na agricultura (Amaral et al., 1996).

De acordo com Morgado (2000), um dos problemas das mudas produzidas em recipientes são as deformações radiculares. O método de produção em blocos preparados com material prensado apresenta, como principais vantagens, a possibilidade de desenvolvimento do sistema radicular sem deformações, a facilidade de manuseio das mudas durante o plantio e a redução nos custos de produção, devido à possibilidade de uso intensivo da mecanização.

Sendo assim, a fim de buscar qualidade superior nas mudas de acácia, aproveitando os resíduos gerados pela agroindústria, e utilizando os microrganismos benéficos, este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros fitotécnicos de mudas de acácia cultivadas em blocos prensados de resíduos agroindustriais, e a eficiência da inoculação destas mudas com rizóbios e fungos micorrízicos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi realizado na estrutura física de uma empresa de paisagismo no município de Goianira-GO, que apresenta as coordenadas geográficas: latitude de 16°31'42,64"S, longitude 49°25'41,31"O e altitude de 754 metros. Apresenta precipitações médias anuais entre 1200 a 1800 mm, o período chuvoso estende-se de novembro a março e o período seco, de junho a agosto, com os meses de abril, maio e setembro representando os meses de transição. A temperatura máxima média é de 40° C e mínima média de 11° C (Sepin, 2003).

3.2.2. Preparo, caracterização do material e confecção dos blocos de resíduos agroindustriais

A pesquisa foi realizada em etapas, sendo a primeira delas a preparação dos resíduos agroindustriais para compor as misturas e a gerar os blocos prensados. Os materiais coletados foram: bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro, cama de aviário e coco verde. Os dois primeiros foram adquiridos em uma usina sucroalcooleira no

município de Goiatuba-GO, a cama de aviário foi adquirida em aviário no município de Itaberaí e o coco verde em parques da cidade de Goiânia-GO.

O preparo do substrato foi constituído por cinco etapas: limpeza, secagem, trituração, uniformização do comprimento de fibras e mistura dos materiais através do uso de betoneira. O bagaço de cana-de-açúcar foi processado no equipamento picador e triturador 2,0 cv, GT 2000 LDF, o coco verde foi triturado no equipamento CID- triturador de coco verde 5,0 cv, 3,7 kW e 60 Hz. Todos os materiais foram passados em peneira de 1,0 cm e misturados de acordo com as composições dos tratamentos (Tabela 3.1), e então colocados para compostar por 35 dias. Todos os tratamentos (compostos orgânicos) receberam aplicação de biocatalizador acelerador de compostagem na dose de 0,125 g/kg de substrato (Figura 3.1).

Tabela 3.1. Percentuais dos materiais na composição volumétrica do substrato.

Tratamentos	Bagaço de cana-de-açúcar	Casca de coco verde	Torta de filtro	Cama de aviário
1	50	30	20	00
2	60	20	10	10
3	70	00	30	00
4	50	00	00	50

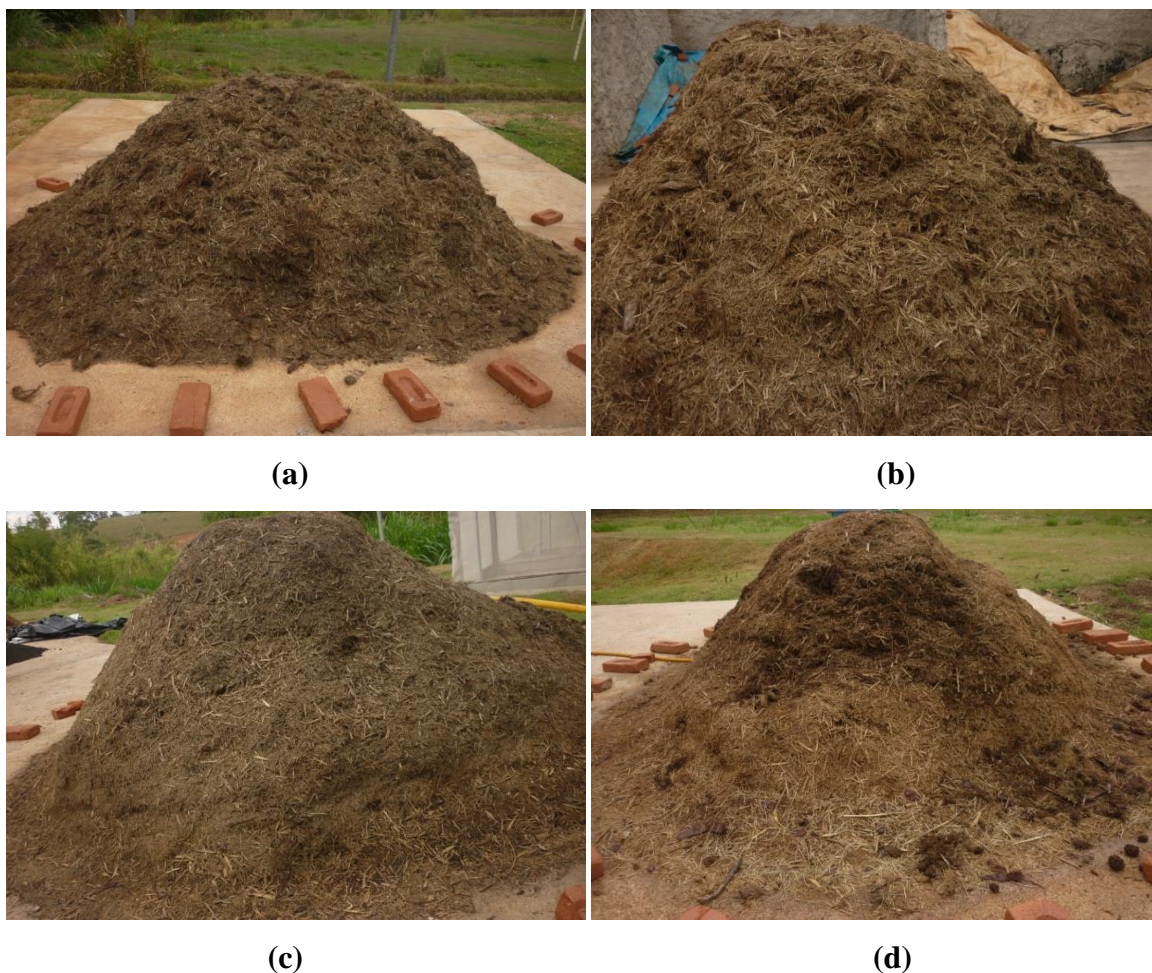


Figura 3.1. Processo de compostagem referente ao Tratamento 1 (a), Tratamento 2 (b), tratamento 3 (c) e tratamento 4 (d).

Foi realizada medição da temperatura das leiras em todos os tratamentos nas primeiras 96 horas em três pontos distribuídos aleatoriamente. As leiras de compostos foram umedecidas em dias alternados, assim como houve necessidade de revolvimento das mesmas para favorecer o processo de aeração semanalmente, durante a fase termofílica, e semanalmente até a maturação, seguindo a metodologia utilizada por Campos (1998).

Ao final do processo de compostagem, foram retiradas amostras dos quatro tratamentos (compostos orgânicos) e encaminhadas ao laboratório de análise de solos, foliar e de substratos da Universidade Federal de Goiás, para a determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos (Tabela 3.2).

A caracterização destes materiais permitiu a realização da seleção de um dos tratamentos como o material mais apropriado para a confecção dos blocos prensados de resíduos agroindustriais. Esta seleção foi realizada com base no maior teor de matéria orgânica e relação C/N mais próxima de 30. Segundo Haug (1993), a relação C/N ideal

para a compostagem é freqüentemente considerada como 30. Essa relação é indicada devido aos microrganismos responsáveis pelo processo de compostagem absorverem os elementos de carbono e nitrogênio em uma proporção de 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio.

O material que apresentou estes parâmetros mais próximos do recomendado por outros autores foi o tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário), com 190 g/Kg de matéria orgânica e relação C/N de 28,4. No tratamento 2, estes dois parâmetros apresentaram valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.

Parâmetros	Tratamento 1*	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Nitrogênio (g/kg)	17,5 a**	15,5 c	16,0 b	15,0 d
Fósforo total (g/kg)	25,0 b	11,0 c	6,0 d	36,0 a
Potássio (g/kg)	7,2 b	6,3 c	6,2 c	10,0 a
Matéria Orgânica (g/kg)	180,0 b	190,0 a	160,0 c	160,0 c
Umidade (g/kg)	750,0 a	750,0 a	740,0 b	600,0 c
Material Mineral (g/kg)	70,0 c	60,0 d	100,0 b	240,0 a
Relação C/N	23,9 b	28,4 a	22,3 b	15,5 c

*Tratamento 1: (50% de bagaço de cana-de-açúcar, 30% de casca de coco verde, 20% de torta de filtro e 0% de cama de aviário); Tratamento 2: (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário); Tratamento 3: (70% de bagaço de cana-de-açúcar, 0% de casca de coco verde, 30% de torta de filtro e 0% de cama de aviário) e Tratamento 4: (50% de bagaço de cana-de-açúcar, 0% de casca de coco verde, 0% de torta de filtro e 50% de cama de aviário);

**Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Três amostras foram coletadas para realizar a análise de caracterização do substrato selecionado (Tratamento 2) e os parâmetros avaliados foram: densidade úmida (g/l), densidade seca (g/l), densidade de partículas (g/ml), umidade (g/kg), matéria seca (g/kg), água facilmente disponível (%) e espaço de aeração (%).

Posteriormente, ocorreu a confecção dos blocos prensados, onde foi adicionado vermiculita ao substrato selecionado, posteriormente este foi umedecido e colocado em fôrma metálica de 30 cm x 58 cm e altura de 10 cm e levados para prensagem (15 kgf.cm⁻²), por 15 minutos para agregação do material. As fôrmas metálicas

apresentavam 50 cones na parte superior com 8 cm de altura, destinados a marcar os orifícios para a semeadura da essência florestal (Figura 3.2). Para a secagem dos blocos, os mesmos ficaram expostos ao ar livre, durante 24 horas.



(a)



(b)

Figura 3.2. Tampa da bandeja contendo cones para marcação dos furos no bloco de substrato (a), bloco de resíduos agroindustriais após a prensagem, contendo cinco linhas e dez colunas, totalizando 50 orifícios (b).

3.2.3. Produção de mudas de *Acacia mangium*

Na etapa posterior à confecção dos blocos de resíduos agroindustriais, ocorreu a produção de mudas de *Acacia mangium* nestes blocos e em tubetes plásticos. O

delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro tratamentos microbiológicos: Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA), Rizóbio, FMA + rizóbio e Controle, em dois recipientes: blocos prensados de resíduos agroindustriais e tubetes plásticos de 53cm³, com quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. Sendo cada parcela experimental constituída por 10 plantas.

Os blocos prensados continham cinco linhas com 10 orifícios cada, totalizando 50 orifícios (Figura 3.1). Em cada duas colunas (5 orifícios cada) foi cultivada uma parcela experimental (10 plantas) de cada tratamento, no mesmo bloco, totalizando oito colunas preenchidas pelos quatro tratamentos. As duas extremidades de cada linha foram desconsideradas. Sendo assim, tinham-se os quatro tratamentos em cada bloco prensado, e então foram utilizados quatro blocos (repetições).

O substrato utilizado para preencher os orifícios dos blocos prensados e também os tubetes plásticos do sistema convencional foi o substrato comercial Bioflora[®], adquirido em uma loja agropecuária. Estes foram dispostos em mesas de estrutura metálica.

Para a superação de dormência, as sementes de *Acacia mangium* foram imersas em água quente a 100° C por 1 minuto conforme Smiderle et al. (2005) & Souza et al. (2007). Após este procedimento, as sementes foram inoculadas com estirpes selecionadas de rizóbio (Br 3609 e Br 6009), da coleção pertencente à Embrapa Agrobiologia. Foi utilizada a proporção de 50 g de turfa, com concentração de 109 células g⁻¹ de turfa, para 10 Kg de sementes. A inoculação foi realizada após a imersão das sementes em 300 ml de solução açucarada 10% (p/v), misturando as sementes ao inoculante em um saco plástico. Em seguida as sementes foram colocadas em papel toalha para secar à sombra e em temperatura ambiente até obtenção de aderência do inoculante às sementes.

Antes da semeadura, o substrato comercial recebeu 6,0 g L⁻¹ de Osmocote de liberação lenta, contendo 13-09-12 (N-P-K) + Micronutrientes. Foram semeadas três sementes nos orifícios dos blocos de resíduos agroindustriais e nos orifícios dos tubetes plásticos, a 1 cm de profundidade. Aos 30 DAS foi realizado o desbaste das mudas deixando como remanescente a mais centralizada nos orifícios dos blocos de resíduos agroindustriais e dos tubetes, as quais apresentavam melhor crescimento da parte aérea.

Aos 40 DAS foi realizada a inoculação com fungos micorrízicos *Gigaspora margarita* Becker & Hall, com densidade de 15 esporos por grama, da coleção pertencente à Embrapa Agrobiologia, através de um orifício próximo ao sistema radicular.

3.2.4. Análises fitotécnicas

Como variáveis de avaliação da qualidade das mudas foram mensurados os dados fitotécnicos, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto no final do experimento (75 DAS). Para a medição dos mesmos foi utilizada régua de precisão e paquímetro digital, respectivamente.

Foram realizadas também ao final do experimento as análises destrutivas, em quatro plantas por repetição, sendo elas: nodulação e peso de matéria seca da parte aérea e radicial. No Laboratório de Biologia da Universidade Federal de Goiás, a parte aérea das plantas foi separada das raízes. A metodologia para avaliação de nodulação consistiu em realizar a contagem e a peso da matéria seca de nódulos. Os nódulos das raízes foram destacados, contados e secos em estufa a 65°C por 48 horas. Depois de secos foram pesados em balança de precisão para obtenção da peso da matéria seca dos nódulos (PMSN). Após a retirada dos nódulos, o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso de matéria seca radicial (PMSR) foi determinado, colocando a parte aérea e raiz em estufa a 65° C até obter peso constante, após esse período foram pesados em balança analítica. O peso de matéria seca total foi determinado somando-se o Peso de matéria seca da parte aérea e Peso de matéria seca radicial.

Com a obtenção dos dados também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro de coleto (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela seguinte fórmula (Dickson et al., 1960) :

$$IQD = \frac{PMST \text{ (g)}}{H \text{ (cm)} / DC \text{ (mm)} + PMSPA \text{ (g)} / PMSR \text{ (g)}}$$

Onde:

PMST = Peso de matéria seca total

H = Altura da parte aérea

DC = Diâmetro do coleto

PMSPA = Peso de matéria seca da parte aérea

PMSR = Peso de matéria seca da raiz

Outras quatro plantas de cada tratamento (Fungo Micorrízico Arbuscular (FMAs), Rizóbio, FMAs + rizóbio e Controle) foram coletadas 70 DAS nos blocos prensados de resíduos agroindustriais e nos tubetes. O sistema radicular foi separado da parte aérea. Após lavagem com água destilada, subamostras de 2,0 cm de comprimento das raízes foram coletadas e conservadas em álcool etílico 70% v/v para posterior determinação da porcentagem de colonização micorrízica, pelo método da intersecção em placas de Petri reticuladas (Giovannetti & Mosse, 1980), após a coloração das raízes com azul de metila.

Os teores de Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da parte aérea foram determinados de acordo com metodologia Embrapa (1997).

3.2.5. Análise estatística

Ao final do experimento, todos os dados foram agrupados e tabulados em planilhas e posteriormente as médias foram comparadas estatisticamente utilizando software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Constatando-se efeito significativo entre os tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias das variáveis analisadas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Caracterização do substrato

A caracterização do substrato selecionado para compor os blocos prensados é apresentada na Tabela 4.3. Observa-se que a média encontrada para densidade úmida ($876,11 \text{ g dm}^{-3}$) ficou acima dos valores encontrados por Scivittaro et al. (2007), os quais encontraram valores de 481 a 760 g dm^{-3} em substratos compostos por esterco bovino, ovinos e resíduos alimentares. Já de acordo com a classificação de Grolli (1991), onde valor de densidade considerado satisfatório para propagação de plantas varia de 170 a 1000 g dm^{-3} , o substrato avaliado neste trabalho está dentro do aceitável.

A densidade volumétrica expressa a relação entre a massa (incluindo o espaço de poros) e o volume de uma amostra de substrato. Quanto menor for o recipiente

utilizado, menor deve ser a densidade do substrato nele disposto, pela limitação do espaço para o desenvolvimento das raízes e das plantas (Zorzeto, 2011).

Já a densidade seca apresentou a média de $263,44 \text{ g dm}^{-3}$. Segundo a recomendação de Gonçalves & Poggiani (1996), o substrato se encontra dentro da faixa ideal, de 250 a 500 g dm^{-3} . Porém existem na literatura limites diversos para estes parâmetros. Segundo Bunt (1973), o valor ideal de densidade seca de substratos deve estar compreendido no intervalo de 400 e 500 g dm^{-3} . Petry (1999) propõe uma classificação um pouco mais ampla, variando de 350 a 500 g dm^{-3} . Segundo a classificação destes dois autores citados, o substrato avaliado neste trabalho se encontra abaixo da faixa ideal. Ferraz et al. (2005) avaliaram substratos comerciais comercializados no país e encontraram valores de densidade de 180 a 320 g L^{-1} . Um substrato com baixa densidade seca pode apresentar uma boa aeração e oxigenação das raízes das mudas, porém pode proporcionar uma baixa retenção de água, o que implica em irrigações mais frequentes.

A densidade seca do substrato é uma característica inversamente relacionada à porosidade. Assim, à medida que a densidade aumenta além da faixa recomendada, ocorre uma restrição ao crescimento das raízes das plantas (Singh & Sinju, 1998). Portanto, o baixo valor de densidade seca determinado para o substrato composto neste estudo pode não causar restrição mecânica ao crescimento radicular das plantas. Mas, por outro lado, pode ter comprometer a estabilidade das plantas, que ficam sujeitas ao tombamento.

Segundo Kampf (2000), quanto mais alta a densidade, mais difícil é o cultivo em recipiente, pela limitação no crescimento das plantas, pela dificuldade de penetração e desenvolvimento das raízes e pela redução no volume de poros. Entretanto, quanto mais baixa a densidade do substrato, mais difícil é o uso em recipientes grandes, devido a maior facilidade de tombamento.

A densidade de partículas encontrada foi de $1,76 \text{ g cm}^{-3}$. Este valor se encontra acima do valor estabelecido por Martinez (2002) como referência para substratos, onde se considera que partículas minerais apresentam densidade de partícula de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ e as de matéria orgânica, que é o caso do presente trabalho, de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$. Porém, apresentou valor semelhante ao encontrado por Zorzeto (2014), que para um substrato a base de fibra de coco granulada encontrou $1,74 \text{ g cm}^{-3}$. De acordo com este mesmo autor, a densidade de partículas expressa a relação entre a massa de material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo-se o espaço ocupado pelos poros. Portanto, essa

característica não é afetada pela granulometria dos substratos, mas pela composição de suas partículas.

Tabela 3.3. Resultados de análises físicas do substrato Tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário) que sofreram processo de compostagem.

Parâmetros	Média
Densidade úmida (g/l)	876,11
Densidade seca (g/l)	263,44
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	1,76
Umidade (g/kg)	699,3
Matéria Seca (g/kg)	300,70
Água facilmente disponível (%)	3,4
Espaço de aeração (%)	7,4

O teor de umidade encontrado foi de 699,3 g Kg⁻¹, com matéria seca de 300,70 g Kg⁻¹. Isso indica que o substrato tem capacidade de reter uma quantidade significativa de água. E também pode explicar a alta densidade úmida encontrada (876,11 g dm⁻³). Para serem utilizados como substrato, os compostos devem possuir boas propriedades físicas, tal como alta capacidade de reter a umidade e drenar o excesso de água (Corti & Crippa, 1998).

De acordo com Fermino (2003) o teor de umidade inicial do substrato tem influência na acomodação das partículas e, conseqüentemente, no volume de substrato dentro dos recipientes. Isto é particularmente observado em materiais com altos teores de matéria orgânica, como aqueles a base de turfa e cascas de Pinus (Wever & Eymar, 1999) e com intenso uso na horticultura (Michel & Rivière, 1999).

Para os mesmos autores, substratos com caráter hidrofóbico podem, depois de secos, requererem um longo tempo de reumedecimento, comprometendo o seu caráter físico. Ciclos de secagem e umedecimento podem modificar as curvas de retenção/liberação de água, levando a mudanças na estereometria dos poros (Burés, 1997). Para Fonteno (1993), as medições de porosidade são afetadas pela densidade de volume e

pelo conteúdo de umidade. Assim, medidas de porosidade podem ser obtidas apenas quando o conteúdo de umidade e a densidade são controlados.

Para determinação das propriedades físicas de substratos, a Federação dos Institutos para Pesquisas e Análises Agrícolas da Alemanha (Röber & Schaller, 1985) recomenda a utilização de amostras com 50% ($0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) de umidade ou corrigi-las, no momento da recepção, sem descaracterizá-las.

O substrato avaliado apresentou água facilmente disponível de 3,4 %. Segundo a recomendação de Fermino (2003) e Abad et al. (1993), a faixa considerada ideal para água facilmente disponível se encontra entre 20 e 30%. A partir desta recomendação, o substrato estudado apresenta um valor muito abaixo da faixa considerada como ideal, porém dentro da faixa considerada de bom desempenho por Fonteno et al. (1981) para o cultivo com irrigação frequente (até duas vezes ao dia). De acordo com Klein et al. (2000) o importante para o bom desenvolvimento das plantas é a água facilmente disponível.

Segundo Milks et al. (1989) a mudança nas variáveis que caracterizam o estado hídrico do substrato (porosidade total, espaço de aeração, água disponível e indisponível e capacidade de recipiente) é correlacionada com práticas culturais, pela mudança de determinadas variáveis de “intensidade” como a densidade de volume e distribuição do tamanho de partículas. Segundo Fonteno (1993) a modificação da densidade de volume tem efeito leve sobre a porosidade total, moderado sobre a capacidade de recipiente e um grande efeito sobre a água facilmente disponível.

O espaço de aeração apresentou o valor de 7,4%. Este valor ficou abaixo dos valores referenciais sugeridos em literatura, que situam-se entre 20 e 40% do volume (De Boodt & Verdonck, 1972; Penningsfeld, 1983). A escolha de um substrato com um determinado valor de espaço de aeração deve ser feita considerando-se a espécie cultivada, a frequência e o tipo de irrigação, e as características do ambiente de cultivo, se natural ou protegido (Bunt, 1984).

A compactação pode levar a uma diminuição da porosidade total e da capacidade de recipiente, mas observa-se um impacto muito maior na proporção entre macro e microporos. Na medida em que as partículas ficam muito mais próximas uma das outras, aumenta a proporção de microporos, diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água (Fermino, 2003).

3.3.2 Avaliação de nodulação

Na avaliação da nodulação verificou-se que esta aconteceu em todos os três tratamentos microbiológicos, quando foi utilizado o bloco prensado (Tabela 3.4). O tratamento micorriza + rizóbio e rizóbio se destacaram positivamente quanto ao número de nódulos e peso de matéria seca de nódulos. O fato de ter havido nodulação no tratamento micorriza pode ser explicado por uma possível contaminação do substrato, uma vez que os quatro tratamentos microbiológicos ficaram dispostos em um único bloco prensado. E também de outras contaminações provenientes do ambiente.

Quando utilizado os tubetes, apenas o tratamento rizóbio apresentou seis nódulos com peso de matéria seca de nódulos de 1,60 g.

De forma geral, nos tratamentos que nodularam houve um baixo número de nódulos (seis nódulos em média), comparado ao trabalho desenvolvido por Schiavo & Martins (2003) que encontraram uma média de 30 nódulos em plantas de sesbânia cultivadas em blocos prensados compostos por bagaço de cana e torta de filtro.

Tabela 3.4. Número de nódulos (NN) e peso da matéria seca de nódulos (PMSN) de mudas de *Acacia mangium* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
NN				
Tubetes	0,00Bb	0,00Bb	6,00Aa	0,00Ab
Bloco Prensado	6,00Aa	8,00Aa	3,00Bb	0,00Ac
PMSN (g)				
Tubetes	0,00Bb	0,00Ab	1,60Aa	0,00Ab
Bloco Prensado	2,80Aa	1,8Aa	0,90Ab	0,00Ab

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os baixos valores de número de nódulos encontrados para ambos os tratamentos podem ser explicados pela adição do fertilizante Osmocote de liberação lenta. Segundo Jacob Neto (1998) as leguminosas arbóreas que são encontradas em associação simbiótica com *Rhizobium* que fixam o nitrogênio atmosférico, tais como a *Acacia mangium*, podem estar sujeitas ao efeito da adição de N no processo de formação das mudas, bem como do local onde serão introduzidas. Esse N pode afetar o processo de formação e desenvolvimento dos nódulos e conseqüentemente diminuir o potencial de

fixação biológica de nitrogênio da espécie estudada. Ferreira et al. (2000), também afirmam que o aumento excessivo da disponibilidade de N mineral pode limitar a capacidade de fixação de N através da simbiose com *Rhizobium*.

Tavares et al. (2016) encontrou, aos 120 DAS, uma média de 22 nódulos em mudas de Acácia, quando inoculada com rizóbios, sem adição de N. De acordo com Deka et al. (2006) a combinação favorável dos fatores bióticos e abióticos presentes nos ecossistemas determina o sucesso da inoculação, sendo primordial o conhecimento das características dos microrganismos a serem introduzidos, sua adaptabilidade e capacidade competitiva. A eficiência dos microrganismos diazotróficos em fixar o dinitrogênio depende tanto dos fatores genéticos do micro e macrossimbionte como da interação destes com os fatores ambientais (Hungria & Vargas, 2000; Deka et al., 2006).

As interações como antagonismo e sinergismo bacteriano que ocorrem na rizosfera são bastante complexas e muito pouco estudadas. Vários fatores estão envolvidos, e os efeitos na sobrevivência do rizóbio e nodulação são muitas vezes correlacionados com a competição por substratos de carbono, produção de antibióticos, sideróforos ou substâncias estimuladoras do crescimento vegetal (Rumjanek et al., 1995). O estabelecimento bacteriano na rizosfera é uma condição fundamental para que o microrganismo possa interagir com a planta.

Quanto aos recipientes analisados nesta pesquisa, o sistema de blocos prensados se destacou em dois tratamentos microbiológicos quanto à nodulação, o que indica que pode haver uma contribuição da matéria orgânica, proveniente do bloco prensado, na sobrevivência destes microrganismos.

O fator mais importante na simbiose micorrízica é a disponibilidade de fósforo no solo. Andrade et al. (2005) observaram que o incremento de fósforo proporcionou redução do micélio extracelular, podendo gerar menores benefícios ao hospedeiro. Por outro lado, Neumann & George (2005) verificaram comportamento oposto. Tais contradições podem estar relacionadas com a planta hospedeira, com o endófito ou as devidas condições ambientais. Schiavo & Martins (2003), em trabalho com produção de mudas de *Acacia mangium* Willd, em substrato proveniente da indústria açucareira (torta de filtro), com elevado teor de fósforo, observaram efeito positivo da inoculação dos FMAs sobre a nodulação e o crescimento das plantas.

3.3.3 Colonização micorrízica

A colonização micorrízica apresentou, para o sistema em tubetes, diferença estatística entre todos os tratamentos microbiológicos (Tabela 3.5). Sendo o tratamento Micorriza o de maior valor (48%), seguido por Micorriza + Rizóbio (22%), Rizóbio (10%) e Controle (0%). Para o sistema de blocos prensados, com resultados semelhantes ao sistema de tubetes, o tratamento microbiológico que apresentou maior taxa de colonização micorrízica foi o Micorriza, seguido por Micorriza + Rizóbio, Rizóbio e por último o Controle onde não houve colonização.

Houve diferenças significativas também entre os diferentes sistemas de produção. Para o tratamento Micorriza + Rizóbio e Rizóbio, o bloco prensado apresentou maior colonização micorrízica. Já para o tratamento Micorriza, o sistema de tubetes apresentou maior taxa de colonização. Foi possível observar que o tratamento micorriza se destacou dos demais tratamentos, independentemente do recipiente utilizado. Entre os recipientes utilizados observa-se que o sistema de blocos prensados apresentou maiores valores para dois tratamentos microbiológicos (Micorriza + Rizóbio e rizóbio). Por esse motivo, propõe-se que houve um efeito positivo da matéria orgânica proveniente dos blocos prensados de resíduos agroindustriais, que proporcionou melhores condições para a sobrevivência e colonização dos fungos micorrízicos.

Tabela 3.5. Colonização micorrízica em raízes de mudas de *Acacia mangium* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Colonização micorrízica (%)				
Tubete	22,0Bb	48,0Aa	10,0Bc	0,0Ad
Bloco Prensado	24,0Ab	36,0Ba	18,0Ac	0,0Ad

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A *Acacia mangium* é considerada quanto à dependência micorrízica como altamente dependente (Colonna et al., 1991). Contudo, neste trabalho, ela apresentou taxas de colonização micorrízica relativamente baixa, de 22 a 48%, resultados também observados em vários trabalhos (Faria, 1995; Oliveira, 1995; Andreola et al., 1988). Na Embrapa Agrobiologia, taxas de colonização micorrízica para *Acacia mangium* acima de 50% para mudas a serem transplantadas para o campo são consideradas como altas taxas

Tavares et al., (2016), com base nesta informação pode-se dizer que o tratamento Micorriza apresentou valor bem próximo ao satisfatório (48%) no sistema de tubetes, mas no sistema de blocos prensados ficou abaixo do valor (36%).

Resultados semelhantes foram obtidos por Melloni et al. (2000) que encontraram efeito negativo de inoculação em limoeiro-cravo, quando inoculado com *Glomus clarum* no solo, com aplicação de fósforo em diferentes dosagens. Em mudas de eucalipto, em estudo feito por Schiavo et al. (2009), o maior valor em eficiência micorrízica foi observado na dose 0 de fósforo, decrescendo com o aumento das doses deste nutriente; na dose de 160 mg dm^{-3} de fósforo houve efeito depressivo da inoculação.

Dela Cruz et al. (1988), encontraram uma taxa de infecção micorrízica relativamente alta para a Acácia (63%) trabalhando com *Glomus fasciculatus* + rizóbio. Esta combinação inclusive proporcionou os melhores resultados em relação aos parâmetros fitotécnicos, como altura das plantas, diâmetro do coleto, concentração e conteúdo total de Nitrogênio e fósforo, peso dos nódulos secos.

3.3.4 Concentração de macronutrientes no tecido foliar

Quanto aos teores foliares de macronutrientes, observou-se na Tabela 3.6 que o fósforo foi o único nutriente que apresentou diferença entre os sistemas de cultivo, onde o sistema de tubetes apresentou maior valor para o tratamento Micorriza ($0,513 \text{ dag.kg}^{-1}$). Este valor está acima do encontrado por Schiavo et al. (2009), que foi de $0,423 \text{ dag.kg}^{-1}$ para tratamento micorrízico em acácia.

Diversos autores estudaram o efeito do fósforo no crescimento inicial das plantas, respostas à adubação fosfatada em programas de recuperação de áreas degradadas são relatadas na literatura a respeito de várias espécies (Renó, 1994; Fernandes et al., 2000).

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. O potássio não faz parte de nenhuma estrutura ou moléculas orgânicas na planta, como o nitrogênio e o fósforo (Meurer, 2006). A maior parte do cálcio no tecido vegetal está localizada nas paredes celulares atua também, na absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva, sendo essencial

o cálcio para que tal efeito não diminua a absorção de nutrientes, pois é indispensável à manutenção da estrutura das celulares (Vitti et al., 2006).

Tabela 3.6. Teores foliares de macronutrientes em mudas de *Acacia mangium* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Nitrogênio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	1,98Aa	2,04Aa	1,68Aa	1,82Aa
Bloco Prensado	1,62Aa	1,82Aa	1,68Aa	1,73Aa
Fósforo (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,613Aa	0,513Aa	0,368Aa	0,381Aa
Bloco Prensado	0,562Aa	0,381Ba	0,529Aa	0,529Aa
Potássio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	1,02Aa	1,10Aa	1,06Aa	1,12Aa
Bloco Prensado	1,06Aa	1,06Aa	1,08Aa	1,08Aa
Cálcio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	1,8Aa	1,8Aa	1,6Aa	1,3Aa
Bloco Prensado	3,1Aa	2,5Aa	2,4Aa	2,5Aa
Magnésio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,6Aa	0,5Aa	0,3Aa	0,5Aa
Bloco Prensado	0,7Aa	0,6Aa	0,5Aa	0,6Aa

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A função mais conhecida do magnésio é compor a molécula de clorofila, além disso, trabalha como ativador enzimático mais do que qualquer outro elemento (Mengel & Kirkby, 1987; Vitti et al., 2006).

No presente trabalho, os macronutrientes potássio, Cálcio e Magnésio não apresentaram diferença significativa entre os sistemas de cultivo, nem entre os tratamentos microbiológicos. Isso indica que o tratamento micorrízico não influenciou para uma maior absorção de P e outros nutrientes nas plantas.

Os teores de Nitrogênio apresentaram, em média, 1,80 dag.kg⁻¹. Schiavo et al. (2009) encontraram um valor próximo a este em mudas de acácia micorrizadas (1,93 dag.kg⁻¹) e 2,39 dag.kg⁻¹ para o tratamento controle. Os tratamentos rizóbio ou rizóbio + micorriza (Tabela 3.6) não proporcionaram incremento de Nitrogênio na parte aérea. Este fato pode ser explicado pelo baixo número de nódulos, ocasionado pela adição de N mineral ao substrato. Segundo Jacob Neto (1998) as leguminosas arbóreas que são encontradas em associação simbiótica com *Rhizobium* que fixam o nitrogênio atmosférico,

tais como a *Acacia mangium*, podem estar sujeitas ao efeito da adição de Nitrogênio no processo de formação das mudas, bem como do local onde serão introduzidas. Esse Nitrogênio pode afetar o processo de formação e desenvolvimento dos nódulos e conseqüentemente diminuir o potencial de fixação biológica de nitrogênio da espécie estudada.

3.3.5 Parâmetros fitotécnicos das mudas

Com relação aos parâmetros fitotécnicos, para a altura da planta, observa-se que no sistema de tubetes, o tratamento Micorriza proporcionou maior valor (9,2 cm), e o mais baixo foi no tratamento Rizóbio (7,0 cm). Já nos blocos prensados, não houve diferenças significativas entre os tratamentos microbiológicos. Entre os sistemas de cultivo, houve diferenças apenas para os tratamentos Micorriza e Controle, onde o sistema de tubetes proporcionou maiores valores (Tabela 3.7).

Bonfim et al. (2009), avaliando qualidade de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens Tull.*), comprovaram que há relação entre as características morfológicas, quando saem do viveiro, e o seu desempenho no campo.

A altura das mudas exerce importante influência na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio. Há limite mínimo e máximo, relacionados ao crescimento, que devem ser levados em conta na produção de mudas em viveiro, para que estas tenham um desempenho no campo considerado satisfatório. Observa-se que para este parâmetro, o sistema de tubetes se destacou em dois tratamentos microbiológicos.

Para o diâmetro do coleto (DC), no sistema de tubetes o maior valor foi para o tratamento Micorriza (1,27 mm), e no sistema de blocos prensados não houve diferença entre os tratamentos microbiológicos. Já entre os sistemas de cultivo, no tratamento Micorriza o sistema de tubetes apresentou maior valor (1,27 mm), e no tratamento Rizóbio o sistema de blocos prensados apresentou maior valor (1,25 mm). Os demais tratamentos não apresentaram diferença entre os sistemas de cultivo.

Tabela 3.7. Parâmetros fitotécnicos de mudas de *Acacia mangium* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Altura da planta (cm)				
Tubete	7,37Aab	9,20Aa	7,00Ab	7,52Aab
Bloco Prensado	6,70Aa	6,20Ba	6,40Aa	5,35Ba
Diâmetro do coleto (mm)				
Tubete	1,15Aab	1,27Aa	1,02Bb	1,01Ab
Bloco Prensado	1,06 Ab	1,11Bab	1,25Aa	0,96Ab
Relação H/DC				
Tubete	6,40 Aa	7,24 Aa	6,86 Aa	7,44 Aa
Bloco Prensado	6,32 Aa	5,58 Aa	5,12 Aa	5,57 Aa
Peso de matéria seca da parte aérea (g)				
Tubete	0,18Aab	0,17Ab	0,20Aa	0,08Bc
Bloco Prensado	0,09Bb	0,11Bb	0,13Ba	0,11Aab
Peso de matéria seca radicial (g)				
Tubete	0,06Aa	0,07Aa	0,05Aa	0,03Ab
Bloco Prensado	0,02Bb	0,02Bb	0,04Aa	0,02Ab
Peso de matéria seca total (g)				
Tubete	0,24 Aa	0,24 Aa	0,25 Aa	0,11Ab
Bloco Prensado	0,11Ba	0,13Ba	0,17Aa	0,13Aa
IQD				
Tubete	0,02Aa	0,02Aa	0,02Aa	0,01Aa
Bloco Prensado	0,01Aa	0,01Aa	0,02Aa	0,01Aa

* médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos microbiológicos nem entre os sistemas de cultivo. A relação altura/diâmetro de colo (H/D) é uma característica que expressa o perfil morfológico da parte aérea. Se o valor de H/D for elevado, pode indicar que, na parte aérea, a partição da matéria seca privilegia o crescimento longitudinal, em detrimento do crescimento lateral. Se não houver, como contrapartida, um aumento do diâmetro de colo compatível com o crescimento em altura, a muda pode tombar. Por outro lado, um valor muito baixo de H/D, apesar de representar menor risco de tombamento, pode refletir a formação de mudas em que o crescimento em altura é lento, comprometendo a competição no campo, com plantas infestantes.

Esta relação expressa o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, por conjugar estes dois parâmetros de uma só vez. Esta relação mostra que quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo. Segundo esse mesmo autor, a relação H/DC deve-se situar entre os limites 5,4 até 8,1 (Carneiro, 1995). Considerando estes valores, todos os tratamentos dos dois sistemas

utilizados neste trabalho encontram-se dentro do aceitável, com exceção do tratamento rizóbio, para o sistema de blocos prensados, que se situou um pouco abaixo do limite mínimo, com o valor de 5,12.

De acordo com Carneiro (1995), esta relação H/D deve situar-se de forma intermediária, sendo que em casos de grande variação, torna-se preferível os menores valores, escolhendo mudas mais resistentes. A relação H/D pode refletir o acúmulo de reservas, assegurando maior rusticidade e melhor fixação no solo, que constitui mais um parâmetro usado para avaliar a qualidade de mudas florestais (Antunes, 2000).

O peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) apresentou diferenças entre os tratamentos e sistemas de cultivo. Para o sistema de tubetes, o maior valor foi encontrado no tratamento Rizóbio (0,20 g), e o menor valor foi no Controle (0,08 g). Nos blocos prensados o tratamento Rizóbio também apresentou o maior valor. Já entre os sistemas de cultivo, o sistema de tubetes apresentou maiores valores para todos os tratamentos microbiológicos, com exceção do controle que foi maior no sistema de blocos prensados.

Foi possível observar que o tratamento rizóbio se destacou quanto a este parâmetro, independentemente do recipiente utilizado.

De acordo com Paiva (2004), o Peso de matéria seca da parte aérea das mudas é uma informação que indica rusticidade, influenciando positivamente na sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo. Entretanto, Carneiro (1995) não recomenda que a classificação da qualidade das mudas seja baseada apenas na avaliação do peso da fitomassa. Segundo esse autor, as mudas devem ser analisadas sob o aspecto fisiológico, que é um parâmetro que retrata com maior fidelidade, particularmente, a importância das raízes no desempenho inicial após o plantio.

O peso de matéria seca radicial (PMSR), no sistema de tubetes, o tratamento Controle se destacou negativamente dos demais. Já no sistema de blocos prensados, o tratamento rizóbio se diferenciou positivamente dos outros tratamentos com 0,04 g de Peso de matéria seca radicial enquanto os demais apresentaram 0,02 g. Entre os sistemas de cultivo, o sistema de tubetes apresentou maiores valores para os tratamentos Micorriza + rizóbio e Rizóbio.

Para dar suporte à massa verde produzida, também é necessário amplo desenvolvimento de raízes, o que é consequência da qualidade das sementes e do substrato (componentes físico, químico e biológico), dentre outros aspectos. É de suma importância a avaliação do sistema radicial de mudas, em adição ao estudo dos parâmetros

morfológicos, para assegurar melhor desempenho no campo. Na realidade, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza intrínseca das mudas, no complexo ambiente-solo-água-planta (Carneiro, 1995).

O peso das raízes finas é quase sempre desprezível. Por outro lado, o grande número dessas raízes pode ter fundamental importância para a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas após o plantio, pois as raízes finas apresentam alta quantidade de pêlos absorventes, que têm a função de absorver água e nutrientes do solo. O ideal, portanto, é estabelecer associações entre as avaliações fisiológicas e outros parâmetros fitotécnicos (Carneiro, 1995).

O peso de matéria seca total (PMST), no sistema de tubetes apresentou um valor significativamente inferior para o tratamento Controle. No sistema de blocos prensados não houve diferença entre os tratamentos. Já entre os sistemas de cultivo, o sistema de tubetes apresentou maiores valores para os tratamentos Micorriza + rizóbio e Rizóbio. Este parâmetro indica o desenvolvimento da muda como um todo, independentemente de maior crescimento da parte aérea ou raiz.

O Índice de Qualidade de Dickson não apresentou diferença significativa entre os sistemas de cultivo e nem entre os tratamentos microbiológicos. Dentre os diversos parâmetros utilizados para avaliar qualidade de mudas, o Índice de Qualidade de Dickson também é um bom indicador, pois na sua interpretação é considerada a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes, empregados na avaliação da qualidade das mudas (Fonseca et al., 2002).

Porém, de acordo com Sturion (1981), não é recomendado que qualquer dessas variáveis seja avaliada isoladamente como critério de referência para a classificação de mudas. A classificação baseada apenas na altura, por exemplo, poderia indicar melhor qualidade para mudas com elevado crescimento em altura, porém fracas, que tendem ao tombamento no campo, ao passo que as mudas menores, porém mais resistentes, seriam desprezadas. Entretanto, as relações com base no peso de matéria seca, altura e diâmetro de colo podem apresentar, para mudas pouco desenvolvidas, valores semelhantes àqueles apresentados por mudas de melhor padrão.

Após a análise de todas as variáveis de maneira integrada, comparando os dois recipientes, observa-se que para o tratamento rizóbio, o sistema de tubetes proporcionou maiores número de nódulos e Peso de matéria seca da parte aérea e o sistema de blocos

prensados se destacou quanto à taxa de colonização micorrízica e Diâmetro do coleto. No tratamento micorriza + rizóbio, o sistema de tubetes proporcionou maiores valores de Peso de matéria seca da parte aérea, Peso de matéria seca radicial e peso de matéria seca total. Já o sistema de blocos prensados se destacou para número de nódulos e taxa de colonização micorrízica. No tratamento micorriza o sistema de tubetes proporcionou maiores taxa de colonização micorrízica, altura de planta, diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca radicial, peso de matéria seca total e também maior teor de fósforo na parte aérea, e o sistema de blocos prensados se destacou apenas para o número de nódulos. E no tratamento Controle, o sistema de tubetes proporcionou maior altura de plantas. Já o sistema de blocos prensados apresentou maior peso de matéria seca da parte aérea. Os parâmetros que não foram apresentados não apresentaram diferença significativa entre os recipientes utilizados.

Comparando os tratamentos microbiológicos, observou-se que no sistema de tubetes, o tratamento micorriza se destacou quanto à porcentagem de colonização micorrízica, altura de plantas e Diâmetro do coleto, e o tratamento rizóbio se destacou quanto ao número de nódulos e Peso de matéria seca da parte aérea. Já no sistema de blocos prensados o tratamento micorriza se destacou para a taxa de colonização micorrízica, o tratamento rizóbio se destacou para diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca radicial; e o tratamento micorriza + rizóbio se destacou para número de nódulos.

De maneira geral, o sistema de tubetes proporcionou maiores valores para mais parâmetros do que o sistema de blocos prensados, independente do tratamento microbiológico. Entre os tratamentos microbiológicos, os que se destacaram foram o tratamento rizóbio e micorriza + rizóbio.

É importante salientar que tanto a relação H/DC quanto o Índice de Qualidade de Dickson, que são importantes parâmetros para a avaliação da qualidade de mudas, não apresentaram diferença significativa entre os recipientes utilizados, nem entre os tratamentos microbiológicos. Com base nisso e na análise geral dos parâmetros, fica demonstrado que os blocos prensados de resíduos agroindustriais utilizados neste trabalho não apresentam vantagens significativas ao tubete convencional para a produção de mudas de *Acacia mangium*.

3.4 CONCLUSÕES

A relação Altura / Diâmetro de coleto e Índice de Qualidade de Dickson não apresentam diferenças quando as mudas de *Acacia mangium* são cultivadas em blocos prensados de resíduos agroindustriais, em relação aos tubetes de polietileno.

Os blocos prensados de resíduos agroindustriais não proporcionam melhor desenvolvimento de mudas de *Acacia mangium* em relação ao tubete convencional.

A inoculação com rizóbio, isoladamente ou associada com fungos micorrízicos arbusculares na fase de produção de mudas, proporciona melhor desenvolvimento da espécie *Acacia mangium*.

3.5 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.

AMARAL, R. D.; BARROS, N. F. DE; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Efeito de um resíduo da indústria de zinco sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. **Revista Brasileira Ciência dos Solos**, v.20, p.433-440, 1996.

ANTUNES, B. M. A. **Produção de mudas de espécies florestais**. In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: PR, p.125-150, 2000.

BALIEIRO, F. de C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BUNT A. C. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. **Acta Horticulturae**, v. 150, p.143-153, 1984.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, n.38, p.1954-1965, 1973.

BURÉS, S. **Sustratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p.

CAMPOS, A. L. O. Avaliação Metodológica da Estabilização da Fração Orgânica Putrescível em uma Leira de Compostagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Dissertação de Mestrado**, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil, 1998.

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

COLONNA, J. P. Comparative effects of *Glomus etunicatum* and P fertilizer on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculate with *Rhizobium*. **Mycorrhiza**, v.1, p.35-38, 1991.

CORTI, C; CRIPPA, L. Compost use in plant nurseries: hydrological an physicochemical characteristics. **Compost Science and Utilization**, v.6, p.35-45, 1998.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DEKA A. K.; AZAD, P.; PATRA, S. C. Survival of *Rhizobium* in soil at different pH, temperature and moisture levels. **Ecol. Environ. Cons.**, New Delhi, v. 12, n. 1, p. 751-754, 2006.

DELA CRUZ, R. E.; MANALO, M. Q.; AGGANGAN, N. S.; TAMBALO, J. D. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. **Plant and Soil**, n. 108, p. 111-115, 1988.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 81f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F. BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 209-214, 2005.

FERREIRA, A. N.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, B. R, S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.

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

FONTENO W. C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Substrates in Horticulture. Acta Horticulture* 342:197-204. 1993.

FONTENO, W. C.; CASSEL, D. K.; LARSON, R. A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 6, p. 736-741. 1981.

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

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

GROLLI, P.R. Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas. **Dissertação de mestrado**. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 125 p.

HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**, Lewis Publishers . 717 p. 1993.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors impacting N₂ fixation in legumes grown in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crop. Bonn**, v. 65, n. 1, p. 151- 164, 2000.

JACOB-NETO, J.; GOI, S. R.; SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. **Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p.104-110, 1998.

KAMPF, A. N. Substrato. In: KAMPF, A. N. (Coord.) **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p.

KLEIN, V. A.; SIOTA, T. A.; ANESI, A. L.; BARBOZA, R. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v6, n.3, 2000.

MARTINEZ, P. F. **Manejo de substratos para horticultura**. In: FURLANI, A.M.C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.53-73. (Documentos IAC, 70)

MELLONI, R. Fósforo adicionado e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição mineral de limoeiro-cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck]. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 767-775, 2000.

MICHEL, J. C.; RIVIÈRE, L. M. Characterisation of the wettability of organic substrates (peat and composted bark) by adsorption measurements. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v. 1, p. 129-135, 1999.

MILKS, R. R.; FONTENO, R. A; LARSON, R. A. Hidrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.144, n.1. p.57-61,1989.

MORGADO, I.F. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.709-712, out/dez 2000.

PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** – propagação sexuada. 3.ed. Viçosa: MG, UFV, 2004. 116p.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den gartenbau besonders in Deutschland: ein kritischer überblick. **Plant and Soil**, The Hague, v.75, p.269-281, 1983.

PETRY, C. Cultivo do crisântemo. In: PETRY, C. (org.). Plantas ornamentais: aspectos para a produção. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. p.103-112.

RUMJANEK, N. G.; GAMA, A. S.; TRIPLETT, E. W. Bacteriocin production by bradyrhizobium strains. In: International Congress on Nitrogen Fixation, v. 10, 1995. Saint-Petersburg, Russia. **Abstracts**. p. 433, 1995.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 8, n. 2, p, 173-178, fev. 2003.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L .A. Avaliação nutricional de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava de extração de argila. **Acta Sci., Agron.** (Online) vol.31 no.4 Maringá Oct./Dec. 2009.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, K. F.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. **Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais**. Embrapa. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.58. Pelotas-RS. 2007.

SEPIN - Secretaria do Planejamento e do Desenvolvimento do Estado de Goiás – SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Informação – SEPIN. 2003. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/>. Acessado em: 13/01/2017.

SINGH, B.P.; SINJU, U.M. Soil physical and morphological properties and root growth. **Hort. Sci.**, Alexandria, v. 33, p. 966-971, 1998.

SMIRDELE, O. J.; MOURÃO JUNIOR, M.; SOUSA, R. C. P.. Tratamentos pré-germinativos em sementes de acácia. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.78-85, 2005.

SOUZA, E. R. B.; ZAGO, R.; GARCIA, J.; FARIAS, J. G.; CARVALHO, E. M. S.; BARROSO, M. R. Efeito de métodos de escarificação do tegumento em sementes de *L. diversifolia* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.3, p.142-146, 2007.

STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Mimosa scabrella* Bentham. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo: PR, n.2, p.69-88, jun. 1981.

TAVARES, S. R. L.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R. Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd noduladas e micorrizadas em diferentes substratos. **Holos**, v.4. 2016.

WEVER, G; EYMAR, E. Characterisation of the Hydrophysical and Mechanical Properties of Pressed Blocks for Transplanting. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.481, v.1, p.111-119, 1999.

ZORZETO, T. Q. Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). 96 p. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas-SP. 2011.

ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, N. F.; FERNANDES JUNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p.300-311, 2014.

4 PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sesbania virgata* INOCULADAS COM RIZÓBIOS E FUNGOS MICORRÍZICOS EM BLOCOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

RESUMO

Um dos problemas das mudas produzidas em recipientes são as deformações radiculares. O método de produção em blocos preparados com material prensado apresenta, como principais vantagens, a possibilidade de desenvolvimento do sistema radicular sem deformações, a facilidade de manuseio das mudas durante o plantio e a redução nos custos de produção, devido à possibilidade de uso intensivo da mecanização. Este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas de *Sesbania virgata* quando cultivadas em blocos prensados, compostos por diferentes proporções de resíduos agroindustriais, e em tubetes convencionais, e o efeito da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos sobre estas mudas. Para tal foi realizado um experimento onde se fez quatro compostos com diferentes proporções de bagaço de cana de açúcar, torta de filtro, fibra de coco e cama de aviário. Nos blocos prensados do substrato compostado selecionado foram plantados sementes de *Sesbania virgata*. Esta foi inoculada com rizóbios e fungos micorrízicos específicos. Aos 70 dias após a semeadura foram avaliados a colonização micorrízica, nodulação, parâmetros fitotécnicos e nutricionais das mudas. E os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. Verificou-se que o sistema de produção de mudas em blocos prensados, confeccionados com resíduos agroindustriais, proporciona melhor desenvolvimento de mudas de *Sesbania virgata*, em relação ao tubete convencional.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, microrganismos benéficos, produção sustentável.

ABSTRACT

PRODUCTION OF *Sesbania virgata* SEEDLINGS INOCULATED WITH RHIZOBIA AND MYCORRHIZAL FUNGI IN BLOCKS OF AGROINDUSTRIAL RESIDUES

One of the problems of seedlings produced in containers is root deformation. The method of production in blocks prepared with pressed material presents, as main advantages, the possibility of development of the root system without deformations, the ease of handling of the seedlings during the planting and the reduction in the costs of production, due to the possibility of intensive use of the mechanization. The objective of this work was to evaluate the phytotechnical aspects of *Sesbania virgata* seedlings when grown in pressed blocks, composed of different proportions of agroindustrial residues, and the effect of inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi on these seedlings. For that, an experiment was carried out in which four compounds with different ratios of sugarcane bagasse, filter cake, coconut fiber and aviary waste were made. In the pressed blocks of the selected composite substrate were planted seeds of *Sesbania virgata*. This was inoculated with rhizobia and specific mycorrhizal fungi. At 70 days after sowing, mycorrhizal

colonization, nodulation, phytotechnical and nutrition parameters were evaluated. And the data were submitted to analysis of variance and test of comparison of means. It was verified that the system of production of seedlings in pressed blocks, made with agroindustrial residues, provides better development of seedlings of *Sesbania virgata*, in relation to the conventional tube.

Keywords: Utilization of waste, beneficial microorganisms, sustainable production.

4.1 INTRODUÇÃO

Para recuperação de áreas degradadas, de uma maneira geral, recomendam-se espécies de rápido crescimento, rústicas e fixadoras de nitrogênio Delarmelina et al. (2014).

Segundo Florentino & Moreira (2009) a sesbânia (*Sesbania virgata*) possui características viáveis para ser utilizada em áreas impactadas, por pertencer à família *Leguminosae*, sendo considerada uma espécie pioneira, arbustiva e semiperene, que possui a capacidade de estabelecer simbiose radicular com rizóbio, fixando Nitrogênio atmosférico suficiente para o seu desenvolvimento. Além disso a *S. virgata* ainda associa-se com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), podendo favorecer a sobrevivência e desenvolvimento das plantas em condições adversas (Schiavo, 2005).

Sabe-se que para a implantação de programas florestais com povoamentos mais produtivos, é essencial que a produção de mudas seja de alto padrão de qualidade, as quais devem resistir às condições adversas encontradas no campo, após o plantio, formando árvores com crescimento desejável (Gomes, 2001).

Para se atingir este padrão de qualidade é necessário observar e selecionar bem o tipo de recipiente, substrato e fertilizante utilizados, além do manejo da irrigação. Estes devem possuir características que garantam o desenvolvimento das mudas em curto prazo, com maior vigor e baixo custo de produção (Antunes, 2000).

Entre os aspectos importantes no processo de produção de mudas, encontra-se a escolha do recipiente. Este, segundo Carneiro (1995), deve suportar e nutrir as mudas, proteger, hidratar e moldar suas raízes para maximizar a taxa de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio, além de facilitar o manuseio no viveiro e no plantio.

Segundo Hahn et al. (2006), os sacos plásticos e os tubetes são os recipientes mais adotados para a produção de mudas de espécies florestais nativas. No entanto, observa-se que, pelo custo de aquisição dos tubetes, bandejas e bancadas, esses recipientes

não têm sido utilizados pelos pequenos viveiristas ou nos viveiros temporários. Além disso, algumas espécies têm apresentado problemas de restrição radicular, provavelmente imposta pelas paredes dos tubetes (Keller et al., 2009).

Nos últimos anos, alguns autores (Morgado, 1998; Novaes, 1998; Barroso, 1999) testaram, com êxito, a viabilidade técnica da produção de mudas de essências florestais em blocos prensados que permite livre desenvolvimento do sistema radicular, sem qualquer parede que os possa confinar ou direcionar. Além disso, Morgado et al. (2000) ainda citam como benefícios a facilidade de manuseio das mudas durante o plantio e a redução nos custos de produção, devido à possibilidade de uso intensivo da mecanização.

A utilização dos resíduos da agroindústria, como componente de substratos orgânicos, minimizam o descarte a céu aberto ou em aterros sanitários, contribuindo para diminuir o seu acúmulo no meio ambiente. Dessa forma, obtém-se um material alternativo, de baixo custo e de fácil disponibilidade, que beneficia a reciclagem de nutrientes, melhora a produtividade e torna os sistemas agrícolas mais sustentáveis (Braga et al., 2008). Estes resíduos, além de servirem como substrato para a produção de mudas, podem ser utilizados na composição dos blocos prensados para a mesma finalidade.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de sesbânia, inoculadas com rizóbios e fungos micorrízicos, em blocos prensados de resíduos agroindustriais.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi realizado na estrutura física de uma empresa de paisagismo no município de Goianira-GO, que apresenta as coordenadas geográficas: latitude de 16°31'42,64"S, longitude 49°25'41,31"O e altitude de 754 metros. Apresenta precipitações médias anuais entre 1200 a 1800 mm, o período chuvoso estende-se de novembro a março e o período seco, de junho a agosto, com os meses de abril, maio e setembro representando os meses de transição. A temperatura máxima média é de 40° C e mínima média de 11° C (Sepin, 2003).

4.2.2. Preparo, caracterização do material e confecção dos blocos de resíduos agroindustriais

A pesquisa foi realizada em etapas, sendo a primeira delas a preparação dos resíduos agroindustriais para compor as misturas e a gerar os blocos prensados. Os materiais coletados foram: bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro, cama de aviário e coco verde. Os dois primeiros foram adquiridos em uma usina sucroalcooleira no município de Goiatuba-GO, a cama de aviário foi adquirida em aviário no município de Itaberaí e o coco verde em parques da cidade de Goiânia-GO.

O preparo do substrato foi constituído por cinco etapas: limpeza, secagem, trituração, uniformização do comprimento de fibras e mistura dos materiais através do uso de betoneira. O bagaço de cana-de-açúcar foi processado no equipamento picador e triturador 2,0 cv, GT 2000 LDF, o coco verde foi triturado no equipamento CID- triturador de coco verde 5,0 cv, 3,7 kW e 60 Hz. Todos os materiais foram passados em peneira de 1,0 cm e misturados de acordo com as composições dos tratamentos (Tabela 4.1), e então colocados para compostar por 35 dias. Todos os tratamentos (compostos orgânicos) receberam aplicação de biocatalizador acelerador de compostagem na dose de 0,125 g/kg de substrato.

Tabela 4.1. Percentuais dos materiais na composição volumétrica do substrato.

Tratamentos	Bagaço de cana-de-açúcar	Casca de coco verde	Torta de filtro	Cama de aviário
1	50	30	20	00
2	60	20	10	10
3	70	00	30	00
4	50	00	00	50

Foi realizada medição da temperatura das leiras em todos os tratamentos nas primeiras 96 horas em três pontos distribuídos aleatoriamente. As leiras de compostos foram umedecidas em dias alternados, assim como houve necessidade de revolvimento das mesmas para favorecer o processo de aeração semanalmente, durante a fase termofílica, e semanalmente até a maturação, seguindo a metodologia utilizada por Campos (1998).

Ao final do processo de compostagem, foram retiradas amostras dos quatro tratamentos (compostos orgânicos) e encaminhadas ao laboratório de análise de solos, foliar e de substratos da Universidade Federal de Goiás, para a determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos (Tabela 4.2).

A caracterização destes materiais permitiu a realização da seleção de um dos tratamentos como o material mais apropriado para a confecção dos blocos prensados de resíduos agroindustriais. Esta seleção foi realizada com base no maior teor de matéria orgânica e relação C/N mais próxima de 30. Segundo Haug (1993), a relação C/N ideal para a compostagem é frequentemente considerada como 30. Essa relação é indicada devido aos microrganismos responsáveis pela compostagem absorverem os elementos de carbono e nitrogênio em uma proporção de 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio.

O material que apresentou estes parâmetros mais próximos do recomendado por outros autores foi o tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário), com 190 g/Kg de matéria orgânica e relação C/N de 28,4. No tratamento 2, estes dois parâmetros apresentaram valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos. O Tratamento 2 foi selecionado por apresentar a melhor relação Carbono/Nitrogênio, maior teor de matéria orgânica e com maiores valores de material mineral.

Três amostras foram coletadas para realizar a análise de caracterização do substrato selecionado (Tratamento 2) e os parâmetros avaliados foram: densidade úmida (g/l), densidade seca (g/l), densidade de partículas (g/ml), umidade (g/kg), matéria seca (g/kg), água facilmente disponível (%) e espaço de aeração (%).

Posteriormente, ocorreu a confecção dos blocos prensados, onde foi adicionado vermiculita ao substrato selecionado, posteriormente este foi umedecido e colocado em fôrma metálica de 30 cm x 58 cm e altura de 10 cm e levados para prensagem (15 kgf.cm^{-2}), por 15 minutos para agregação do material. As fôrmas metálicas apresentavam 50 cones na parte superior com 8 cm de altura, destinados a marcar os orifícios para o preenchimento com o substrato e semeadura da essência florestal. Para a secagem dos blocos, os mesmos ficaram expostos ao ar livre, durante 24 horas.

Tabela 4.2. Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.

Parâmetros	Tratamento 1*	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Nitrogênio (g/kg)	17,5 a**	15,5 c	16,0 b	15,0 d
Fósforo total (g/kg)	25,0 b	11,0 c	6,0 d	36,0 a
Potássio (g/kg)	7,2 b	6,3 c	6,2 c	10,0 a
Matéria Orgânica (g/kg)	180,0 b	190,0 a	160,0 c	160,0 c
Umidade (g/kg)	750,0 a	750,0 a	740,0 b	600,0 c
Material Mineral (g/kg)	70,0 c	60,0 d	100,0 b	240,0 a
Relação C/N	23,9 b	28,4 a	22,3 b	15,5 c

*Tratamento 1: (50% de bagaço de cana-de-açúcar, 30% de casca de coco verde, 20% de torta de filtro e 0% de cama de aviário); Tratamento 2: (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário); Tratamento 3: (70% de bagaço de cana-de-açúcar, 0% de casca de coco verde, 30% de torta de filtro e 0% de cama de aviário) e Tratamento 4: (50% de bagaço de cana-de-açúcar, 0% de casca de coco verde, 0% de torta de filtro e 50% de cama de aviário);

**Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3. Produção de mudas de *Sesbania virgata*

Na etapa de produção de mudas de *Sesbania virgata*, o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro tratamentos microbiológicos: Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA), Rizóbio, FMA + rizóbio e Controle) em dois recipientes: blocos prensados de resíduos agroindustriais e tubetes plásticos de 53cm³, com quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. Sendo cada parcela experimental constituída por 10 plantas.

Os blocos prensados continham cinco linhas com 10 orifícios cada, totalizando 50 orifícios. Em cada duas linhas foi plantada uma parcela experimental (10 plantas) de cada tratamento, no mesmo bloco, totalizando oito linhas preenchidas pelos quatro tratamentos. As duas extremidades de cada linha foram desconsideradas. Sendo assim, tinha-se os quatro tratamentos em cada bloco prensado, e então foram utilizados quatro blocos (repetições).

O substrato utilizado para preencher os orifícios dos blocos prensados e também os tubetes plásticos do sistema convencional foi o substrato comercial Bioflora[®],

adquirido em uma loja agropecuária. Estes foram dispostos em mesas de estrutura metálica.

Para a superação de dormência, as sementes de *Sesbania virgata* foram colocadas em ácido sulfúrico concentrado durante três minutos. A seguir, foram lavadas com água destilada para retirar o excesso do ácido.

Após este procedimento, as sementes foram inoculadas com estirpes selecionadas de rizóbio (Br 5401 e Br 5412), da coleção pertencente à Embrapa Agrobiologia. Foi utilizada a proporção de 50 g de turfa, com concentração de 120 células g⁻¹ de turfa, para 10 Kg de sementes. A inoculação foi realizada após a imersão das sementes em 300 ml de solução açucarada 10% (p/v), misturando as sementes ao inoculante em um saco plástico. Em seguida as sementes foram colocadas em papel toalha para secar à sombra e em temperatura ambiente até obtenção de aderência do inoculante às sementes.

Antes da sementeira, todos os substratos receberam 6,0 g L⁻¹ de Osmocote de liberação lenta, contendo 13-09-12 (N-P-K) + micronutrientes. Foram semeadas três sementes nos orifícios dos blocos de resíduos agroindustriais e nos orifícios dos tubetes plásticos com 1 cm de profundidade.

Aos 30 DAS foi realizado o desbaste das mudas deixando como remanescente a mais centralizada nos orifícios dos blocos de resíduos agroindustriais e dos tubetes, as quais apresentavam melhor crescimento da parte aérea.

Aos 40 DAS foi realizada a inoculação com fungos micorrízicos *Entrophospora colombiana* Spain & Schenck, com densidade de 10 esporos por grama, da coleção pertencente à Embrapa Agrobiologia, através de um orifício próximo ao sistema radicular.

4.2.4. Análises fitotécnicas

Como variáveis de avaliação da qualidade das mudas foram mensurados os dados fitotécnicos, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto no final do experimento (75 DAS). Para a medição dos mesmos foi utilizada régua de precisão e paquímetro digital, respectivamente.

Foram realizadas também ao final do experimento as análises destrutivas, em quatro plantas por repetição, sendo elas: nodulação e peso de matéria seca da parte aérea

(PMSPA) e peso de matéria seca radicial (PMSR). No laboratório de microbiologia da UFG, a parte aérea das plantas foi separada das raízes. A metodologia para avaliação de nodulação consistiu em determinar o número de nódulos (NN) e determinar o peso da matéria seca de nódulos (PMSN) por planta. Os nódulos das raízes foram destacados, contados e secos em estufa a 65°C por 48 horas. Depois de secos foram pesados em balança de precisão para obtenção do peso de matéria seca de nódulos.

Após a retirada dos nódulos, o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso de matéria seca radicial (PMSR) foi determinado, colocando a parte aérea e raiz em estufa a 65° C até obter peso constante, após esse período foram pesados em balança analítica. O peso de matéria seca total foi determinado somando-se o Peso de matéria seca da parte aérea e Peso de matéria seca radicial.

Com a obtenção dos dados também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro de coleto (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela seguinte fórmula (Dickson et al., 1960) :

$$IQD = \frac{PMST (g)}{H (cm) / DC (mm) + PMSPA (g) / PMSR (g)}$$

Onde:

PMST = Peso de matéria seca total

H = Altura da parte aérea

DC = Diâmetro do coleto

PMSPA = Peso de matéria seca da parte aérea

PMSR = Peso de matéria seca da raiz

Outras quatro plantas de cada tratamento (Fungo Micorrízico Arbuscular (FMAs), Rizóbio, FMAs + rizóbio e Controle) foram coletadas 70 DAS nos blocos prensados de resíduos agroindustriais e nos tubetes. O sistema radicular foi separado da parte aérea. Após lavagem com água destilada, subamostras de 2,0 cm de comprimento das raízes foram coletadas e conservadas em álcool etílico 70% v/v para posterior determinação da porcentagem de colonização micorrízica, pelo método da intersecção em placas de Petri reticuladas (Giovannetti & Mosse, 1980), após a coloração das raízes com azul de metila.

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da parte aérea foram determinados de acordo com metodologia Embrapa (1997).

4.2.5. Análise estatística

Ao final do experimento, todos os dados foram agrupados e tabulados em planilhas e posteriormente as médias foram comparadas estatisticamente utilizando software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Constatando-se efeito significativo entre os tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias das variáveis analisadas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Caracterização do substrato

A caracterização do substrato selecionado para compor os blocos prensados é apresentada na Tabela 4.3. Observa-se que a média encontrada para densidade úmida ($876,11 \text{ g dm}^{-3}$) ficou acima dos valores encontrados por Scivittaro et al. (2007), os quais encontraram valores de 481 a 760 g dm^{-3} em substratos compostos por esterco bovino, ovinos e resíduos alimentares. Já de acordo com a classificação de Grolli (1991), onde valor de densidade considerado satisfatório para propagação de plantas varia de 170 a 1000 g dm^{-3} , o substrato avaliado neste trabalho está dentro do aceitável.

A densidade volumétrica expressa a relação entre a massa (incluindo o espaço de poros) e o volume de uma amostra de substrato. Quanto menor for o recipiente utilizado, menor deve ser a densidade do substrato nele disposto, pela limitação do espaço para o desenvolvimento das raízes e das plantas (Zorzeto, 2011).

Já a densidade seca apresentou a média de $263,44 \text{ g dm}^{-3}$. Segundo a recomendação de Gonçalves & Poggiani (1996), o substrato se encontra dentro da faixa ideal, de 250 a 500 g dm^{-3} . Porém existem na literatura limites diversos para estes parâmetros. Segundo Bunt (1973), o valor ideal de densidade seca de substratos deve estar compreendido no intervalo de 400 e 500 g dm^{-3} . Petry (1999) propõe uma classificação um pouco mais ampla, variando de 350 a 500 g dm^{-3} . Segundo a classificação destes dois autores citados, o substrato avaliado neste trabalho se encontra abaixo da faixa ideal.

Ferraz et al. (2005) avaliaram substratos comerciais comercializados no país e encontraram valores de densidade de 180 a 320 g L⁻¹. Um substrato com baixa densidade seca pode apresentar uma boa aeração e oxigenação das raízes das mudas, porém pode proporcionar uma baixa retenção de água, o que implica em irrigações mais frequentes.

A densidade seca do substrato é uma característica inversamente relacionada à porosidade. Assim, à medida que a densidade aumenta além da faixa recomendada, ocorre uma restrição ao crescimento das raízes das plantas (Singh & Sinju, 1998). Portanto, o baixo valor de densidade seca determinado para o substrato composto neste estudo pode não causar restrição mecânica ao crescimento radicular das plantas. Mas, por outro lado, pode ter comprometido a estabilidade das plantas, que ficam sujeitas ao tombamento (Rodrigues, 2001).

Segundo Kampf (2000), quanto mais alta a densidade, mais difícil é o cultivo em recipiente, pela limitação no crescimento das plantas, pela dificuldade de penetração e desenvolvimento das raízes e pela redução no volume de poros. Entretanto, quanto mais baixa a densidade do substrato, mais difícil é o uso em recipientes grandes, devido a maior facilidade de tombamento.

Tabela 4.3. Resultados de análises físicas do substrato Tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário) que sofreram processo de compostagem.

Parâmetros	Média
Densidade úmida (g/l)	876,11
Densidade seca (g/l)	263,44
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	1,76
Umidade (g/kg)	699,3
Matéria Seca (g/kg)	300,70
Água facilmente disponível (%)	3,4
Espaço de aeração (%)	7,4

A densidade de partículas encontrada foi de 1,76 g cm⁻³. Este valor se encontra acima do valor estabelecido por Martinez (2002) como referência para substratos, onde se considera que partículas minerais apresentam densidade de partícula de 2,65 g cm⁻³ e as de

matéria orgânica, que é o caso do presente trabalho, de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$. Porém, apresentou valor semelhante ao encontrado por Zorzeto (2014), que para um substrato a base de fibra de coco granulada encontrou $1,74 \text{ g cm}^{-3}$. De acordo com este mesmo autor, a densidade de partículas expressa a relação entre a massa de material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo-se o espaço ocupado pelos poros. Portanto, essa característica não é afetada pela granulometria dos substratos, mas pela composição de suas partículas.

O teor de umidade encontrado foi de $699,3 \text{ g Kg}^{-1}$ e com matéria seca de $300,70 \text{ g Kg}^{-1}$. Isso indica que o substrato tem capacidade de reter uma quantidade significativa de água. E também pode explicar a alta densidade úmida encontrada ($876,11 \text{ g dm}^{-3}$). Para serem utilizados como substrato, os compostos devem possuir boas propriedades físicas, tal como alta capacidade de reter a umidade e drenar o excesso de água (Corti & Crippa, 1998).

De acordo com Fermino (2003) o teor de umidade inicial do substrato tem influência na acomodação das partículas e, conseqüentemente, no volume de substrato dentro dos recipientes. Isto é particularmente observado em materiais com altos teores de matéria orgânica, como aqueles a base de turfa e cascas de Pinus (Wever & Eymar, 1999) e com intenso uso na horticultura (Michel & Rivière, 1999).

Para os mesmos autores, substratos com caráter hidrofóbico podem, depois de secos, requererem um longo tempo de reumedecimento, comprometendo o seu caráter físico. Ciclos de secagem e umedecimento podem modificar as curvas de retenção/liberação de água, levando a mudanças na esteometria dos poros (Burés, 1997). Para Fonteno (1993), as medições de porosidade são afetadas pela densidade de volume e pelo conteúdo de umidade. Assim, medidas de porosidade podem ser obtidas apenas quando o conteúdo de umidade e a densidade são controlados.

Para determinação das propriedades físicas de substratos, a Federação dos Institutos para Pesquisas e Análises Agrícolas da Alemanha (Röber & Schaller, 1985) recomenda a utilização de amostras com 50% ($0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) de umidade ou corrigi-las, no momento da recepção, sem descaracterizá-las.

O substrato avaliado apresentou água facilmente disponível de 3,4 %. Segundo a recomendação de Fermino (2003) e Abad et al. (1993), a faixa considerada ideal para água facilmente disponível se encontra entre 20 e 30%. A partir desta recomendação, o substrato estudado apresenta um valor muito abaixo da faixa considerada como ideal,

porém dentro da faixa considerada de bom desempenho por Fonteno et al. (1981) para o cultivo com irrigação frequente (até duas vezes ao dia). De acordo com Klein et al. (2000) o importante para o bom desenvolvimento das plantas é a água facilmente disponível.

Segundo Milks et al. (1989) a mudança nas variáveis que caracterizam o estado hídrico do substrato (porosidade total, espaço de aeração, água disponível e indisponível e capacidade de recipiente) é correlacionada com práticas culturais, pela mudança de determinadas variáveis de “intensidade” como a densidade de volume e distribuição do tamanho de partículas. Segundo Fonteno (1993) a modificação da densidade de volume tem efeito leve sobre a porosidade total, moderado sobre a capacidade de recipiente e um grande efeito sobre a água facilmente disponível.

O espaço de aeração apresentou o valor de 7,4%. Este valor ficou abaixo dos valores referenciais sugeridos em literatura, que situam-se entre 20 e 40% do volume (De Boodt & Verdonck, 1972; Penningsfeld, 1983). A escolha de um substrato com um determinado valor de espaço de aeração deve ser feita considerando-se a espécie cultivada, a frequência e o tipo de irrigação, e as características do ambiente de cultivo, se natural ou protegido (Bunt, 1984).

A compactação pode levar a uma diminuição da porosidade total e da capacidade de recipiente, mas observa-se um impacto muito maior na proporção entre macro e microporos. Na medida em que as partículas ficam muito mais próximas uma das outras, aumenta a proporção de microporos, diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água (Fermino, 2003).

4.3.2 Avaliação de nodulação

A sesbânia é capaz de associar com as bactérias que fixam o nitrogênio atmosférico, geralmente chamadas de rizóbios, possibilitam a manutenção de níveis adequados de nitrogênio para o crescimento vegetal e dispensando total ou parcialmente o uso de fertilizantes nitrogenados que, além de caros, podem exercer impactos sobre o ecossistema (Florentino & Moreira, 2009).

Pode-se observar na Tabela 4.4 que houve nodulação em todos os tratamentos. Portanto, os tratamentos micorriza e controle, os quais não foram inoculados, foram contaminados em algum momento por bactérias nodulíferas. Para o sistema de tubetes, os

tratamentos que se destacaram foram Micorriza+rizóbio e rizóbio, com 66 e 77 nódulos por planta, respectivamente.

No sistema de blocos prensados, o tratamento rizóbio se destacou dos demais. Já entre os recipientes, os tubetes proporcionaram maior número de nódulos no tratamento micorriza + rizóbio, enquanto no tratamento Rizóbio, o bloco prensado proporcionou maior número de nódulos. Ferreira et al. (2015) encontraram 25,40 nódulos por planta em sesbânia inoculada.

Tabela 4.4. Número de nódulos (NN) por planta e peso de matéria seca de nódulos (PMSN) de mudas de *Sesbania virgata* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
(NN)				
Tubetes	66,66Aa	44,66Ab	77,00Ba	14,66Ac
Bloco Prensado	75,66Bb	38,00Ac	62,33Aa	32,66Ac
PMSN (g)				
Tubetes	13,00Aa	8,00Ab	17,00Aa	2,33Ac
Bloco Prensado	15,33Aa	7,60Ab	13,33Aa	6,30Ab

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sabe-se que as espécies da família *Leguminosae* têm a capacidade de fixar biologicamente o N e as bactérias podem fornecer à planta de 60 a 100% de suas necessidades de N (Costa Júnior, 1997). Segundo um trabalho conduzido por Faria (1998), a *Sesbania virgata* demonstrou ser bastante específica, apresentando nodulação eficiente somente com estirpes isoladas dela própria ou do mesmo gênero. Isso explica a quantidade considerável de nódulos neste experimento, pois a inoculação foi feita com estirpes específicas para a espécie.

Segundo Chaves et al. (2003) a inoculação natural é suficiente para produzir mudas de sesbânia no substrato constituído de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2, v:v), não sendo necessária a inoculação ou a adição de N em diferentes fontes e doses.

4.3.3 Colonização micorrízica

Observa-se na Tabela 4.5 que a colonização micorrízica, entre os tratamentos microbiológicos, apresentou maiores percentuais para o tratamento Micorriza, independentemente do recipiente adotado. Este resultado ocorreu conforme o esperado, já

que foi inoculado o fungo específico para a espécie. Porém observa-se que, de forma geral, as taxas foram baixas. Já entre os recipientes, no tratamento Micorriza + rizóbio o bloco prensado proporcionou maior taxa de colonização micorrízica (17%) do que o sistema de tubetes. E no tratamento rizóbio, o sistema de tubetes apresentou maiores taxas.

Tabela 4.5. Colonização micorrízica em raízes de mudas de *Sesbania virgata* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Colonização micorrízica (%)				
Tubete	11,3Bd	25,5Aa	22,5Ab	17,0Ac
Bloco Prensado	17,0Ab	23,0Aa	17,5Bb	15,5Ab

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Afek et al. (1990) a colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por inúmeros fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros.

As plantas controlam esta colonização micorrízica por mecanismos não inteiramente esclarecidos (Koide & Schreiner 1992), mantendo o nível de colonização conforme a sua dependência micorrízica e o benefício em absorção de P que esses fungos estejam proporcionando (Schwab et al. 1991).

4.3.4 Concentração de macronutrientes no tecido foliar

Em relação ao teor de nitrogênio assimilado na parte aérea de mudas de sesbânia verificou-se que houve diferenças significativas em função dos diferentes sistemas de cultivo, sendo notadamente superior nos blocos prensados no tratamento rizóbio, com 3,00 dag.kg⁻¹ (Tabela 4.6). A dupla inoculação micorriza mais rizóbio apresentou baixos teores de nitrogênio na parte aérea. De acordo com Ruiz-Lozano & Azcón (1994), a dupla inoculação de microrganismos numa planta pode provocar a competição por fotoassimilados de três organismos, ou seja, o rizóbio, fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e as raízes do hospedeiro. Barroso et al. (2000), chegaram a determinação de que a dose recomendada para a *Sesbania virgata* é de 4,5 dag/kg de N. De

acordo com esta recomendação, os valores encontrados neste trabalho estão abaixo do ideal.

O acúmulo de fósforo na parte aérea das mudas de sesbânia foi significativamente maior no tratamento com micorriza produzidas via sistema convencional (tubetes) e nas mudas produzidas em blocos prensados de resíduos nos tratamentos dupla inoculação (micorriza mais rizóbio) e no tratamento rizóbio. As associações micorrízicas são caracterizadas por uma simbiose mutualista entre a raiz e o fungo endomicorrízico que proporciona à planta hospedeira um melhor desenvolvimento devido à maior absorção de nutrientes, principalmente fósforo (Schiavo & Martins, 2002).

Diversos autores estudaram o efeito do fósforo no crescimento inicial das plantas, respostas à adubação fosfatada em programas de recuperação de áreas degradadas são relatadas na literatura a respeito de várias espécies (Renó, 1994; Fernandes et al., 2000).

Tabela 4.6. Teores foliares de macronutrientes em mudas de *Sesbania virgata* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Nitrogênio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	2,50Ba*	2,46Bb	2,14Bd	2,42Bc
Bloco Prensado	2,93Ac	2,74Ad	3,00Aa	2,96Ab
Fósforo (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,30Bd	0,53Aa	0,42Bc	0,47Bb
Bloco Prensado	0,45Ab	0,44Bb	0,45Ab	0,48Aa
Potássio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,93Ab	0,89Bc	0,88Bd	0,95Ba
Bloco Prensado	0,87Bc	0,93Ab	0,93Ab	1,04Aa
Cálcio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,73Bd	0,85Bb	1,03Ba	0,80Bc
Bloco Prensado	1,85Aa	1,23Ad	1,45Ab	1,30Ac
Magnésio (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,23Bc	0,28Ba	0,20Bd	0,25Bb
Bloco Prensado	0,35Aa	0,30Ab	0,35Aa	0,30Ab

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos

vegetais. O potássio não faz parte de nenhuma estrutura ou moléculas orgânicas na planta, como o nitrogênio e o fósforo (Meurer, 2006).

O acúmulo de potássio demonstrou diferenças significativas em função do sistema de cultivo (tubetes e blocos prensados) em todos os tratamentos microbiológicos, com maior acúmulo no tratamento controle, seguido em ordem decrescentes nos tratamentos rizóbio, micorriza em blocos prensados e no tratamento micorriza nas mudas produzidas em tubetes.

A maior parte do cálcio no tecido vegetal está localizada nas paredes celulares atua também, na absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva, sendo essencial o cálcio para que tal efeito não diminua a absorção de nutrientes, pois é indispensável à manutenção da estrutura das celulares (Vitti et al., 2006).

Cálcio e magnésio apresentaram comportamentos similares com maior concentração no tratamento de dupla inoculação (micorriza mais rizóbio).

A função mais conhecida do magnésio é compor a molécula de clorofila, além disso, trabalha como ativador enzimático mais do que qualquer outro elemento (Mengel & Kirkby, 1987; Vitti et al., 2006).

4.3.5 Parâmetros fitotécnicos das mudas

Observa-se na Tabela 4.7 que a altura das mudas não foi influenciada pelos tratamentos microbiológicos no sistema convencional (tubetes), já no sistema blocos de resíduos agroindustriais a dupla inoculação e inoculação somente com rizóbio promoveram melhores resultados, com incremento de 298,24%, em média, na altura de mudas produzidas via blocos de resíduos agroindustriais, comparado ao sistema convencional (tubetes). Os dados obtidos neste estudo corroboram com Schiavo & Martins (2003) que obtiveram crescimento em altura de plantas de acácia produzidas em blocos prensados significativamente superior às plantas produzidas nos tubetes.

Novaes (1998) observou que aos seis meses após a semeadura, mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em blocos finlandeses, apresentaram maior crescimento da parte aérea e do sistema radicial, do que as provenientes de tubetes. Constatou também que, aos 24 meses após o plantio no campo, o crescimento em altura e diâmetro no nível do solo das plantas oriundas dos blocos foram significativamente superiores às de tubetes. Os índices de sobrevivência no campo, dois meses após o plantio, foram equivalentes. Morgado et al.

(2000) verificaram, três meses após o plantio no campo, que mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em blocos prensados apresentaram maior crescimento inicial em altura e diâmetro no nível do solo, quando comparadas às de tubetes.

Tabela 4.7. Valores fitotécnicos de mudas de *Sesbania virgata* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Altura da planta (cm)				
Tubete	5,14 Ba	4,81 Ba	5,00 Ba	4,77 Ba
Bloco Prensado	17,00 Aa	13,35 Ab	17,00 Aa	13,52Ab
Diâmetro do coleto (mm)				
Tubete	2,14 Ba	2,09 Ba	2,48 Ba	2,09 Ba
Bloco Prensado	5,14 Aa	4,81 Aa	5,00 Aa	4,77Aa
Relação H/DC (cm mm ⁻¹)				
Tubete	2,40 Aa	2,30 Aa	2,01 Aa	2,28 Aa
Bloco Prensado	3,30 Aa	2,77 Aa	3,40 Aa	2,83 Aa
Massa seca parte aérea (g)				
Tubete	0,57Ba	0,40Ba	0,58Ba	0,31Ba
Bloco Prensado	2,78Aa	2,51Aa	2,56Aa	2,68Aa
Massa seca radicial (g)				
Tubete	0,13Ba	0,08Ba	0,23Ba	0,08Ba
Bloco Prensado	0,85Aa	0,63Aa	0,88Aa	0,74Aa
Massa seca total (g)				
Tubete	0,70 Ba	0,48 Bb	0,81 Ba	0,39 Bb
Bloco Prensado	3,63 Aa	3,14 Aa	3,44 Aa	3,42 Aa
IQD				
Tubete	0,10 Bb	0,06 Bb	0,18 Ba	0,06 Bb
Bloco Prensado	0,55 Aa	0,46 Aa	0,54 Aa	0,53 Aa

* médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As diferenças podem ser atribuídas ao maior volume de substrato explorado pelas mudas produzidas em blocos prensados em relação aos tubetes, por causa do aumento da área de absorção de água e nutrientes. Este fato explica não só o maior crescimento da planta, mas o desenvolvimento da muda como um todo, verificado pelo maior diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, radicial e total, que independente do tratamento microbiológico, apresentaram maiores valores para o sistema biodegradável.

A relação H/DC, segundo Artur et al. (2007), reflete o acúmulo de reservas e assegura maior resistência e melhor fixação no solo.

Neste estudo, os valores para esta relação situaram-se entre 2,01 e 3,40. O menor e o maior valor encontrados foram para o tratamento rizóbio, utilizando tubete convencional e biodegradável, respectivamente.

De acordo com Birchler et al. (1998), este índice deve ser menor do que dez para se considerarem mudas com adequado padrão de qualidade. Considerando esta classificação, os valores do presente estudo estão abaixo do limite superior. Em estudo realizado por Delarmelina et al. (2014) os índices H/DC para a sesbânia situaram-se entre 3,05 e 5,21. De acordo com Carneiro (1995), esta relação H/D deve situar-se de forma intermediária, sendo que em casos de grande variação, torna-se preferível os menores valores, escolhendo mudas mais resistentes. A relação H/D pode refletir o acúmulo de reservas, assegurando maior rusticidade e melhor fixação no solo, que constitui mais um parâmetro usado para avaliar a qualidade de mudas florestais (Antunes, 2000).

A relação altura/diâmetro de coleto (H/D) é uma característica que expressa o perfil morfológico da parte aérea. Se o valor de H/D for elevado, pode indicar que, na parte aérea, a partição da matéria seca privilegia o crescimento longitudinal, em detrimento do crescimento lateral. Se não houver, como contrapartida, um aumento do diâmetro de colo compatível com o crescimento em altura, a muda pode tombar. Por outro lado, um valor muito baixo de H/D, apesar de representar menor risco de tombamento, pode refletir a formação de mudas em que o crescimento em altura é lento, comprometendo a competição no campo, com plantas infestantes.

Esta relação expressa o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, por conjugar estes dois parâmetros de uma só vez. Esta relação mostra que quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo. Segundo esse mesmo autor, a relação H/DC deve-se situar entre os limites 5,4 até 8,1 (Carneiro, 1995).

De acordo com Paiva (2004), o Peso de matéria seca da parte aérea das mudas é uma informação que indica rusticidade, influenciando positivamente na sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo. Entretanto, Carneiro (1995) não recomenda que a classificação da qualidade das mudas seja baseada apenas na avaliação do peso da fitomassa. Segundo esse autor, as mudas devem ser analisadas sob o aspecto fisiológico, que é um parâmetro que retrata com maior fidelidade, particularmente, a importância das raízes no desempenho inicial após o plantio.

Para dar suporte à massa verde produzida, também é necessário amplo desenvolvimento de raízes, o que é consequência da qualidade das sementes e do substrato (componentes físico, químico e biológico), dentre outros aspectos. É de suma importância a avaliação do sistema radicial de mudas, em adição ao estudo dos parâmetros

morfológicos, para assegurar melhor desempenho no campo. Na realidade, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza intrínseca das mudas, no complexo ambiente-solo-água-planta (Carneiro, 1995).

O peso das raízes finas é quase sempre desprezível. Por outro lado, o grande número dessas raízes pode ter fundamental importância para a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas após o plantio, pois as raízes finas apresentam alta quantidade de pêlos absorventes, que têm a função de absorver água e nutrientes do solo. O ideal, portanto, é estabelecer associações entre as avaliações fisiológicas e outros parâmetros fitotécnicos (Carneiro, 1995).

O Índice de Qualidade de Dickson também apresentou maiores valores no sistema de blocos prensados. De acordo com Fonseca et al. (2002), este índice constitui-se num bom indicador, pois pondera características importantes para a avaliação da qualidade das mudas e considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da massa na muda.

Observa-se que para todos os parâmetros fitotécnicos avaliados, o sistema biodegradável apresentou melhores resultados em função da ausência de paredes rígidas que podem provocar limitações no desenvolvimento das raízes laterais e influenciar o crescimento das plantas.

Vários fatores físicos ou fisiológicos restringem o crescimento radicular e afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas, como a densidade do solo, o tamanho dos agregados e dos poros, a presença de camada compactada subsuperficial, a aeração, temperatura, qualidade da luz, limitações de nutrientes, densidade de raízes e o volume, tamanho e forma do recipiente onde a planta se desenvolve.

4.4 CONCLUSÕES

O sistema de produção de mudas em blocos prensados, confeccionados com resíduos agroindustriais, proporciona maiores valores de altura da planta, diâmetro de coleto, massa seca da parte aérea, massa seca radicial, massa seca total e Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Sesbania virgata*, em relação ao tubete convencional, independentemente da presença de inoculação.

Os teores de Nitrogênio, Cálcio e Magnésio da parte aérea de mudas de *Sesbania virgata* são incrementados quando estas são cultivadas em blocos prensados de

resíduos agroindustriais, independentemente da presença de inoculação com microrganismos benéficos. Os blocos prensados também apresentam benefícios quanto ao teor de fósforo, com exceção do tratamento micorrízico, e ao teor de potássio, com exceção do tratamento de dupla inoculação (Micorriza + rizóbio).

4.5 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.

AFEK, U.; RINALDELLI, E.; MENGE, J. A.; JOHNSON, E. L. V.; & POND, E. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**, v. 115 n.1p. 938-942, 1990.

ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: PR, p.125-150, 2000.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

BARROSO, D. G. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados com diferentes substratos. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 79p. 1999.

BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J.G.A.;NOVAES, A.B. Efeitos do recipiente sobre o desempenho pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *E. urophylla* S.T. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.3, p.291-296, 2000.

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A, PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n.1-2, p. 109-121, 1998.

BRAGA, M. M.; CÔRREA, M. C. M.; OLIVEIRA, C. H. A.; OLIVEIRA, O. R.; PINTO, C. M. Propriedades químicas de substrato produzido com resíduo orgânico da indústria processadora de caju. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 6., 2008, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: EMBRAPA AT, SEBRAE/CE e UFC, 2008. (CD-ROM).

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, n.38, p.1954-1965, 1973.

BURÉS, S. **Sustratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p.

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

CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbania em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, v.27, n.4, p.443-449, 2003.

CORTI, C.; CRIPPA, L. Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics. **Compost Science and Utilization**, v.6, p.35-45, 1998.

COSTA JÚNIOR, P.F. Comportamento de leguminosas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio em estéril de extração de argila. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal)- Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – 72p. 1997.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

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

FARIA, S.M. Nodulação e FBN em espécies florestais. Resumos Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Reunião Brasileira Sobre Micorizas. Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo. Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Lavras: UFLA/SBCS/SBM. p. 31-31., 1998.

FERMINO, M.H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 81f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERNANDES, L. A., FURTINI NETO, A. E., FONSECA, F. C. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F. BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 209-214, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, L. V. ; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, G. C.; COSTA, E. M.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Crescimento e nodulação de *Sesbania virgata* com estirpes

nativas e introduzidas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 327-334, out./dez. 2015.

FLORENTINO, L. A.; MOREIRA, F. M. S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereineriae*, *microsimbiote* de *Sesbania virgata*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 215-226, 2009. [http:// dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000200003](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000200003).

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

FONTENO, W. C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Substrates in Horticulture*. **Acta Horticulture**, v.342, p.197-204, 1993.

FONTENO, W. C.; CASSEL, D. K.; LARSON, R. A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 6, p. 736-741. 1981.

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

GOMES; J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K. 2001. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

GROLLI, P.R. Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas. **Dissertação** de mestrado Porto Alegre: UFRGS, 1991. 125 p.

HAHN, C. M. **Recuperação florestal**: da semente à muda. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2006. 144p.

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

KELLER, L.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; COUTINHO, R. P.; NASCIMENTO, D. F. Sistema de blocos prensados para produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**. Viçosa, v.33, n.2, 2009.

KLEIN, V. A.; SIOTA, T. A.; ANESI, A. L.; BARBOZA, R. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v6, n.3, 2000.

KOIDE, R. T.; R. P. SCHREINER. Regulation of vesiculararbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.43, n.2, p.557-581. 1992.

MARTÍNEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: Instituto Agrônômico Documentos IAC 70. 2002. 122p.

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

MEURER, E. J. **Potássio**. In: Manilo Silvestre Fernandes (Ed.). Nutrição mineral de plantas. 1ª ed. Viçosa, SBCS. p.281-298. 2006.

MICHEL, J. C.; RIVIÈRE, L. M. Characterisation of the wettability of organic substrates (peat and composted bark) by adsorption measurements. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v. 1, p. 129-135, 1999.

MILKS, R. R.; FONTENO, R. A; LARSON, R. A. Hidrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.144, n.1. p.57-61,1989.

MORGADO, I.F. et al. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.709-712, out/dez 2000.

MORGADO, I.F. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Saccharum* spp. 1998. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF,102p.

NOVAES, A. B. Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal), Curitiba – PR, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 118p. 1998.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den gartenbau besonders in Deutschland: ein kritischer überblick. **Plant and Soil**, The Hague, v.75, p.269-281, 1983.

PETRY, C. Cultivo do crisântemo. In: PETRY, C. (org.). Plantas ornamentais: aspectos para a produção. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. p.103-112.

RENÓ, N. Requerimentos nutricionais e resposta ao P e fungo micorrízico de espécies nativas no Sudeste brasileiro. Lavras : ESAL, **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) 62p., 1994.

SCHIAVO, J. A. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*. **Tese** (Doutorado em Produção vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ. 2005.

- SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizobio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 8, n. 2, p. 173-178, fev. 2003.
- SCHIAVO; J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.519-523, agosto 2002.
- SCHWAB, S. M.; MENGUE J. A.; TINKER P. B. Regulation of nutrient transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, 117 (3): 387-398. 1991.
- SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, K. F.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais. Embrapa. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, n.58. Pelotas-RS. 2007.
- SINGH, B. P.; SINJU, U. M. Soil physical and morphological properties and root growth. **Hort. Sci.**, Alexandria, v. 33, p. 966-971, 1998.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p.
- WEVER, G; EYMAR, E. Characterisation of the Hydrophysical and Mechanical Properties of Pressed Blocks for Transplanting. **Acta Horticulturae**, Wagenin-gen, n.481, v.1, p.111-119, 1999.
- ZORZETO, T. Q. Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). 96 p. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agronômico de Campinas. Campinas-SP. 2011.
- ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, N. F.; FERNANDES JUNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p.300-311, 2014.

5 PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS EM BLOCOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

RESUMO

Um dos problemas das mudas produzidas em recipientes são as deformações radiculares. O método de produção em blocos preparados com material prensado apresenta, como principais vantagens, a possibilidade de desenvolvimento do sistema radicular sem deformações, a facilidade de manuseio das mudas durante o plantio e a redução nos custos de produção, devido à possibilidade de uso intensivo da mecanização. Este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas de *Eucalyptus grandis* quando cultivadas em blocos prensados, compostos por diferentes proporções de resíduos agroindustriais, e em tubetes convencionais, e o efeito da inoculação com fungos micorrízicos sobre estas mudas. Para tal foi realizado um experimento onde se fez quatro compostos com diferentes proporções de bagaço de cana de açúcar, torta de filtro, fibra de coco e cama de aviário. Nos blocos prensados do substrato compostado selecionado foram plantados sementes de *Eucalyptus grandis*. As mudas foram inoculadas com fungos micorrízicos específicos para a espécie. Aos 70 dias após a semeadura foram avaliados a colonização micorrízica, parâmetros fitotécnicos e nutricionais das mudas. E os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. Verificou-se que a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em blocos prensados de resíduos agroindustriais não proporciona vantagens quanto ao desenvolvimento das mudas, em relação ao sistema de tubetes convencionais.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, microrganismos benéficos, produção sustentável.

ABSTRACT

PRODUCTION OF *Eucalyptus grandis* SEEDLINGS INOCULATED WITH MYCORRHIZAL FUNGI IN BLOCKS OF AGROINDUSTRIAL RESIDUES

One of the problems of seedlings produced in containers is root deformation. The method of production in blocks prepared with pressed material presents, as main advantages, the possibility of development of the root system without deformations, the ease of handling of the seedlings during the planting and the reduction in the costs of production, due to the possibility of intensive use of the mechanization. The objective of this work was to evaluate the phytotechnical aspects of *Eucalyptus grandis* seedlings when grown in pressed blocks, composed of different proportions of agroindustrial residues, and the effect of inoculation with mycorrhizal fungi on these seedlings. For that, an experiment was carried out in which four compounds with different ratios of sugarcane bagasse, filter cake, coconut fiber and aviary waste were made. In the pressed blocks of the selected composite substrate were planted seeds of *Eucalyptus grandis*. This was inoculated with specific mycorrhizal fungi. At 70 days after sowing, mycorrhizal colonization, phytotechnical and nutrition parameters were evaluated. And the data were submitted to

analysis of variance and test of comparison of means. It was verified that the production of seedlings of *Eucalyptus grandis* in pressed blocks of agroindustrial residues does not provide advantages about the development of the seedlings, in relation to the system of conventional tubes.

Keywords: Utilization of waste, beneficial microorganisms, sustainable production.

5.1 INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus grandis* é a espécie florestal mais cultivada no Brasil (Souza et al., 2004), devido ao seu potencial produtivo e às características da madeira. Esta é utilizada para produção de celulose e papel, painéis de fibra e aglomerado, combustível industrial e doméstico e produtos de serraria (Soares et al., 2003). O grande sucesso desses plantios é resultado da boa adaptabilidade do eucalipto em solos com limitada quantidade de fósforo e nitrogênio e da formação, em seu sistema radicular, da ectomicorriza (ECM) e da micorriza arbuscular (MA) (Yinglong et al., 1999).

A restrição do sistema radicular das mudas de espécies florestais tem sido estudada por vários autores, pois, segundo Sutton (1980), se a emissão e crescimento das novas raízes são demorados logo após o plantio, a sobrevivência das plantas no campo pode ser reduzida. Segundo Reis et al. (1991), a restrição radicular pode ocorrer por vários fatores, entre eles o tipo de recipiente usado para produção das mudas.

Os estudos com blocos prensados para produção de mudas de espécies florestais iniciaram-se nas universidades e estão começando a ser divulgados para o setor florestal, a exemplo do trabalho de Freitas et al. (2005) que foi realizado em uma empresa florestal do setor de celulose e papel, através de parceria entre universidade e empresa. Apesar de os trabalhos científicos evidenciarem a viabilidade técnica do sistema de blocos prensados, atualmente não existe uso em escala comercial, devido aos aspectos de logística, como a prensagem dos blocos e mecanização para individualização das mudas, além do transporte e plantio (Keller et al., 2009).

Esse novo sistema de produção de mudas exige estudos para sua utilização em larga escala, visando à adequação do substrato. Além de substratos fornecerem condições adequadas para o desenvolvimento das mudas, é necessário que ocorra agregação estável desses, ao sistema radicular das mudas, fundamental para viabilizar o plantio semimecanizado, utilizado pelas empresas florestais (Freitas et al., 2010).

Por outro lado, existe atualmente uma problemática no Brasil quanto aos resíduos agroindustriais, como os das usinas sucroalcooleiras, coco verde, cama de aviário, entre outros. Estes resíduos podem ser utilizados para compor substratos para mudas, mas para isso precisam ser melhor estudados.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de eucalipto, micorrizadas e plantadas em blocos de resíduos agroindustriais.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi realizado na estrutura física de uma empresa de paisagismo no município de Goianira-GO, que apresenta as coordenadas geográficas: latitude de 16°31'42,64"S, longitude 49°25'41,31"O e altitude de 754 metros. Apresenta precipitações médias anuais entre 1200 a 1800 mm, o período chuvoso estende-se de novembro a março e o período seco, de junho a agosto, com os meses de abril, maio e setembro representando os meses de transição. A temperatura máxima média é de 40° C e mínima média de 11° C (Sepin, 2003).

5.2.2. Preparo, caracterização do material e confecção dos blocos de resíduos agroindustriais

A pesquisa foi realizada em etapas, sendo a primeira delas a preparação dos resíduos agroindustriais para compor as misturas e a gerar os blocos prensados. Os materiais coletados foram: bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro, cama de aviário e coco verde. Os dois primeiros foram adquiridos em uma usina sucroalcooleira no município de Goiatuba-GO, a cama de aviário foi adquirida em aviário no município de Itaberaí e o coco verde em parques da cidade de Goiânia-GO.

O preparo do substrato foi constituído por cinco etapas: limpeza, secagem, trituração, uniformização do comprimento de fibras e mistura dos materiais através do uso de betoneira. O bagaço de cana-de-açúcar foi processado no equipamento picador e triturador 2,0 cv, GT 2000 LDF, o coco verde foi triturado no equipamento CID- triturador de coco verde 5,0 cv, 3,7 kW e 60 Hz. Todos os materiais foram passados em peneira de

1,0 cm e misturados de acordo com as composições dos tratamentos (Tabela 5.1), e então colocados para compostar por 35 dias. Todos os tratamentos (compostos orgânicos) receberam aplicação de biocatalizador acelerador de compostagem na dose de 0,125 g/kg de substrato.

Tabela 5.1. Percentuais dos materiais na composição volumétrica do substrato.

Tratamentos	Bagaço de cana-de-açúcar	Casca de coco verde	Torta de filtro	Cama de aviário
1	50	30	20	00
2	60	20	10	10
3	70	00	30	00
4	50	00	00	50

Foi realizada medição da temperatura das leiras em todos os tratamentos nas primeiras 96 horas em três pontos distribuídos aleatoriamente. As leiras de compostos foram umedecidas em dias alternados, assim como houve necessidade de revolvimento das mesmas para favorecer o processo de aeração semanalmente, durante a fase termofílica, e semanalmente até a maturação, seguindo a metodologia utilizada por Campos (1998).

Ao final do processo de compostagem, foram retiradas amostras dos quatro tratamentos (compostos orgânicos) e encaminhadas ao laboratório de análise de solos, foliar e de substratos da Universidade Federal de Goiás, para a determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos (Tabela 5.2).

A caracterização destes materiais permitiu a realização da seleção de um dos tratamentos como o material mais apropriado para a confecção dos blocos prensados de resíduos agroindustriais. Esta seleção foi realizada com base no maior teor de matéria orgânica e relação C/N mais próxima de 30. Segundo Haug (1993), a relação C/N ideal para a compostagem é freqüentemente considerada como 30. Essa relação é indicada devido aos microrganismos responsáveis pela compostagem absorverem os elementos de carbono e nitrogênio em uma proporção de 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio.

O material que apresentou estes parâmetros mais próximos do recomendado por outros autores foi o tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário), com 190 g/Kg de matéria

orgânica e relação C/N de 28,4. No tratamento 2, estes dois parâmetros apresentaram valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos. O Tratamento 2 foi selecionado por apresentar a melhor relação Carbono/Nitrogênio, maior teor de matéria orgânica e com maiores valores de material mineral.

Tabela 5.2. Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.

Parâmetros	Tratamento 1*	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Nitrogênio (g/kg)	17,5 a**	15,5 c	16,0 b	15,0 d
Fósforo total (g/kg)	25,0 b	11,0 c	6,0 d	36,0 a
Potássio (g/kg)	7,2 b	6,3 c	6,2 c	10,0 a
Matéria Orgânica (g/kg)	180,0 b	190,0 a	160,0 c	160,0 c
Umidade (g/kg)	750,0 a	750,0 a	740,0 b	600,0 c
Material Mineral (g/kg)	70,0 c	60,0 d	100,0 b	240,0 a
Relação C/N	23,9 b	28,4 a	22,3 b	15,5 c

*Tratamento 1: (50% de bagaço de cana-de-açúcar, 30% de casca de coco verde, 20% de torta de filtro e 0% de cama de aviário); Tratamento 2: (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário); Tratamento 3: (70% de bagaço de cana-de-açúcar, 0% de casca de coco verde, 30% de torta de filtro e 0% de cama de aviário) e Tratamento 4: (50% de bagaço de cana-de-açúcar, 0% de casca de coco verde, 0% de torta de filtro e 50% de cama de aviário);

**Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Três amostras foram coletadas para realizar a análise de caracterização do substrato selecionado (Tratamento 2) e os parâmetros avaliados foram: densidade úmida (g/l), densidade seca (g/l), densidade de partículas (g/ml), umidade (g/kg), matéria seca (g/kg), água facilmente disponível (%) e espaço de aeração (%).

Posteriormente, ocorreu a confecção dos blocos prensados, onde foi adicionado vermiculita ao substrato selecionado, posteriormente este foi umedecido e colocado em fôrma metálica de 30 cm x 58 cm e altura de 10 cm e levados para prensagem (15 kgf.cm⁻²), por 15 minutos para agregação do material. As fôrmas metálicas apresentavam 50 cones na parte superior com 8 cm de altura, destinados a marcar os orifícios para o preenchimento com o substrato e semeadura da essência florestal. Para a secagem dos blocos, os mesmos ficaram expostos ao ar livre, durante 24 horas.

5.2.3. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis*

Na etapa de produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois tratamentos microbiológicos: Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA) e Controle em dois recipientes: blocos prensados de resíduos agroindustriais e tubetes plásticos de 53cm³, com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Sendo cada parcela experimental constituída por 20 plantas.

Os blocos prensados continham cinco linhas com 10 orifícios cada, totalizando 50 orifícios. Em cada duas linhas foi plantada uma parcela experimental (20 plantas) de cada tratamento, no mesmo bloco, totalizando oito linhas preenchidas pelos dois tratamentos. As duas extremidades de cada linha foram desconsideradas. Sendo assim, tinha-se os dois tratamentos em cada bloco prensado, e então foram utilizados quatro blocos (repetições).

O substrato utilizado para preencher os orifícios dos blocos prensados e também os tubetes plásticos do sistema convencional foi o substrato comercial Bioflora[®], adquirido em uma loja agropecuária. Estes foram dispostos em mesas de estrutura metálica.

Antes da sementeira, todos os substratos receberam 6,0 g L⁻¹ de Osmocote de liberação lenta, contendo 13-09-12 (N-P-K) + micronutrientes. Foram semeadas três sementes nos orifícios dos blocos de resíduos agroindustriais e nos orifícios dos tubetes plásticos com 1 cm de profundidade.

Aos 30 DAS foi realizado o desbaste das mudas deixando como remanescente a mais centralizada nos orifícios dos blocos de resíduos agroindustriais e dos tubetes, as quais apresentavam melhor crescimento da parte aérea.

Aos 40 DAS foi realizada a inoculação com fungos micorrízicos *Scutellospora heterogama* Nicol. & Gerd. E Walk & Sand (com densidade de 18 esporos por grama), da coleção pertencente à Embrapa Agrobiologia, através de um orifício próximo ao sistema radicular.

5.2.4. Análises fitotécnicas

Como variáveis de avaliação da qualidade das mudas foram mensurados os dados fitotécnicos, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto no final do experimento (75 DAS). Para a medição dos mesmos foi utilizada régua de precisão e paquímetro digital, respectivamente.

Foram realizadas também ao final do experimento as análises destrutivas, em quatro plantas por repetição, sendo elas: peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso de matéria seca radicial (PMSR). No laboratório de microbiologia da UFG, a parte aérea das plantas foi separada das raízes.

O Peso de matéria seca da parte aérea e Peso de matéria seca radicial foram determinados, colocando a parte aérea e raiz em estufa a 65° C até obter peso constante, após esse período foram pesados em balança analítica. O peso de matéria seca total foi determinado somando-se o Peso de matéria seca da parte aérea e Peso de matéria seca radicial.

Com a obtenção dos dados também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro de coleto (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela seguinte fórmula (Dickson et al., 1960) :

$$IQD = \frac{PMST \text{ (g)}}{H \text{ (cm)} / DC \text{ (mm)} + PMSPA \text{ (g)} / PMSR \text{ (g)}}$$

Onde:

PMST = Peso de matéria seca total

H = Altura da parte aérea

DC = Diâmetro do coleto

PMSPA = Peso de matéria seca da parte aérea

PMSR = Peso de matéria seca da raiz

Outras quatro plantas de cada tratamento (Fungo Micorrízico Arbuscular (FMAs) e Controle) foram coletadas 70 DAS nos blocos prensados de resíduos agroindustriais e nos tubetes. O sistema radicular foi separado da parte aérea. Após lavagem com água destilada, subamostras de 2,0 cm de comprimento das raízes foram

coletadas e conservadas em álcool etílico 70% v/v para posterior determinação da porcentagem de colonização micorrízica, pelo método da intersecção em placas de Petri reticuladas (Giovannetti & Mosse, 1980), após a coloração das raízes com azul de metila.

Os teores de Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da parte aérea foram determinados de acordo com metodologia Embrapa (1997).

5.2.5. Análise estatística

Ao final do experimento, todos os dados foram agrupados e tabulados em planilhas e posteriormente as médias foram comparadas estatisticamente utilizando software estatístico SISVAR. Constatando-se efeito significativo entre os tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias das variáveis analisadas.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Caracterização do substrato

A caracterização do substrato selecionado para compor os blocos prensados é apresentada na Tabela 5.3. Observa-se que a média encontrada para densidade úmida ($876,11 \text{ g dm}^{-3}$) ficou acima dos valores encontrados por Scivittaro et al. (2007), os quais encontraram valores de 481 a 760 g dm^{-3} em substratos compostos por esterco bovino, ovinos e resíduos alimentares. Já de acordo com a classificação de Grolli (1991), onde valor de densidade considerado satisfatório para propagação de plantas varia de 170 a 1000 g dm^{-3} , o substrato avaliado neste trabalho está dentro do aceitável.

A densidade volumétrica expressa a relação entre a massa (incluindo o espaço de poros) e o volume de uma amostra de substrato. Quanto menor for o recipiente utilizado, menor deve ser a densidade do substrato nele disposto, pela limitação do espaço para o desenvolvimento das raízes e das plantas (Zorzeto, 2011).

Já a densidade seca apresentou a média de $263,44 \text{ g dm}^{-3}$. Segundo a recomendação de Gonçalves & Poggiani (1996), o substrato se encontra dentro da faixa ideal, de 250 a 500 g dm^{-3} . Porém existem na literatura limites diversos para estes parâmetros. Segundo Bunt (1973), o valor ideal de densidade seca de substratos deve estar

compreendido no intervalo de 400 e 500 g dm⁻³. Petry (1999) propõe uma classificação um pouco mais ampla, variando de 350 a 500 g dm⁻³. Segundo a classificação destes dois autores citados, o substrato avaliado neste trabalho se encontra abaixo da faixa ideal. Ferraz et al. (2005) avaliaram substratos comerciais comercializados no país e encontraram valores de densidade de 180 a 320 g L⁻¹. Um substrato com baixa densidade seca pode apresentar uma boa aeração e oxigenação das raízes das mudas, porém pode proporcionar uma baixa retenção de água, o que implica em irrigações mais frequentes.

A densidade seca do substrato é uma característica inversamente relacionada à porosidade. Assim, à medida que a densidade aumenta além da faixa recomendada, ocorre uma restrição ao crescimento das raízes das plantas (Singh & Sinju, 1998). Portanto, o baixo valor de densidade seca determinado para o substrato composto neste estudo pode não causar restrição mecânica ao crescimento radicular das plantas. Mas, por outro lado, pode ter comprometer a estabilidade das plantas, que ficam sujeitas ao tombamento.

Segundo Kampf (2000), quanto mais alta a densidade, mais difícil é o cultivo em recipiente, pela limitação no crescimento das plantas, pela dificuldade de penetração e desenvolvimento das raízes e pela redução no volume de poros. Entretanto, quanto mais baixa a densidade do substrato, mais difícil é o uso em recipientes grandes, devido a maior facilidade de tombamento.

Tabela 5.3. Resultados de análises físicas do substrato Tratamento 2 (60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário) que sofreram processo de compostagem.

Parâmetros	Média
Densidade úmida (g/l)	876,11
Densidade seca (g/l)	263,44
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	1,76
Umidade (g/kg)	699,3
Matéria Seca (g/kg)	300,70
Água facilmente disponível (%)	3,4
Espaço de aeração (%)	7,4

A densidade de partículas encontrada foi de $1,76 \text{ g cm}^{-3}$. Este valor se encontra acima do valor estabelecido por Martinez (2002) como referência para substratos, onde se considera que partículas minerais apresentam densidade de partícula de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ e as de matéria orgânica, que é o caso do presente trabalho, de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$. Porém, apresentou valor semelhante ao encontrado por Zorzeto (2014), que para um substrato a base de fibra de coco granulada encontrou $1,74 \text{ g cm}^{-3}$. De acordo com este mesmo autor, a densidade de partículas expressa a relação entre a massa de material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo-se o espaço ocupado pelos poros. Portanto, essa característica não é afetada pela granulometria dos substratos, mas pela composição de suas partículas.

O teor de umidade encontrado foi de $699,3 \text{ g Kg}^{-1}$ e com matéria seca de $300,70 \text{ g Kg}^{-1}$. Isso indica que o substrato tem capacidade de reter uma quantidade significativa de água. E também pode explicar a alta densidade úmida encontrada ($876,11 \text{ g dm}^{-3}$). Para serem utilizados como substrato, os compostos devem possuir boas propriedades físicas, tal como alta capacidade de reter a umidade e drenar o excesso de água (Corti & Crippa, 1998).

De acordo com Fermino (2003) o teor de umidade inicial do substrato tem influência na acomodação das partículas e, conseqüentemente, no volume de substrato dentro dos recipientes. Isto é particularmente observado em materiais com altos teores de matéria orgânica, como aqueles a base de turfa e cascas de Pinus (Wever & Eymar, 1999) e com intenso uso na horticultura (Michel & Rivière, 1999).

Para os mesmos autores, substratos com caráter hidrofóbico podem, depois de secos, requererem um longo tempo de reumedecimento, comprometendo o seu caráter físico. Ciclos de secagem e umedecimento podem modificar as curvas de retenção/liberação de água, levando a mudanças na estereometria dos poros (Burés, 1997). Para Fonteno (1993), as medições de porosidade são afetadas pela densidade de volume e pelo conteúdo de umidade. Assim, medidas de porosidade podem ser obtidas apenas quando o conteúdo de umidade e a densidade são controlados.

Para determinação das propriedades físicas de substratos, a Federação dos Institutos para Pesquisas e Análises Agrícolas da Alemanha (Röber & Schaller, 1985) recomenda a utilização de amostras com 50% ($0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) de umidade ou corrigi-las, no momento da recepção, sem descaracterizá-las.

O substrato avaliado apresentou água facilmente disponível de 3,4 %. Segundo a recomendação de Fermino (2003) e Abad et al. (1993), a faixa considerada ideal para água facilmente disponível se encontra entre 20 e 30%. A partir desta recomendação, o substrato estudado apresenta um valor muito abaixo da faixa considerada como ideal, porém dentro da faixa considerada de bom desempenho por Fonteno et al. (1981) para o cultivo com irrigação frequente (até duas vezes ao dia). De acordo com Klein et al. (2000) o importante para o bom desenvolvimento das plantas é a água facilmente disponível.

Segundo Milks et al. (1989) a mudança nas variáveis que caracterizam o estado hídrico do substrato (porosidade total, espaço de aeração, água disponível e indisponível e capacidade de recipiente) é correlacionada com práticas culturais, pela mudança de determinadas variáveis de “intensidade” como a densidade de volume e distribuição do tamanho de partículas. Segundo Fonteno (1993) a modificação da densidade de volume tem efeito leve sobre a porosidade total, moderado sobre a capacidade de recipiente e um grande efeito sobre a água facilmente disponível.

O espaço de aeração apresentou o valor de 7,4%. Este valor ficou abaixo dos valores referenciais sugeridos em literatura, que situam-se entre 20 e 40% do volume (De Boodt & Verdonck, 1972; Penningsfeld, 1983). A escolha de um substrato com um determinado valor de espaço de aeração deve ser feita considerando-se a espécie cultivada, a frequência e o tipo de irrigação, e as características do ambiente de cultivo, se natural ou protegido (Bunt, 1984).

A compactação pode levar a uma diminuição da porosidade total e da capacidade de recipiente, mas observa-se um impacto muito maior na proporção entre macro e microporos. Na medida em que as partículas ficam muito mais próximas uma das outras, aumenta a proporção de microporos, diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água (Fermino, 2003).

5.3.2 Colonização micorrízica

Observa-se na Tabela 5.4 que o tratamento microbiológico micorriza proporcionou porcentagens de colonização significativamente maiores do que o controle, independentemente do recipiente utilizado. Rodrigues et al. (2003), trabalhando com *E. grandis*, também observaram efeito positivo da inoculação com os FMAs. Este resultado ocorreu conforme o esperado, pois houve inoculação com fungos micorrízicos específicos para a cultura do eucalipto. Entre os sistemas de cultivo, o bloco prensado proporcionou

maior taxa de colonização no tratamento micorriza. Porém o inverso ocorreu no tratamento controle, onde o tubete apresentou maior colonização.

O grande sucesso dos plantios de eucalipto é resultado da sua boa adaptabilidade em solos com limitada quantidade de fósforo e nitrogênio (Specht, 1996) e da formação, em seu sistema radicular, da ectomicorriza e da micorriza arbuscular (Yinglong et al., 1999). A associação micorrízica propicia maior longevidade às raízes, incrementa a absorção de água e de nutrientes do solo, mobiliza formas não disponíveis de nutrientes (Moratelli et al., 2007), maior resistência a patógenos do sistema radicular, maior tolerância a toxinas do solo e a condições adversas de pH e de temperatura (Smith & Read, 1997).

Tabela 5.4. Colonização micorrízica em raízes de mudas de *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a sementeira.

Sistema de cultivo	Micorriza	Controle
Colonização micorrízica (%)		
Tubete	40,0 Ba	24,0 Ab
Bloco Prensado	42,0Aa	22,0 Bb

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Levantamentos realizados em florestas de *Eucalyptus* têm levado à constatação de que a idade da planta tem influência sobre o tipo de associação micorrízica predominante e, conseqüentemente, sobre a diversidade de micorrizas formadas. Inicialmente, há colonização por fungos micorrízicos arbusculares, substituída progressivamente pelas associações por fungos ectomicorrízicos com o avanço da idade (Santos et al., 2001). A colonização por fungos micorrízicos pode ser influenciada também pela espécie de eucalipto. A inoculação concomitante dos dois tipos de fungos micorrízicos pode, inclusive, levar à competição e reduzir a colonização (Yinglong et al., 1999).

A colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por inúmeros fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, dos propágulos fúngicos no solo e do tipo de manejo empregado no solo na hora do plantio, dentre outros.

Os fungos micorrízicos em plantios de eucalipto são importantíssimos, uma vez que auxiliam na absorção de água e nutrientes nos solos, por meio de suas hifas que têm alta capacidade de proliferação e aumentam a zona de absorção, melhorando assim o

desenvolvimento das plantas (Smith & Read, 1997). A formação da associação micorrízica é dependente de fatores ambientais, da fisiologia do hospedeiro, do inóculo do solo e da população dos outros microrganismos, que podem influenciar o desenvolvimento e o estabelecimento da simbiose com interações positivas, negativas, ou neutras.

5.3.3 Concentração de macronutrientes no tecido foliar

Observa-se na Tabela 5.5 que o teor de Nitrogênio não foi incrementado com o uso de blocos prensados e nem com a inoculação de fungos micorrízicos. O potássio e Magnésio apresentaram o mesmo resultado. Já o fósforo apresentou maiores teores quando foi utilizado os blocos prensados, mas não houve incremento deste nutriente com o uso de fungos micorrízicos. O Cálcio também apresentou maior valor para os blocos prensados, mas somente no tratamento micorriza.

O nitrogênio é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Na fase de muda, nutrientes como nitrogênio e fósforo são importantes para o rápido crescimento radicular do eucalipto (Barros et al., 1997), uma vez que eles são os que mais alteram a produção de raízes quando fornecidos em quantidades insuficientes (Clarkson, 1985).

Tabela 5.5. Teores foliares de macronutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Sistema de cultivo	Micorriza	Controle
Nitrogênio (dag.kg ⁻¹)		
Tubete	1,31 Aa	1,14 Aa
Bloco Prensado	1,45 Aa	1,56 Aa
Fósforo (dag.kg ⁻¹)		
Tubete	0,154 Ba	0,165 Ba
Bloco Prensado	0,291 Aa	0,267 Aa
Potássio (dag.kg ⁻¹)		
Tubete	1,16 Aa	1,02 Aa
Bloco Prensado	1,18 Aa	1,08 Aa
Cálcio (dag.kg ⁻¹)		
Tubete	1,2 Ba	1,2 Aa
Bloco Prensado	2,5 Aa	1,9 Aa
Magnésio (dag.kg ⁻¹)		
Tubete	0,4 Aa	0,3 Aa
Bloco Prensado	0,3 Aa	0,5 Aa

* Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diversos autores estudaram o efeito do fósforo no crescimento inicial das plantas, respostas à adubação fosfatada em programas de recuperação de áreas degradadas são relatadas na literatura a respeito de várias espécies (Dias et al., 1991; Renó, 1994).

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. O potássio não faz parte de nenhuma estrutura ou moléculas orgânicas na planta, como o nitrogênio e o fósforo (Meurer, 2006).

A maior parte do cálcio no tecido vegetal está localizada nas paredes celulares atua também, na absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva, sendo essencial o cálcio para que tal efeito não diminua a absorção de nutrientes, pois é indispensável à manutenção da estrutura das celulares (Vitti et al., 2006).

A função mais conhecida do magnésio é compor a molécula de clorofila, além disso, trabalha como ativador enzimático mais do que qualquer outro elemento (Mengel & Kirkby, 1987; Vitti, et al., 2006).

5.3.4 Parâmetros fitotécnicos das mudas

As mudas de eucalipto não apresentaram diferenças significativas em relação aos parâmetros altura de plantas, diâmetro do coleto, relação H/DC, peso de matéria seca total e Índice de Qualidade de Dickson nos dois sistemas de cultivo (blocos prensados de resíduos e tubetes).

A relação H/DC, segundo Artur et al. (2007), reflete o acúmulo de reservas e assegura maior resistência e melhor fixação no solo. De acordo com Birchler et al. (1998), este índice deve ser menor do que 10,0 para se considerarem mudas com adequado padrão de qualidade. Considerando esta classificação, os resultados obtidos neste trabalho estão adequados, pois se situaram entre 6,52 e 8,83.

De acordo com Carneiro (1995), esta relação H/D deve situar-se de forma intermediária, sendo que em casos de grande variação, torna-se preferível os menores valores, escolhendo mudas mais resistentes. A relação H/D pode refletir o acúmulo de reservas, assegurando maior rusticidade e melhor fixação no solo, que constitui mais um parâmetro usado para avaliar a qualidade de mudas florestais (Antunes, 2000).

Esta relação expressa o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, por conjugar estes dois parâmetros de uma só vez. Esta relação mostra que quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo. Segundo esse mesmo autor, a relação H/DC deve-se situar entre os limites 5,4 até 8,1 (Carneiro, 1995).

De acordo com Fonseca et al. (2002), o Índice de Qualidade de Dickson constitui-se num bom indicador, pois pondera características importantes para a avaliação da qualidade das mudas e considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da massa na muda.

Tabela 5.6. Valores fitotécnicos de mudas de *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a sementeira.

Sistema de cultivo	Micorriza	Controle
Altura da planta (cm)		
Tubete	10,40Aa	9,90Aa
Bloco Prensado	9,85Aa	9,35Aa
Diâmetro do coleto (mm)		
Tubete	1,35Aa	1,12Ab
Bloco Prensado	1,51Aa	1,26Ab
Relação H/DC (cm mm ⁻¹)		
Tubete	7,70 Aa	8,83 Aa
Bloco Prensado	6,52 Aa	7,42 Aa
Peso de matéria seca da parte aérea (g)		
Tubete	0,46Aa	0,36Ab
Bloco Prensado	0,32Ba	0,22Bb
Peso de matéria seca radicial (g)		
Tubete	0,17Aa	0,12Ab
Bloco Prensado	0,07Ba	0,02Bb
Peso de matéria seca total (g)		
Tubete	0,63 Aa	0,48 Aa
Bloco Prensado	0,39 Aa	0,24 Aa
IQD		
Tubete	0,06 Aa	0,04 Aa
Bloco Prensado	0,03 Aa	0,01 Aa

* médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A influência da micorriza foi significativamente superior em mudas de eucalipto produzidas em tubete para os parâmetros Peso de matéria seca da parte aérea e Peso de matéria seca radicial. Este resultado contrastou com o de Morgado (1998), que, em experimento com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. pellita*, verificaram que essas

espécies produzidas em blocos prensados apresentaram valores de altura da parte aérea, diâmetro de colo e área foliar significativamente superiores aos das plantas produzidas em tubetes, o que pode ser explicado pelo maior volume de substrato explorado pelas mudas produzidas em blocos prensados em relação aos tubetes, por causa do aumento de absorção de água e nutrientes.

De acordo com Paiva (2004), o Peso de matéria seca da parte aérea das mudas é uma informação que indica rusticidade, influenciando positivamente na sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo. Entretanto, Carneiro (1995) não recomenda que a classificação da qualidade das mudas seja baseada apenas na avaliação do peso da fitomassa. Segundo esse autor, as mudas devem ser analisadas sob o aspecto fisiológico, que é um parâmetro que retrata com maior fidelidade, particularmente, a importância das raízes no desempenho inicial após o plantio.

Para dar suporte à massa verde produzida, também é necessário amplo desenvolvimento de raízes, o que é consequência da qualidade das sementes e do substrato (componentes físico, químico e biológico), dentre outros aspectos. É de suma importância a avaliação do sistema radicial de mudas, em adição ao estudo dos parâmetros morfológicos, para assegurar melhor desempenho no campo. Na realidade, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza intrínseca das mudas, no complexo ambiente-solo-água-planta (Carneiro, 1995).

O peso das raízes finas é quase sempre desprezível. Por outro lado, o grande número dessas raízes pode ter fundamental importância para a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas após o plantio, pois as raízes finas apresentam alta quantidade de pêlos absorventes, que têm a função de absorver água e nutrientes do solo. O ideal, portanto, é estabelecer associações entre as avaliações fisiológicas e outros parâmetros fitotécnicos (Carneiro, 1995).

5.4 CONCLUSÕES

O sistema de blocos prensados não apresenta diferença do sistema de tubetes de polietileno quanto à altura de planta, diâmetro do coleto, relação Altura/Diâmetro do coleto, peso de matéria seca total e Índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis*.

O peso de matéria seca da parte aérea e das raízes das mudas apresenta superioridade quando estas são cultivadas em tubetes de polietileno.

Os teores de Nitrogênio, Potássio e Magnésio na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* não apresentam diferenças entre os recipientes estudados. Já o teor de Fósforo apresenta superioridade quando é utilizado o sistema de blocos prensados de resíduos, independentemente da inoculação com fungos micorrízicos.

O teor de Cálcio é influenciado positivamente pelo uso conjunto de micorrizas e blocos de resíduos agroindustriais.

5.5 REFERÊNCIAS

ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: PR, p.125-150, 2000.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação de eucalipto. **Inf. Agropec**, v.18, p.70-75, 1997.

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n.1-2, p. 109-121, 1998.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, n.38, p.1954-1965, 1973.

CAMPOS, A. L. O. Avaliação Metodológica da Estabilização da Fração Orgânica Putrescível em uma Leira de Compostagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Dissertação**, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil, 1998.

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

CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P. C., ed. Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Ilhéus, CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.

CORTI C; CRIPPA L. Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics. **Compost Science and Utilization**, v.6, p.35-45, 1998.

DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd. 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, 1991.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 81f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F. BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 209-214, 2005.

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

FREITAS, T. A. S.; B, D. G.; SOUZA, L. S.; CARNEIRO, J. G. A.; PAULINO, G. M. Produção de mudas de eucalipto com substratos para sistema de blocos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.761-770, 2010.

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

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

GROLLI, P. R. Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas. **Dissertação de mestrado**. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 125 p.

HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**, Lewis Publishers . 717 p. 1993.

KAMPF, A. N. Substrato. In: KAMPF, A. N. (Coord.) Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p.

KELLER, L.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; COUTINHO, R. P.; NASCIMENTO, D. F. Sistema de blocos prensados para produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**. Viçosa, v.33, n.2, 2009.

- MARTINEZ, P. F. **Manejo de substratos para horticultura**. In: FURLANI, A. M. C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p.53-73. (Documentos IAC, 70).
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- MEURER, E, J. Potássio. In: Manilo Silvestre Fernandes (Ed.). Nutrição mineral de plantas. 1ª ed. Viçosa, SBCS. p.281-298, 2006.
- MORATELLI, E. M. Efeito da disponibilidade de água e de luz na colonização micorrízica e no crescimento de *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb. (BIGNONIACEAE). **Revista Árvore**, v.31, n.3, p.555-566, 2007.
- MORGADO, I.F. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Saccharum spp*. 1998. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF,102p.
- PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** – propagação sexuada. 3.ed. Viçosa: MG, UFV, 2004. 116p.
- PETRY, C. Cultivo do crisântemo. In: PETRY, C. (org.). Plantas ornamentais: aspectos para a produção. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. p.103-112.
- REIS, G. G.; REIS M. G. F.; BERNARDO, A. L.; MAESTRI, M. Efeito da poda de raízes sobre a arquitetura do sistema radicular e o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v.15, n.1, p.43-54, 1991.
- RENÓ, N. Requerimentos nutricionais e resposta ao P e fungo micorrízico de espécies nativas no Sudeste brasileiro. **Dissertação** de Mestrado. Lavras : ESALQ, 1994. 62p.
- 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**, v. 27, n. 4, p. 583-591, 2003.
- SANTOS, V. L. Vesicular-arbuscular-/ectomycorrhiza succession in seedlings of *Eucalyptus* spp. **Journal Brazilian Microbiology**, v.32, n.1, p.81-86, 2001.
- SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, K. F.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. **Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais**. Embrapa. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, n.58. Pelotas-RS. 2007.
- SEPIN - **Secretaria do Planejamento e do Desenvolvimento do Estado de Goiás** – SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Informação – SEPIN. 2003. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/>. Acessado em: 13/01/2017.

- SINGH, B.P.; SINJU, U.M. Soil physical and morphological properties and root growth. **Hort. Sci.**, Alexandria, v. 33, p. 966-971, 1998.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1997. 605p.
- SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. A.; VALE, A. B. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.689-694, 2003.
- SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, n.65, p.95-101, 2004.
- SUTTON, R. F. Planting stock quality, root growth capacity and field performance of three boreal conifers. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.10, n.1, p.54-71, 1980.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-325.
- YINGLONG, C. Mycorrhizal succession and inoculant efficiency of dual inoculation on *Eucalyptus urophylla*. **Forestry Studies**, v.1, n.1, p.16-21, 1999.
- ZORZETO, T. Q. Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria* x *ananassa* Duch.). 96 p. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agronômico de Campinas. Campinas-SP. 2011.
- ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, N. F.; FERNANDES JUNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p.300-311, 2014.