



Produção de mudas florestais inoculadas com rizóbios e fungos micorrízicos em blocos de resíduos agroindustriais

Michel de Paula ANDRAUS^{1*}, Aline Assis CARDOSO², Eva de Melo FERREIRA³,
Eliana Paula Fernandes BRASIL²

¹Faculdade Araguaia, Universidade Paulista, Goiânia, GO, Brasil.

²Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. (ORCID: 0000-0001-5009-8382; 0000-0003-4474-4653)

³Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. (ORCID: 0000-0002-1115-8976)

*E-mail: michelandraus@gmail.com (ORCID: 0000-0002-8461-9737)

Recebido em 15/01/2019; Aceito em 26/01/2020; Publicado em 13/04/2020.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas florestais cultivadas em blocos prensados com resíduos agroindustriais e o efeito da inoculação microbiológica sobre as mudas. Confeccionou-se quatro compostos com diferentes proporções de bagaço de cana, torta de filtro, fibra de coco e resíduos aviários. Nos blocos prensados do substrato selecionado foram plantadas sementes de *Sesbania virgata*, *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. As sementes de *Sesbania virgata* e *Acacia mangium* foram inoculadas com rizóbios e fungos micorrízicos específicos, as de *Eucalyptus grandis* foram inoculadas apenas com os fungos. Aos 70 dias após a semeadura, foram avaliados parâmetros de colonização micorrízica, nodulação, fitotécnicos e nutrição. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados em esquema fatorial 4 x 2. 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 das mudas de *Sesbania virgata* em relação ao tubete convencional, porém não teve efeito no 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, auxiliou no desenvolvimento da espécie *Acacia mangium*. A produção de *Eucalyptus grandis* em blocos prensados de resíduos agroindustriais não proporcionou vantagens sobre o desenvolvimento das mudas em tubetes.

Palavras-chave: aproveitamento de resíduos; microrganismos benéficos; produção sustentável.

Production of inoculated forest shapes with rhizobium and mycorrhizic fungi in agricultural waste blocks

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the phytotechnical aspects of plant seedlings in blocks pressed with agroindustrial residues and the effect of the microbiological inoculation on the seedlings. Four doses with different ratios of sugarcane bagasse, filter cake, coconut fiber and avian residues were made. In the pressed blocks of the selected substrate were planted seeds of *Sesbania virgata*, *Eucalyptus grandis* and *Acacia Mangium*. The seeds of *Sesbania virgata* and *Acacia mangium* were inoculated with rhizobia and specific mycorrhizal fungi. At 70 days after sowing, mycorrhizal colonization, nodulation, phytotechnical and nutrition parameters were evaluated. The design used was a randomized complete block in a 4 x 2 factorial scheme. It was verified that the system of production of seedlings in pressed blocks, made with agroindustrial residues provides better development of the seedlings of *Sesbania virgata* in relation to the conventional tube, but did not have effect in the development of seedlings of *Acacia mangium* in relation to the conventional tube. Inoculation with rhizobia alone or associated with arbuscular mycorrhizal fungi in the seedling production phase assisted the development of the *Acacia mangium* species. The production of *Eucalyptus grandis* in pressed blocks of agroindustrial residues did not provide advantages for the development of seedlings in tubes.

Keywords: waste use; beneficial microorganisms; sustainable production.

1. INTRODUÇÃO

Uma das vantagens de utilizar resíduos da agroindústria em países onde a economia é fortemente baseada na agricultura é a redução do impacto ambiental. O potencial de sobrevivência das espécies vegetais no campo depende em grande parte da qualidade das mudas, que é maior quando as mudas são formadas sobre substratos favoráveis ao desenvolvimento inicial das plantas (AMARAL et al. 2016). Outros aspectos que interferem na produção de mudas são

condições ambientais desfavoráveis, como solos pobres em nutrientes, poluição, terras agrícolas e matas claras (RUDAWSKA et al. 2017).

Infelizmente, em alguns países, as florestas degradadas são comuns, e uma das principais razões é a produção agrícola. Essas áreas enfrentam riscos substanciais a serem eliminados para o estabelecimento de projetos agrícolas ou pecuários, uma vez que têm menor valor econômico quando comparados a florestas primárias. É crucial encontrar

soluções para essas florestas que incluem: conservação de seus serviços ambientais e produção sustentável de produtos madeireiros e não-madeireiros (SCHWARTZ et al. 2017).

Pesquisas sobre o desempenho de espécies de árvores pioneiras e a identificação de espécies importantes para a restauração são úteis para o plantio em larga escala (LU et al. 2017). Alguns estudos já foram realizados sobre a produção de frutas e espécies madeireiras, por exemplo, considerando que o uso de componentes orgânicos na composição de substratos para mudas é uma alternativa viável para a manutenção dos nutrientes (ALBANO et al. 2017).

Os resíduos urbanos, tais como a fibra de coco e bagaço de cana-de-açúcar, têm sido estudados para produzir mudas, e surgem como alternativa para simplificar a produção de mudas em tubetes. Algo importante para o sistema de produção, que é a necessidade de substituir os nutrientes no substrato através de fertilizações basais e / ou de cobertura (ABREU et al. 2017).

O uso da terra para fins de produção vegetal altera a concentração de N em uma área, causando interferências nas propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo, onde, em camadas maiores que 20 cm, a biomassa e o nutriente começam a reduzir (PEREIRA et al., 2017). As comunidades nativas de fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio são afetadas pelo uso do solo e pelo tipo de cobertura vegetal. Fungos micorrízicos e rizóbios são componentes importantes de agroecossistemas, respondendo à interferência humana, por exemplo (ROCHA et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos fitotécnicos de mudas florestais cultivadas em blocos prensados com resíduos agroindustriais e o efeito da inoculação microbiológica sobre as mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

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).

2.1 Preparo e seleção do substrato

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo a primeira delas a preparação dos resíduos agroindustriais para compor as misturas e 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 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 1. Resultados médios dos teores físicos, químicos e biológicos dos tratamentos (composição de diferentes materiais) que sofreram processo de compostagem.

Table 1. Average results of physical, chemical and biological contents of compounds (composition of different materials) that underwent composting process.

Parâmetros (g/kg)	Trat. 1*	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
Nitrogênio	17,5 a**	15,5 c	16,0 b	15,0 d
Fósforo total	25,0 b	11,0 c	6,0 d	36,0 a
Potássio	7,2 b	6,3 c	6,2 c	10,0 a
Matéria Orgânica	180,0 b	190,0 a	160,0 c	160,0 c
Umidade	750,0 a	750,0 a	740,0 b	600,0 c
Material Mineral	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.

Ao final do processo de compostagem, foram retiradas amostras dos quatro tratamentos 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.

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, que, de acordo com Costa (1985) proporciona boas condições para uma rápida decomposição. O material que apresentou estes parâmetros mais próximos do recomendado pelo autor supracitado 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. Este tratamento 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: 60% de bagaço de cana-de-açúcar, 20% de casca de coco verde, 10% de torta de filtro e 10% de cama de aviário) 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.

A caracterização do substrato selecionado para compor os blocos prensados é mostrada a seguir. A Tabela 2 apresenta os parâmetros físicos do substrato selecionado para a confecção dos blocos prensados para o cultivo das mudas.

Tabela 2. 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.

Table 2. Results of physical analysis of the substrate Treatment 2 (60% of sugarcane bagasse, 20% of green coconut shell, 10% of filter cake and 10% of poultry litter) that underwent composting process.

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

2.2. Produção de mudas

Na etapa de produção de mudas de *Sesbania virgata* e *Acacia mangium*, o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, sendo o fator microrrganismo dividido em quatro níveis: Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA), Rizóbio, FMA + rizóbio e Controle) e o fator recipiente com dois níveis: 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.

O delineamento para o experimento com *Eucalyptus grandis* foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois fatores microbiológicos: Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA) e Controle em dois fatores (tipos de recipiente): 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 (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 os tubetes plásticos do sistema convencional foi o substrato comercial Bioflora®, adquirido em uma loja agropecuária. Estes foram dispostos em mesas de estrutura metálica. A quebra da dormência foi feita com a imersão das sementes de *Acacia mangium* em água a 100° C por 1 minuto. 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.

Para a superação de dormência das sementes de *Sesbania virgata*, estas 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. Para as sementes de *Eucalyptus grandis*, não foi necessária técnica de superação de dormência.

Antes da semeadura, 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 dias 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 dias após a semeadura (DAS) foi realizada, nas mudas de *Eucalyptus grandis*, a inoculação com fungos micorrízicos *Scutellospora heterogama* Nicol. ; Gerd. E Walk ; Sand (com densidade de 18 esporos por grama).

Nas mudas de *Acacia mangium* foi realizada a inoculação com fungos micorrízicos *Gigaspora margarita* Becker ; Hall, com densidade de 15 esporos por grama.

Nas mudas de *Sesbania virgata* foi realizada a inoculação com fungos micorrízicos *Entrophospora colombiana* Spain ; Schenck, com densidade de 10 esporos por grama.

Todos os fungos foram obtidos da coleção da Embrapa Agrobiologia e inoculados através de um orifício próximo ao sistema radicular.

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 dias). Para a medição deles 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 radicular (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).

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, 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).

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. RESULTADOS

3.1. *Sesbania virgata*

Conforme a Tabela 3 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.

Pôde ser verificado na Tabela 3 que o NN se destacou positivamente quando utilizado o rizóbio, associado ou não com os fungos micorrizos, independentemente do sistema de cultivo. Isso foi também verificado para o PMSN.

Observa-se na Tabela 4 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.

Em relação ao teor de nitrogênio assimilado na parte aérea de mudas de *Sesbania* 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 5). A dupla

inoculação micorriza mais rizóbio apresentou baixos teores de nitrogênio na parte aérea. O sistema de bloco prensado proporcionou maiores valores de Nitrogênio, cálcio e magnésio nas folhas de *Sesbania virgata*, independentemente do tratamento microbiológico aplicado.

Tabela 3. 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.

Table 3. Number of nodules (NN) per plant and nodule dry matter weight (PMSN) of *Sesbania virgata* seedlings depending on microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

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

*Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Tabela 4. 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.

Table 4. Mycorrhizal colonization (%) in roots of *Sesbania virgata* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
	Tubete	11,3Bd	25,5Aa	22,5Ab
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.

Tabela 5. 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.

Table 5. Leaf content of macronutrients in *Sesbania virgata* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
	N (dag.kg ⁻¹)			
Tubete	2,50Ba*	2,46Bb	2,14Bd	2,42Bc
Bloco prensado	2,93Ac	2,74Ad	3,00Aa	2,96Ab
P (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,30Bd	0,53Aa	0,42Bc	0,47Bb
Bloco prensado	0,45Ab	0,44Bb	0,45Ab	0,48Aa
K (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,93Ab	0,89Bc	0,88Bd	0,95Ba
Bloco prensado	0,87Bc	0,93Ab	0,93Ab	1,04Aa
Ca (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,73Bd	0,85Bb	1,03Ba	0,80Bc
Bloco prensado	1,85Aa	1,23Ad	1,45Ab	1,30Ac
Mg (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.

Entre os tratamentos microbiológicos, a inoculação exclusiva com rizóbio se destacou nos blocos prensados, e a coinoculação apresentou maiores teores de N foliar, quando utilizado o sistema de tubetes.

O acúmulo de fósforo na parte aérea das mudas de *Sesbania* 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.

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.

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.

As interações como antagonismo e sinergismo bacteriano que ocorrem na rizosfera são bastante complexas e muito pouco estudadas. O estabelecimento bacteriano na rizosfera é uma condição fundamental para que o microrganismo possa interagir com a planta.

Verifica-se na Tabela 6 que o sistema bloco prensado resultou maiores valores fitotécnicos, independentemente do tratamento microbiológico aplicado, com exceção da relação H/DC, que não apresentou diferença estatística entre os sistemas de cultivo.

Tabela 6. Valores fitotécnicos de mudas de *Sesbania virgata* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Table 6. Phytotechnical values of *Sesbania virgata* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Altura (cm)				
Tubete	5,14Ba	4,81 Ba	5,00 Ba	4,77 Ba
Bloco prensado	17,00Aa	13,35 Ab	17,0Ba	13,52 Ab
Diâmetro do coleto (mm)				
Tubete	2,14Ba	2,09 Ba	2,48Ba	2,09 Ba
Bloco prensado	5,14Aa	4,81 Aa	5,00Aa	4,77 Aa
Relação H/DC (cm mm ⁻¹)				
Tubete	2,40Aa	2,30 Aa	2,01 Aa	2,28 Aa
Bloco prensado	3,30Aa	2,77 Aa	3,40 Aa	2,83 Aa
Massa seca parte aérea (g)				
Tubete	0,57Ba	0,40Ba	0,58 Ba	0,31 Ba
Bloco prensado	2,78Aa	2,51Aa	2,56 Aa	2,68 Aa
Massa seca radicial (g)				
Tubete	0,13Ba	0,08Ba	0,23 Ba	0,08 Ba
Bloco prensado	0,85Aa	0,63Aa	0,88 Aa	0,74 Aa
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 mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se também 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).

3.2. *Acacia mangium*

Quanto aos recipientes analisados nesta pesquisa, o sistema de blocos prensados se destacou em dois tratamentos microbiológicos quanto à nodulação (Tabela 7), o que indica que pode haver uma contribuição da matéria orgânica, proveniente do bloco prensado, na sobrevivência destes microrganismos.

Tabela 7. 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.

Table 7. Number of nodules (NN) and weight of nodule dry matter (PMSN) of *Acacia mangium* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza+ rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
NN				
Tubete	0,00Bb	0,00Bb	6,00Aa	0,00Ab
Bloco prensado	6,00Aa	8,00 Aa	3,00Bb	0,00Ac
PMSN (g)				
Tubete	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.

Para a espécie *Acacia mangium*, a inoculação com rizóbio isolado apresentou maior NN quando utilizados sistema de tubetes. Já no sistema de bloco prensado, a micorrização e coinoculação (micorriza + rizóbio) apresentaram maiores NN. Para o PMSN obteve-se os mesmos resultados.

A colonização micorrízica apresentou maior percentual quando as mudas de *Acacia mangium* foram inoculadas com fungos micorrízicos isolados, independentemente do sistema de cultivo empregado (Tabela 8). A colonização micorrízica apresentou, para o sistema em tubetes, diferença estatística entre todos os tratamentos microbiológicos (Tabela 8). 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.

Nas mudas de *Acacia mangium*, não houve diferença estatística entre os tratamentos microbiológicos, nem entre os sistemas de cultivo para os teores foliares de macronutrientes (Tabela 9).

Tabela 8. 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.

Table 8. Mycorrhizal colonization (%) in *Acacia mangium* seedling roots as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
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.

Tabela 9. 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.

Table 9. Leaf contents of macronutrients in *Acacia mangium* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
N (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	1,98Aa	2,04Aa	1,68Aa	1,82Aa
Bloco prensado	1,62Aa	1,82Aa	1,68Aa	1,73Aa
P (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	0,613Aa	0,513Aa	0,368Aa	0,381Aa
Bloco prensado	0,562Aa	0,381Ba	0,529Aa	0,529Aa
K (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	1,02Aa	1,10Aa	1,06Aa	1,12Aa
Bloco prensado	1,06Aa	1,06Aa	1,08Aa	1,08Aa
Ca (dag.kg ⁻¹)				
Tubete	1,8Aa	1,8Aa	1,6Aa	1,3Aa
Bloco prensado	3,1Aa	2,5Aa	2,4Aa	2,5Aa
Mg (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.

Tabela 10. Parâmetros fitotécnicos de mudas de *Acacia mangium* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Table 10. Phytotechnical parameters of *Acacia mangium* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Sistema de cultivo	Micorriza + rizóbio	Micorriza	Rizóbio	Controle
Altura da planta				
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.

Os parâmetros fitotécnicos das mudas de *Acacia mangium* apresentaram resultados variados, sem indicar uma tendência significativa de um ou outro tratamento microbiológico ou sistema de cultivo.

3.3. *Eucalyptus grandis*

A colonização micorrízica nas raízes de *Eucalyptus grandis* apresentou maiores percentuais quando inoculadas com fungos micorrízicos, comparada ao controle, independentemente do sistema de cultivo (Tabela 11).

Tabela 11. Colonização micorrízica (%) em raízes de mudas de *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos microbiológicos e de diferentes sistemas de cultivo, 70 dias após a semeadura.

Table 11. Mycorrhizal colonization (%) in *Eucalyptus grandis* seedling roots as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

Cultivo	Micorriza	Controle
Tubete	40,0 Ba	24,0Ab
Bloco prensado	42,0Aa	22,0 Bb

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Dentre os macronutrientes nas folhas de *Eucalyptus grandis*, o Fósforo apresentou maiores teores quando utilizado o sistema de blocos prensados, em ambos tratamentos microbiológicos. E o cálcio, quando inoculado com fungos micorrízicos, apresentou maior teor em sistema de bloco micorrízicos, comparado ao tubete. Os demais macronutrientes não apresentaram diferenças estatísticas para nenhum dos fatores avaliados.

Observa-se na Tabela 12 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.

Tabela 12. 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.

Table 12. Leaf contents of macronutrients in *Eucalyptus grandis* seedlings as a function of microbiological treatments and different cultivation systems, 70 days after sowing.

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	0,165Ba
Bloco Prensado	0,291 Aa	0,267Aa
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

4. DISCUSSÃO

4.1. *Sesbania virgata*

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.

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 $263,44 \text{ g dm}^{-3}$. 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 de partículas encontrada foi de $1,76 \text{ g cm}^{-3}$. 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 se incluindo 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 pode explicar a alta densidade úmida encontrada ($876,11 \text{ g dm}^{-3}$).

O substrato avaliado apresentou água facilmente disponível de 3,4 %. O espaço de aeração apresentou o valor de 7,4%. 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 umas das outras, aumenta a proporção de microporos, diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água (FERMINO, 2003).

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).

No sistema de blocos prensados, quanto ao NN, 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.

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).

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). 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.

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.

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.

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.

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.

4.2. *Acácia mangium*

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. Os baixos valores de número de nódulos encontrados para ambos os tratamentos podem ser explicados pela adição do fertilizante Osmocote de liberação lenta. Tavares et al. (2016) encontrou, aos 120 dias,

uma média de 22 nódulos em mudas de Acácia, quando inoculada com rizóbios, sem adição de N.

Foi possível observar que o tratamento micorriza se destacou dos demais tratamentos, independentemente do recipiente utilizado. Entre os recipientes utilizados observou-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.

A *Acacia mangium* apresentou taxas de colonização micorrízica relativamente baixa, de 22 a 48%. 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%).

Quanto aos teores foliares de macronutrientes, observou-se na Tabela 9 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 dag.kg⁻¹). Este valor está acima do encontrado por Schiavo & Martins (2003), que foi de 0,423 dag.kg⁻¹ para tratamento micorrízico em acácia. 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.

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; Martins (2003) 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 9) 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. 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.

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.

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. 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.

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. 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.

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).

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*.

4.3. *Eucalyptus grandis*

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.

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. 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.

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).

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 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.

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. 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. 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.

5. 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).

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*.

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.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, A. H. M.; MARZOLA, L. B.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; ABEL, E. L. S.; ALONSO, J. M. Urban solid waste in the production of *Lafoesia pacari* seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 83-87, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p83-87>

ALBANO, F. G.; CAVALCANTE, I. H. L.; MACHADO, J. S.; LACERDA, C. F.; SILVA, E. R.; SOUSA, H. G. New substrate containing agroindustrial carnauba residue for production of papaya under foliar fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 218-133, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p128-133>

AMARAL, F. H. C.; NOBREGA, J. C. A.; NOBREGA, R. S. A.; LUSTOSA FILHO, J. F.; AMORIM, S. P. N. Growth of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit favored by organic waste in the Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 7, p. 612-617, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n7p612-617>

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**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600011>

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

COSTA, M. B. B. **Adubação orgânica: nova síntese e novo caminho para a agricultura**. São Paulo: Ícone, 1985. 100p.

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, 2003.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasagrion.v27i2.1483>

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

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**, Belém, v. 58, n. 4, p. 327-334, 2015.

FLORENTINO, L. A.; MOREIRA, F. M. S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereineriae*, microssimbionte de *Sesbania virgata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 215-226, 2009. DOI: <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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>

LU, F.; ZHENG, L.; CHEN, Y.; LI, D.; ZENG, R.; LI, H. Soil microorganisms alleviate the allelopathic effect of *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* leachates on *Brassica chinensis*. **Journal of Forestry Research**, US, p. 1-5, Ap. 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s11676-017-0379-6>

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

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

- PEREIRA, A. P. A.; ANDRADE, P. A. M.; BINI, D.; DURRER, A.; ROBIN, A.; BOUILLET, J. P.; ANDREOTE, F. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Shifts in the bacterial community composition along deep soil profiles in monospecific and mixed stands of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium*. **PLoS One**, v. 12, p. 1-15, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0180371>
- ROCHA, B. C. F.; SANTOS, E. O. S.; SANTOS, J. G. D.; TAKAKO, A. K.; CASTRO, F. J. Land use and vegetation cover on native symbionts and interactions with cowpea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 116-121, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p116-121>
- RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. I. Crescimento, absorção e transferência de nitrogênio entre plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 583-591, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000400002>
- RUDAWSKA, M.; LESKI, T.; AUČINA, A.; KARLIŃSKI, L.; SKRIDAILA, A.; RYLIŠKIS, D. Forest litter amendment during nursery stage influence field performance and ectomycorrhizal community of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings outplanted on four different sites. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 395, p. 104-114, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.002>
- SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000200002>
- 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, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000200048>
- SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, K. F.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. **Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).
- SCHWARTZ, G.; PEREIRA, P. C. G.; SIVIERO, M. A.; PEREIRA, J. F.; RUSCHEL, A. R.; YARED, J. A. G. Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: A financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 390, p. 166-172, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.031>
- 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.
- 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**, Natal, v. 4, p. 56-66, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.3931>
- 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. 299-325.
- ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria* x *ananassa* Duch.)**. 2011. 96f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0086>