

Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild

Marcos Vinicius Winckler Caldeira^{1*}, Marcilene Favalessa¹, Elzimar de Oliveira Gonçalves¹, William Macedo Delarmelina¹, Fernando Elair Vieira Santos¹, Márcio Viera²

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

*Autor correspondente, e-mail: mvwcaldeira@gmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi testar a utilização de lodo de esgoto com diferentes componentes como substrato na produção de mudas de *Acacia mangium*. O estudo foi desenvolvido no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, Alegre. Os tratamentos foram compostos por diferentes composições de substrato contendo lodo de esgoto (LE) associado à casca de arroz *in natura* (CA), vermiculita (VERM) e ao composto orgânico (CO), além dos tratamentos com 100% de lodo de esgoto (LE) e com substrato comercial (SC). A utilização de casca de arroz *in natura* proporcionou baixa média para as características avaliadas e o substrato comercial proporcionou as menores médias para todas as características avaliadas. A utilização de vermiculita proporcionou médias intermediárias para as características avaliadas. Constatou-se que os tratamentos com lodo de esgoto associado ao composto orgânico, foram os que mais se destacaram diante das características morfológicas avaliadas, sendo a utilização de 40% de LE + 60% de CO o mais indicado para a produção de mudas da espécie.

Palavras-chave: Composto orgânico, viveiro florestal, características morfológicas

Based substrates of sewage sludge for the production of seedlings of *Acacia mangium* Wild

Abstract

The aim of this study was to test the use of sewage sludge as substrate with different components in the production of seedlings of *Acacia mangium*. The study was conducted in the Nursery Department of Forest Science and Wood Center for Agricultural Sciences, Federal University of Espírito Santo-UFES, Alegre. The treatments consisted of sewage sludge (LE) associated with rice husk *in natura* (CA), vermiculite (RED) and the organic compound (CO), and treatment with 100% sewage sludge (LE) and substrate commercial (SC). The use of rice husk *in natura* provides low average for the traits evaluated and commercial substrate yielded the lowest average for all traits. The use of vermiculite provided intermediate averages for the traits evaluated. It was found that treatments with sewage sludge associated with the organic compound, were those who stood out in front of the morphological characteristics evaluated, and the use of 40% CO + 60% CO best suited for the production of seedlings of the species.

Keywords: Organic compost, forest nursery, morphological characteristics

Introdução

A *Acacia mangium* Willd destaca-se pela rusticidade e adaptabilidade às condições edafoclimáticas adversas, pelo rápido crescimento, elevada produção de biomassa e capacidade de formar simbioses com microrganismos do solo (Colonna et al., 1991). Possui um potencial de uso em programas de reforestamento e recuperação de áreas degradadas, possibilitando a produção de celulose, carvão, madeira e demais produtos (Embrapa, 1999).

A formação de mudas florestais de qualidade está relacionada com o manejo e condução das mudas no viveiro e com os substratos utilizados, pois a germinação de sementes, formação do sistema radicular e parte aérea estão associadas com a aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes que são particularidades de cada substrato (Caldeira et al., 2011a; 2011b).

Os substratos utilizados para a produção de mudas, de uma maneira geral, podem ser formados por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais, porém estes devem apresentar características como: ser de fácil manuseio, fácil disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos, possuir elementos essenciais, de baixo custo, boa textura e estrutura (Caldeira et al., 2011a; 2011b).

Outro fator que deve ser considerado é o fato de alguns materiais estarem concentrados em regiões específicas do país, tornando-se escassos e caros em regiões mais distantes. Sendo assim, é de extrema necessidade a realização de estudos com a finalidade de inventariar os materiais disponíveis nas diferentes regiões, a fim de identificar matérias-primas regionais e de baixo valor econômico, para que possam ser utilizadas como novas opções para a formulação de substratos, que possibilitem consequentemente, a redução de custos, o aumento da rentabilidade e a independência do agricultor na produção de mudas (Duarte et al., 2002).

Os resíduos industriais, urbanos ou agroindústrias, em especial o lodo de esgoto,

são alternativas viáveis para serem utilizados como mistura de substrato, pois grandes volumes destes produtos são gerados e representam um problema ambiental quanto a uma destinação apropriada. Portanto, a utilização desses resíduos como componente do substrato, além de propiciar uma economia na produção de mudas, garante um destino apropriado para os mesmos, evitando que seu acúmulo se torne um problema ambiental.

Considerando a importância do tema, é primordial que ocorra um aumento dos estudos em relação aos substratos, uma vez que esses podem auxiliar na avaliação de novas alternativas para sua formulação e utilização, diminuindo o custo de produção e aumentando a qualidade das mudas levadas para plantio no campo.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de lodo de esgoto como componente do substrato na produção de mudas de *Acacia mangium*.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre-ES. O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação anual média de 1104 mm e temperatura média anual de 24,1°C, com máximas diárias de 31°C e mínimas de 20,2°C (Maia et al., 2007).

A descrição dos componentes utilizados juntamente com o Lodo de Esgoto na formulação dos tratamentos é apresentada a seguir: O componente do substrato lodo de esgoto foi adquirido na Empresa de Saneamento Foz do Brasil, produzidos na Estação de Tratamento de Esgoto de Pacotuba, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim/ES. Antes de ser utilizado na formulação dos substratos, o mesmo foi peneirado em malha de 3 mm. Na Tabela 1, encontram-se os teores de metais pesados presentes no lodo de esgoto. De acordo com a resolução CONAMA – 375/2006, esse material está apto para uso em ambientes agrícolas.

Tabela 1. Teores de elementos químicos e valor de pH no lodo de esgoto doado pela Foz do Brasil S.A. na estação de tratamento de esgoto de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Análises	Unidades	Resultados Analíticos ¹	CONAMA 375/2006
Arsênio		< 0,5	41
Bário		156	1300
Cádmio		< 0,053	39
Chumbo		29	300
Cobre		98	1500
Cromo		26	1000
Molibdênio		3,5	50
Níquel	mg dm ⁻³	11	420
Selênio		< 0,5	100
Zinco		409	2800
Fósforo Total		4128	-
Nitrogênio Total Kjeldahl		5646	-
Nitrogênio Amoniacal		60	-
Potássio		1623	-
Sódio		399	-
pH (Suspensão a 5%)	-	5,2	-
Enxofre	%	1,30	-
Carbono Orgânico Total		16,00	-

¹Resultados fornecidos pela Foz do Brasil S.A.

O composto orgânico foi formulado utilizando iguais proporções em volume (1:1) de esterco bovino e palha de café *in natura* os quais foram misturados até atingir homogeneidade. Em seguida o composto permaneceu exposto a pleno sol em ambiente aberto por cerca de 60 dias. A casca de arroz *in natura* com granulometria em sua forma natural (sem segregação) foi adquirido em Muniz Freire-ES. O substrato comercial (60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus) foi procedente da Fibría S.A. (Unidade Aracruz).

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado formado por 14 tratamentos com cinco repetições de oito plantas. Foram utilizados cinco componentes: lodo de esgoto (LE), vermiculita (VERM), composto orgânico (CO) e casca de arroz *in natura* (CA), além de substrato comercial (SC) (60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus mais terra vegetal). Cada tratamento corresponde a uma formulação de substrato, sendo T1 - 80% LE + 20% VERM; T2 - 60% LE + 40% VERM; T3 - 40% LE + 60% VERM; T4 - 20% LE + 80% VERM; T5 (80% LE+20% CO); T6 - 60% LE + 40% CO; T7 - 40% LE + 60% CO; T8 - 20% LE + 80%CO; T9 - 80% LE + 20% CA; T10 - 60% LE + 40% CA; T11 - 40% LE + 60% CA; T12 20% LE + 80% CA; T13 - 100% LE; T14 - 100% SC que foram utilizados para o posterior preenchimento dos tubetes.

A análise química, para determinação dos teores disponíveis nos substratos, foi realizada de acordo com metodologia proposta por EMBRAPA (2009). As análises foram realizadas no laboratório de Recursos Hídricos/DCFM/CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES (Tabela 2), antes da implantação das espécies e da adubação de base que consistiu no uso de: 750g de sulfato de amônio; 1.667g de superfosfato simples e 172g de cloreto de potássio por metro cúbico de substrato (Gonçalves et al., 2000).

As análises físicas (Tabela 3) foram realizadas no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), corresponderam à determinação da densidade (Dens) do substrato, porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), macroporosidade (Macrop), microporosidade (Microp), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD), conforme Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007).

As sementes de *Acacia mangium* foram provenientes de doação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/Roraima e passaram por processo de superação de dormência por meio de imersão das sementes em água fervente por 30 segundos a 1 minuto (Fowler & Bianchetti, 2000), sendo realizado a semeadura logo após o procedimento.

Tabela 2. Teores disponíveis de macro e micronutrientes e características químicas dos substratos.

Tratamentos	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					%		
T1 (80% LE+20% VERM)	4,0	154	132	87	17,7	5,8	0,9	19,3	43,6	24,2	55,6	3,6
T2 (60% LE+40% VERM)	4,1	132	125	133	12,5	4,7	0,9	19,7	37,8	18,2	48,0	4,7
T3 (40% LE+60% VERM)	4,0	123	92	151	10,0	4,6	0,7	15,2	30,6	15,5	50,5	4,3
T4 (20% LE+80% VERM)	4,4	62	72	191	5,7	4,3	0,7	11,3	22,4	11,0	49,4	6,0
T5 (80% LE+20% CO)	4,4	195	266	57	13,0	5,4	0,5	17,5	36,9	19,4	52,6	2,5
T6 (60% LE+40% CO)	4,7	211	384	26	16,5	5,7	0,3	17,3	40,6	23,3	57,3	1,3
T7 (40% LE+60% CO)	5,3	226	631	23	11,6	6,7	0,1	11,5	31,5	20,0	63,5	0,5
T8 (20% LE+80%CO)	5,9	206	625	16	10,4	7,6	0,1	7,5	27,2	19,7	72,4	0,3
T9 (80% LE+20% CA)	4,3	182	470	25	13,1	3,2	0,5	23,5	41,0	17,5	42,7	2,8
T10 (60% LE+40% CA)	4,6	200	834	25	10,2	2,8	0,5	18,5	33,7	15,2	45,2	3,2
T11 (40% LE+60% CA)	4,9	180	896	20	7,5	2,1	0,3	15,5	27,5	11,9	43,6	2,4
T12 (20% LE+80% CA)	5,7	204	1170	20	3,9	1,9	0,4	10,2	19,0	8,8	46,6	4,3
T13 (100% LE)	4,0	204	144	71	12,5	4,8	0,9	23,0	41,0	18,0	44,0	4,8
T14 (100% SC)	6,6	189	470	20	13,1	13,9	0,0	7,0	35,3	28,3	80,2	0,0

LE - Lodo de esgoto; VERM - Vermiculita; CO - Composto orgânico; CA - Casca de arroz in natura; SC - Substrato comercial

Tabela 3. Caracterização física dos substratos formulados antes da semeadura.

Tratamentos	Dens	PT	EA	Macrop	Microp	AFD	AT	AD
	g cm ⁻³							
T1 (80% LE+20% VERM)	0,21	75	17	23	52	25	5	30
T2 (60% LE+40% VERM)	0,26	79	21	27	52	20	5	26
T3 (40% LE+60% VERM)	0,19	81	22	32	49	17	6	22
T4 (20% LE+80% VERM)	0,11	82	21	38	44	12	6	17
T5 (80% LE+20% CO)	0,05	81	19	40	41	11	5	16
T6 (60% LE+40% CO)	0,18	75	14	26	49	27	4	31
T7 (40% LE+60% CO)	0,15	76	18	26	50	25	4	29
T8 (20% LE+80%CO)	0,12	73	16	25	48	25	4	29
T9 (80% LE+20% CA)	0,10	75	20	25	50	24	3	27
T10 (60% LE+40% CA)	0,18	73	25	20	53	20	4	24
T11 (40% LE+60% CA)	0,13	65	28	17	48	14	3	17
T12 (20% LE+80% CA)	0,11	69	41	16	53	9	1	10
T13 (100% LE)	0,05	63	43	15	48	5	0	5
T14 (100% SC)	0,32	85	26	33	52	19	3	23

LE - Lodo de esgoto; VERM - Vermiculita; CO - Composto orgânico; CA - Casca de arroz in natura; SC - Substrato comercial.

Realizou-se a semeadura direta, de forma manual, em que cada tubetecom capacidade volumétrica de 280 cm³ recebeu três sementes, as quais foram cobertas com uma fina camada de lodo de esgoto. Os tubetes com as sementes foram acondicionados em bandejas, com capacidade de 54 células, em bancadas suspensas a 80 centímetros de altura do solo dentro da casa de sombra, coberta com tela que permite a passagem de 50% da luminosidade. Decorridos 20 dias da semeadura, foi realizado o raleio, permanecendo apenas uma muda por tubete, sendo aquela de maior vigor e posicionamento.

A irrigação foi realizada com microaspersores quatro vezes ao dia, por sistema de irrigação automático, sendo realizadas duas

irrigações na parte da manhã e duas na parte da tarde.

Quando as mudas atingiram 100 dias após a semeadura foram mensuradas as seguintes características morfológicas: altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação entre altura e o diâmetro do coleto (H/DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação entre massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular (RMSPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD).

A massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) foi obtida por meio da separação da parte aérea (folhas e caule) e raiz por meio de corte em nível do substrato, separação e pesagem das partes vegetais após a secagem

em estufa de circulação de ar forçada a 70°C, por um período de aproximadamente 72 h. O Índice de Qualidade de Dickson foi obtido pela fórmula (Dickson et al. 1960 citado por Fonseca et al., 2002):

$$IQD = \frac{MST(g)}{H(cm)/DC(mm) + MSPA(g)/MSR(g)}$$

Em que:

MST(g) = Massa seca total;

H(cm) = Altura;

DC(mm) = Diâmetro do coleto;

MSPA(g) = Massa seca da parte aérea;

MSR(g) = Massa seca da raiz.

As características mensuradas foram submetidas à análise estatística e para comparação de médias de tratamentos utilizou-se o teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância, utilizando o programa SISVAR.

Resultados e Discussão

As características morfológicas e os índices de qualidade das mudas avaliadas nesse experimento apresentaram respostas distintas entre si. Pela análise de variância observou-se efeito significativo dos substratos em todas as características analisadas (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Acaciamangium* aos 100 dias de idade.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	H/DC	IQD
T1 (80% LE+20% VERM)	20,87 c	2,48 c	8,42 a	0,25 b
T2 (60% LE+40% VERM)	20,57 c	2,50 c	8,23 a	0,26 b
T3 (40% LE+60% VERM)	24,90 b	2,90 b	8,59 a	0,27 b
T4 (20% LE+80% VERM)	13,27 e	1,82 d	7,29 a	0,20 d
T5 (80% LE+20% CO)	22,60 b	2,46 c	9,19 a	0,17 d
T6 (60% LE+40% CO)	24,13 b	2,72 c	8,87 a	0,22 c
T7 (40% LE+60% CO)	27,93 a	3,33 a	8,39 a	0,34 a
T8 (20% LE+80% CO)	20,43 c	2,60 c	7,86 a	0,27 b
T9 (80% LE+20% CA)	18,00 d	2,16 c	8,33 a	0,18 d
T10 (60% LE+40% CA)	10,30 e	1,66 d	6,21 b	0,23 c
T11 (40% LE+60% CA)	5,80 f	1,35 e	4,30 c	0,22 c
T12 (20% LE+80% CA)	4,23 f	0,97 f	4,36 c	0,16 d
T13 (100% LE)	16,60 d	2,33 c	7,12 a	0,23 c
T14 (100% SC)	4,07 f	1,01 f	4,03 c	0,18 d
F	**	**	**	**
CV%	12,25	8,86	10,24	15,33

Nota: **significativo (P<0,01); Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (P>0,05).

Tabela 5. Massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR) e relação massa seca da raiz/parte aérea de mudas de *Acacia mangium* aos 100 dias de idade.

Tratamentos	MSPA (g)	MSR(g)	MST(g)	RMSPAR
T1 (80% LE+20% VERM)	1,13 b	1,22 a	2,35 b	0,93 c
T2 (60% LE+40% VERM)	1,26 b	1,16 a	2,41 b	1,08 b
T3 (40% LE+60% VERM)	1,43 b	1,24 a	2,67 b	1,15 b
T4 (20% LE+80% VERM)	0,70 c	0,87 b	1,58 c	0,80 c
T5 (80% LE+20% CO)	0,87 c	0,85 b	1,72 c	1,02 c
T6 (60% LE+40% CO)	1,22 b	1,03 a	2,25 b	1,19 b
T7 (40% LE+60% CO)	2,26 a	1,23 a	3,49 a	1,83 a
T8 (20% LE+80% CO)	1,42 b	1,06 a	2,48 b	1,35 b
T9 (80% LE+20% CA)	0,91 c	0,77 b	1,69 c	1,19 b
T10 (60% LE+40% CA)	0,53 d	1,02 a	1,55 c	0,52 c
T11 (40% LE+60% CA)	0,44 d	0,66 c	1,08 d	0,68 c
T12 (20% LE+80% CA)	0,35 d	0,67 c	0,81 d	0,76 c
T13 (100% LE)	1,19 b	0,77 b	1,97 b	1,54 a
T14 (100% SC)	0,24 d	0,55 c	0,78 d	0,43 c
F	**	**	**	**
CV%	20,21	14,70	11,75	26,10

Nota: **significativo (P<0,01); Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (P>0,05).

A altura das plantas fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como boa medida do potencial de desempenho das mudas (Gomes et al., 2002). Nesse estudo, a média da altura das plantas foi maior no tratamento T7 (40% de lodo de esgoto + 60% de composto orgânico), resultado que pode estar ligado e justificado pela combinação de porosidade adequada desse tratamento, segundo Gonçalves & Poggiani (1996), juntamente com a matéria orgânica fornecida pelo esterco bovino e lodo de esgoto. Menores médias para altura foram avaliadas nos tratamentos T11 (40% LE+60% CA), T12 (20% LE+80% CA) e T14 (100% SC), nos quais pode-se inferir que os tratamentos não obtiveram bom fornecimento de nutrientes principalmente devido a baixa decomposição da casca de arroz *in natura* o que prejudicou seu crescimento. A utilização de casca de arroz carbonizada possivelmente pode sanar esse problema.

No presente estudo a maior média de altura foram obtidos nos tratamentos que continham esterco bovino como parte do substrato. Corroborando com o presente estudo Artur et al. (2007), observaram que o uso de esterco bovino proporcionou bons resultados na produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss) e de forma contrária ao obtido no presente estudo Sobrinho et al. (2010) em um estudo de com mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) observaram que as menores alturas foram obtidas com os substratos que continham esterco bovino.

De acordo com Daniel et al. (1997), o diâmetro do coleto é avaliado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo e afirmam que, mudas de *A. mangium* de boa qualidade devem apresentar diâmetro do coleto maior que 2 mm. Sendo assim, os tratamentos T4 (20% LE + 80% VERM), T10 (60% LE + 40% CA), T11 (40% LE + 60% CA), T12 (20% LE + 80% CA) e T14 (100% SC) não se enquadram no diâmetro mínimo estabelecido pelos autores. Gonçalves et al. (2000) consideram que o diâmetro do coleto adequado a mudas de espécies florestais de qualidade está entre 5

e 10 mm. Tomando como base a afirmação dos autores pode-se inferir que nenhum dos tratamentos do presente estudo se enquadrou no diâmetro mínimo proposto pelos autores, o que pode ser explicado devido a espécie e manejo adotado no viveiro, que pode facilmente modificar o diâmetro do coleto, sendo assim, estes valores podem variar em função de adubações de cobertura aplicadas no decorrer da produção de mudas (Carneiro, 1995; Caldeira et al., 2007).

A relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) das mudas de *A. mangium* variaram entre 4,03 e 9,19, Os tratamentos compostos por casca de arroz *in natura* (exceto T9) e o testemunha (T14) apresentam as menores médias para a característica H/DC. Conforme a indicação de Carneiro (1995), a relação H/DC deve situar-se entre 5,4 a 8,1. Desta forma apenas os tratamentos T4(20% LE+80% VERM), T8(20% LE+80%CO), T10(60% LE+40% CA) e T12 (20% LE+80%) se enquadram dentro da faixa considerada adequada.

De acordo com Arthur et al. (2007), a relação altura/diâmetro do coleto é utilizada para avaliar a qualidade das mudas florestais pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo. Segundo os mesmos autores mudas com diâmetro do coleto menor em relação aquelas com maior diâmetro do coleto apresentam dificuldades para se manter eretas após o plantio em campo e o tombamento pode resultar em morte ou deformações, que comprometem o valor silvicultural da planta. Mudas com diâmetro do coleto pequeno e alturas elevadas são consideradas de qualidade inferior em relação às menores em altura e com maior diâmetro do coleto (Reis et al., 2008).

Dentre as características analisadas para avaliar a qualidade de mudas como as citadas acima, o índice de qualidade de 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).

Estabelecendo como valor mínimo

do IQD de 0,20 como recomendado por Hunt (1990), observa-se que as mudas de *A. mangium*, produzidas nos tratamentos T4(20% LE+80% VERM), T5(80% LE+20% CO), T9(80% LE+20% CA), T12(20% LE+80% CA) e T14(100% SC), apresentaram valores inferiores aos mencionados pelo autor, indicando que as mudas não apresentam qualidade para serem plantadas no campo.

Segundo Gomes & Paiva (2004), quanto maior o valor do IQD, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Tomando como base essa afirmação, pode-se considerar que as mudas produzidas no tratamento T7(40% LE+60% CO) são as de melhor qualidade e que possivelmente melhor se adaptarão ao plantio no campo.

Segundo Weber et al. (2003), os menores valores de IQD associados aos tratamentos que continham casca de arroz, vermiculita e substrato comercial, decorrem devido à má agregação física e uma possível limitação de nutrientes e pouca retenção de água na mistura desses compostos, podendo ser um dos fatores para um desempenho menos destacado das mudas que continham estes materiais em sua composição.

Vários estudos na literatura (Caldeira et al., 2008a; Caldeira et al., 2008b; Saidelles et al., 2009; Trazzi et al., 2010) mostram que o índice de qualidade de Dickson é uma característica variável. É possível observar que este índice pode variar em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (Caldeira et al., 2005; 2007). Nesse sentido, apesar de determinados tratamentos apresentarem maiores médias para essa característica, não é possível afirmar que as mesmas, como as encontradas nesse trabalho, apresentarão um bom índice para o crescimento das mudas após o seu plantio em campo.

Gomes & Paiva (2004) comentam que a massa seca da parte aérea (Tabela 5), deve sempre ser considerada como característica de qualidade das mudas, apesar de ser um método destrutivo, visto que indica a rusticidade de uma muda, pois está relacionada com um melhor vigor e capacidade fotossintética, desejável que a mesma se encontre no seu nível máximo,

quanto maior a sua média, mais rusticada será.

Tomando como base essa afirmação, é possível concluir que as mudas que foram produzidas nos tratamentos T7(40% LE+60% CO) são as mais rústicas dentre as mudas produzidas. Fato que pode estar ligado às boas associações que a matéria orgânica proporciona ao substrato. Trazzi et al. (2012) avaliando a qualidade de mudas de *Murraya paniculata* em diferentes composições de lodo de esgoto e dejetos bovinos observaram que as características morfológicas MSPA e MSR apresentaram maiores valores médios para as mudas produzidas nos substratos com maiores proporções de matéria orgânica, seja com adição de lodo de esgoto ou de dejetos bovinos.

Os tratamentos T7 (40% LE + 60% CO) e T8 (20% LE + 80% CO) apresentaram microporosidade e teores de água disponíveis considerados adequados em relação à classificação de Gonçalves & Poggiani (1996), o que possivelmente melhorou o crescimento da parte aérea das mudas (Tabela 3).

De acordo com os valores obtidos por meio da análise física quando comparados com valores de referência de Gonçalves & Poggiani (1996) os tratamentos T8, T9, T10, T11, T12 e T13 estão abaixo do valor considerado como ideal para a porosidade total.

No que se refere à macroporosidade somente os tratamentos T4 e T5 apresentaram valores dentro do considerado por Gonçalves & Poggiani (1996), contrariamente apenas os dois tratamentos apresentaram valores abaixo do adequado em relação à microporosidade. A macroporosidade está relacionada com a quantidade de poros ocupados pelo ar, assim, os substratos que apresentam baixa macroporosidade podem apresentar alta microporosidade, que é o espaço ocupado pela água.

Nesse sentido, os substratos irão reter muita água e as raízes das plantas terão dificuldades em respirar. Segundo Ferrari (2003) a porosidade deve apresentar um bom equilíbrio entre os macroporos e microporos, o que determinará a capacidade de drenagem do substrato.

A casca de arroz é um subproduto

agrícola de baixo valor nutricional. A sua utilização como substrato na composição dos tratamentos pode ter levado as baixas médias de MSPA.

Trigueiro & Guerrini (2003) verificaram que a produção de massa seca da parte aérea em mudas de *Eucalyptus grandis* foi superior com o uso de substrato comercial, apresentando 1,23 g planta⁻¹ aos 120 dias, resultado diferente ao encontrado no presente trabalho, uma vez que as mudas produzidas utilizando substrato comercial apresentaram a menor média de massa seca da parte aérea.

A massa seca das raízes tem sido reconhecida por diferentes autores como uma das mais importantes e melhores características para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (Gomes & Paiva, 2004). Os maiores valores de massa seca da raiz foram obtidos com os tratamentos T7 (40% LE + 60% CO) e T8 (20% LE+80%CO) e as menores médias nos T11 (40% LE+60% CA), T12 (20% LE+80% CA) e T14 (100% SC).

Segundo Carneiro (1995), maiores valores para a massa seca da raiz são indicadores de maior porcentagem de sobrevivência no campo, uma vez que a presença de raízes fibrosas permite maior capacidade de as mesmas manterem-se em crescimento e de formação de raízes novas, mais ativas, possibilitando maior resistência em condições extremas.

Para MST, os resultados não foram diferentes da massa seca da parte aérea e radicular. As maiores médias foram encontradas nos tratamentos T7 (40% LE + 60% CO) e T8 (20% LE+80%CO) e as menores nos T11 (40% LE+60% CA), T12 (20% LE+80% CA) e T14 (100% SC).

Os tratamentos em que foram encontradas as maiores médias de MST (Tabela 5) demonstram que teores acima de 60% de composto orgânico na composição de substratos são benéficos para o crescimento em altura das mudas de *A. mangium* e conseqüentemente um maior valor de MST das mudas. Cunha et al. (2006), verificaram que a presença do esterco bovino na combinação de substratos, promoveu o melhor desempenho de MST das mudas de *Acacia* sp.

A característica RMSPAR é comumente

utilizada como padrão de qualidade nas medições de crescimento de mudas, e ficou estabelecida como 2,0 sendo a melhor relação entre essas duas características (Gomes & Paiva, 2004). Sendo assim apenas os tratamentos T7 (40% LE + 60% CO) e T13 (100% LE) se aproximam do valor estabelecido como ideal. Caldeira et al. (2008) reitera que a RMSPAR deve ser de 2:1, para que as mudas alcancem melhor qualidade, obtendo assim, melhor aproveitamento quando levadas à campo.

A relação RMSPAR é comumente menor em ambiente de baixa fertilidade, podendo ser considerada uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes naquela condição (Tedesco et al., 1999). No entanto, de acordo com a análise química os tratamentos que demonstraram menores valores de RMSPAR não são inferiores aos demais quando se compara a fertilidade.

Andrade Neto et al. (1999), cometam que o substrato comercial possui boas características físicas, mas necessita da complementação de nutrientes por meio da aplicação de solução nutritiva para se obterem mudas de melhor qualidade. Diante desses aspectos, a propriedade física do substrato comercial sem a complementação com nutrientes, podem ser as possíveis causas das baixas médias das características avaliadas nesse trabalho, como a MSPA, MSR e RMSPAR.

De acordo com Rodrigues et al. (2002) e Fett (2005), o substrato deve apresentar o valor de pH em água em torno de 6,0 a 6,5 e que valores abaixo ou acima do limite considerado adequado, podem trazer problemas à formação da muda, devido à indisponibilidade de alguns nutrientes e fitotoxicidade. Tomando como base a afirmação dos autores supracitados pode-se inferir que todos os tratamentos possuem pH abaixo de 6,0 ou acima de 6,5 que são limites considerados como ideais pelos mesmos autores, sendo os que mais se aproximaram foram os tratamentos T14 (Testemunha) apresentando o valor de 6,6 e T8 apresentando valor de pH 5,9 (Tabela 5) um décimo acima e abaixo respectivamente do limite considerado como adequado.

De acordo com a classificação de

interpretação proposta por Gonçalves & Poggiani (1996), todos os tratamentos apresentam valores abaixo do recomendado para K, Ca, Mg e CTC efetiva.

É possível constatar que os teores baixos e médios de alguns nutrientes não constitui um fator limitante ao crescimento das mudas de *A. mangium* no presente trabalho no que se refere ao tratamento T7 visto que esse tratamento propiciou bom crescimento às mudas.

Conclusões

As mudas produzidas nos tratamentos que continham casca de arroz *in natura* proporcionaram as menores médias para as características avaliadas.

Os tratamentos com composto orgânico em sua composição proporcionaram os melhores resultados em todas as características morfológicas avaliadas para mudas de *Acacia mangium*.

A proporção de 40% de lodo de esgoto + 60% de composto orgânico, foi a que proporcionou as melhores características avaliadas sendo, portanto, a mais indicada para a produção de mudas de *Acacia mangium*.

Referências

Andrade Neto, A., Mendes, A.N.G., Guimarães, P.T.G. 1999. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia* 23(2): 270-280.

Arthur, A.G., Cruz, M.C.P. da, Ferreira, M.E., Barretto, V.C.M., Yagi, R. 2007. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 843-850.

Caldeira, M.V.W., Marcolin, M., Moraes, E., Schaad, S.S. 2007. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. *Ambiência* 3: 1-8.

Caldeira, M.V.W., Rosa, G.N., Fenilli, T.A.B., Harbs, R.M.P. 2008a. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria* 9: 27-33.

Caldeira, M.V.W., Blum, H., Balbinot, R., Lombardi, K.C. 2008b. Uso do resíduo do algodão no

substrato para produção de mudas florestais. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais* 6: 191-202.

Caldeira, M.V.W., Spathelf, P., Barichello, L.R., Vogel, H.L.M., Schumacher, M.V. 2005. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais* 3: 11-17.

Caldeira, M.V.W., Wendling, I., Penchel, R.M., Gonçalves, E.O., Kratz, D., Trazzi, P.A. 2011a. Principais tipos e componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: Caldeira, M.V.W., Garcia, G.O., Gonçalves, E.O., Arantes, M.D.C., Fiedler, N.C. (ed). *Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil*. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. p. 51-100.

Caldeira, M.V.W., Wendling, I., Penchel, R.M., Gonçalves, E.O., Kratz, D., Trazzi, P.A. 2011b. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: Caldeira, M.V.W.; Garcia, G.O.; Gonçalves, E.O.; Arantes, M.D.C.; Fiedler, N.C. (ed) *Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil*. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. p.142-160.

Carneiro, J.G.A. 1995. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. 451p.

Colonna, J. P., Thoen, D., Ducouso, M., Bradji, S. 1991. Comparative effects of *Glomus etunicatum* and P fertilizers on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculated with *Rhizobium*. *Mycorrhiza* 1: 35-38.

Cunha, A.M., Cunha, G.M., Samento, R.A., Cunha, G.M., Amaral, J.F.T. 2006. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore* 30: 207-214.

Daniel, O., Vitorino, A.C.T., Aloisi, A.A., Mazzochin, L., Tokura, A.M., Pinheiro, E.R., Souza, E.F. 1997. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. *Revista Árvore* 21: 163-168.

Duarte, T.S., Fernandes, H.S., Medeiros, C.A.B., Moraes, R.M.D. 2002. Crescimento de mudas de tomateiro em substratos orgânicos. In: Encontro Nacional De Substratos Para Plantas, 3., Campinas. *Anais... Documentos IAC* 70. Instituto Agrônomo, Campinas, Brasil. p. 107.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Brasil, 412 p.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2009. *Embrapa informação*

- Tecnológica. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, Brasil, 627 p.
- Ferrari, M.P. 2003. *Cultivo do eucalipto: produção de mudas*. Sistemas de produção 4. Versão Eletrônica. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto_/03_producao_de_mudas.htm>. Acesso em: 31 maio 2012.
- Fett, M.S. 2005. *Agricultura e pecuária*. SENAI-RS/Departamento Regional. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 01 jun. 2012.
- Fonseca, E.P., Valéri, S.V., Miglioranza, E., Fonseca, N.A.N., Couto, L. 2002. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore* 26: 515-523.
- Fowler, A.J.P., Bianchetti, A. 2000. *Dormência em sementes florestais*. Embrapa Florestas, Colombo, Brasil. 27p. (Embrapa Florestas. Documentos, 40).
- Gomes, J.M., Couto, L., Leite, G.H., Xavier, A., Garcia, S.L.R. 2002. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 26: 655-664.
- Gomes, J.M., Paiva, H.N. 2004. *Viveiros florestais (propagação sexuada)*. Editora UFV, Viçosa, Brasil. 116 p.
- Gonçalves, J.L.M., Santerelli, E.G., Neto, S.P.M., Manara, M.P. 2000. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J.L.M., Benedetti, V. *Nutrição e fertilização florestal*. ESALQ/USP, Piracicaba, Brasil. p. 309-350.
- Gonçalves, L. M., Poggiani, F. 1996. Substratos para produção de mudas florestais. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Resumos... Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, Piracicaba, Brasil. CD-ROM.
- Hunt, G.A. 1990. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Target Seedlings Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations *Proceedings*... United States Department of Agriculture, Forest Service, Fort Collins, USA. p. 218-222.
- Maia, A.R., Lopes, J.C., Teixeira, C.O. 2007. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Revista Ciência e Agrotecnologia* 31: 678-684.
- Mapa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2007. *Instrução Normativa SDA Nº 17. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo*. Brasília, Brasil.
- Reis, E.R., Lúcio, A.D.C., Forte, F.O.S., Lopes, S.J., Silveira, B.D. da. 2008. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. *Revista Árvore* 32: 809-814.
- Rodrigues, C.A.G., Bezerra, B.C., Ishii, I.H., Cardoso, E.L., Soriano, B.M.A., Oliveira, H.O. 2002. *Arborização urbana e produção de mudas de essências florestais nativas em Corumbá, MS*. Embrapa Pantanal, Corumbá, Brasil. 26p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 42).
- Saidelles, F.L.F., Caldeira, M.V.W., Schirmer, W.N., Sperandio, H.V. 2009. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. *Semina: Ciências Agrárias* 30: 173-1186.
- Sobrinho, P.S, Luz, B.P, Silveira, L.S.T, Ramos, T.D, Neves, G.L, Barelli, A.A.M. 2010. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 5: 238-243.
- Tedesco, N., Caldeira, M.V.W., Schumacher, M.V. 1999. Influência do vermicomposto na produção de mudas de caroba (*Jacaranda micrantha* Chamisso). *Revista Árvore* 23: 1-8.
- Trazzi, P.A., Caldeira, M.V.W., Colombi, R. 2010. Avaliação de mudas de *Tecoma stans* utilizando biossólido e resíduo orgânico. *Revista de Agricultura* 85: 128-226.
- Trazzi, P.A., Caldeira, M.V.W., Colombi, R., Gonçalves, E.O. 2012. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. *Floresta* 42: (3) 621-630.
- Trigueiro, R.M., Guerrini, I.A. 2003. Uso de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis* 64: 150-162.
- Weber, O.B., Correia, D., Silveira, M.R.S., Crisóstomo, L.A., Oliveira, E.M., Sá, E.G. 2003. Efeito da bactéria diazotrófica em mudas micropropagadas de abacaxizeiros *Cayenne Champac* em diferentes substratos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 689-696.