

BIOSSOLIDO COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Toona ciliata* VAR. *australis*¹

Marcos Vinicius Winckler Caldeira², Daniele Rodrigues Gomes³, Elzimar de Oliveira Gonçalves², William Macedo Delarmelina⁴, Huezer Viganô Sperandio³ e Paulo André Trazzi⁵

RESUMO – O êxito de plantios florestais não está ligado unicamente à espécie utilizada, mas depende diretamente do tipo de recipiente, da qualidade das sementes e do substrato utilizado. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do biossólido como substrato na produção de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata*). O experimento foi realizado em casa de sombra do Viveiro Florestal/CCA/UFES. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo constituído de seis tratamentos contendo biossólido, em proporções decrescentes, associado com terra de subsolo e dois tratamentos sem o uso de biossólido (esterco bovino + terra de subsolo e substrato comercial, respectivamente), com oito repetições. No geral, os melhores resultados para as características morfológicas analisadas foram obtidos com a utilização de 100 a 70% de biossólido na composição do substrato. Portanto, o biossólido pode ser considerado adequado para o crescimento de mudas de *Toona ciliata* o que demonstra uma alternativa viável de disposição final desse resíduo.

Palavras-chave: Características morfológicas, Resíduos orgânicos, Viveiro florestal e Plantios florestais.

BIOSOLIDS AS SUBSTRATE FOR *Toona ciliata* VAR. *australis* SEEDLINGS PRODUCTION

ABSTRACT – The demand for wood for various purposes increases dramatically to meet the demand and need to produce forest seedlings in quantity and quality, to establish good stands. In this sense, the success of forest plantations is not linked solely to the species used, but directly depends on the type of container, the quality of seeds and substrate used. The objective of this work was to evaluate the influence of biosolids as substrate for the production of seedlings of Australian cedar (*Toona ciliata*). The experiment was conducted in a greenhouse at forest nursery/CCA/UFES. The experimental design was completely randomized, consisting of six treatments with biosolids, in decreasing proportions associated with subsoil, and two treatments without the use of biosolids (manure + soil and commercial substrate, respectively), with 8 repetitions. In general, the best results for the morphological analysis were obtained using 100 to 70% of biosolids in the substrate. Therefore, the biosolids can be considered suitable for the growth of seedlings of *Toona ciliata* which demonstrates a viable alternative for disposal of this waste.

Keywords: Morphological parameters, Organic residues, Forest nursery and Forest plantations.

¹ Recebido em 12.06.2011 aceito para publicação em 04.06.2012

² Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Brasil. E-mail: <mvwcaldeira@gmail.com> e <elzimarog@yahoo.com.br>.

³ Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Brasil. E-mail: <daniele.rodriguesgomes@yahoo.com.br> e <huezer@gmail.com>.

⁴ Graduando no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo Campus Alegre (CCA-UFES), Brasil. E-mail: <williamdm@hotmail.com>.

⁵ Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Brasil. E-mail: <patrazzi@hotmail.com>.

1. INTRODUÇÃO

Entre as espécies para produção florestal, o cedro-australiano (*Toona ciliata*) destaca-se pelas características de sua madeira, como coloração marrom-avermelhada, boa durabilidade, fácil secagem e armazenagem e fácil desdobro (PINHEIRO et al., 2003). Entretanto, o êxito de plantios florestais, tanto para fins de produção quanto de conservação, não está ligado unicamente à espécie utilizada, mas altamente relacionada à qualidade das mudas produzidas, que depende diretamente do tipo de recipiente, da qualidade das sementes e do substrato utilizado.

Nesse sentido, a escolha do substrato deve ser feita em razão das características físicas e químicas dos seus componentes. Segundo Caldeira et al. (1998), esse deve ser eficiente quanto a aeração, drenagem e retenção de água, além dos aspectos econômicos como baixo custo e disponibilidade de material (FONSECA, 2001), avaliando, assim, os diferentes materiais e resíduos de cada localidade.

Na tentativa de contornar os transtornos causados pela crescente produção de lixo e resíduos, têm-se buscado estratégias de reutilização desses rejeitos, sendo uma das quais como componente de substrato.

Nesse contexto, o uso do resíduo sólido oriundo das estações de tratamento de esgoto (ETEs), denominado biossólido, como componente do substrato para produção de mudas, torna-se alternativa viável para a reciclagem desse material, assim como melhor destino para tal do que a disposição em aterros sanitários ou a sua incineração.

O biossólido é um resíduo que pode ser utilizado como condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, considerando-se o seu teor de matéria orgânica (MO) e nutrientes (MELO et al., 1994; VANZO et al., 2001). Estudos com biossólido indicam a presença de MO e nutrientes essenciais para as plantas, como macro (N, P, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cl), observados na revisão feita por Melo e Marques (2000).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da utilização de biossólido como um dos componentes do substrato no crescimento de mudas de *Toona ciliata*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no viveiro florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado na Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 6 (Área Experimental I), no Município de Alegre, ES, localizado na latitude 20°45' S e longitude 41°31' W, com altitude média de 120 m. O clima do local é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso, com precipitação média anual de 1.200 mm.

O estudo foi composto por oito tratamentos (oito substratos) compostos de terra de subsolo (TS), biossólido (BIO), esterco bovino (EB) e substrato comercial (SC), sendo este constituído por 60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus, conforme apresentado na Tabela 1.

O biossólido utilizado no experimento foi procedente da Empresa Foz do Brasil, oriundo da ETE de Cachoeiro de Itapemirim, ES. Na Tabela 2 é apresentada a análise de metais pesados do biossólido empregado no experimento que, de acordo com a Resolução CONAMA - 375/2006 (BRASIL, 2006), está apto para uso em ambientes agrícolas. O material ficou exposto a pleno sol em ambiente aberto por 30 dias e foi posteriormente passado por uma peneira de aço com malha de 3 mm, para homogeneização das partículas.

O esterco bovino foi coletado no setor de bovinocultura da Área de Produção e Experimentação no distrito de Rive/Alegre (CCA/UFES), o qual passou por processo de estabilização biológica no próprio viveiro, durante 30 dias, em que permaneceu depositado em local aberto. Após esse período, o esterco bovino foi peneirado em peneira de 3 mm de malha.

O solo utilizado como componente do substrato é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999), tendo sido coletado na profundidade de 20-40 cm, na Área de Produção e Experimentação de Rive/Alegre (CCA/UFES). O solo também foi peneirado em malha de 3 mm.

Para determinação dos teores totais de nutrientes presentes em cada componente dos substratos formulados para este estudo, foi utilizada a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Para garantir o bom suprimento de nutrientes nas mudas, todos os tratamentos receberam fertilização de base: 750 g de sulfato de amônio, 1.667 g de superfosfato simples e 172 g de cloreto de

Tabela 1 – Componentes dos substratos (tratamentos) utilizados no estudo para produção de mudas de *Toona ciliata* em Alegre – ES.
Table 1 – Components of the substrate (treatments) used in the study for the production of seedlings of *Toona ciliata* in Alegre, ES

Tratamentos	Componentes			
	Terra de Subsolo (TS)	Biossólido (BIO)	Esterco Bovino (EB)	Substrato Comercial (SC)
T 1	-	100	-	-
T 2	15	85	-	-
T 3	30	70	-	-
T 4	45	55	-	-
T 5	60	40	-	-
T 6	75	25	-	-
T 7	70	-	30	-
T 8	-	-	-	100

Tabela 2 – Concentração (mg dm^{-3}) de metais pesados no biossólido utilizado no experimento.

Table 2 – Concentration of (mg dm^{-3}) heavy metals in biosolids used in the experiment

Metais	Resultados Analíticos ¹	Resolução CONAMA - 375/2006 ²
Ar	<0,5	41
Ba	156	1300
Cd	<0,053	300
Pb	29	1500
Cu	98	1000
Cr	26	50

¹Análise realizada pela Foz do Brasil S.A. ¹ Analysis conducted by Foz do Brasil S.A.

²Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

potássio por metro cúbico de substrato (GONÇALVES et al., 2000).

As análises foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos/DCF/CCA-UFES, Jerônimo Monteiro, ES, e são apresentadas na Tabela 3.

As sementes foram adquiridas do Laboratório de Análise de Sementes Florestais da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, e armazenadas em geladeira até o momento da semeadura. Realizou-se a remoção da parte alada das sementes, e procedeu-se à semeadura no dia 25/10/2009 em tubetes com capacidade para 120 cm^3 de substrato, sendo distribuídas manualmente duas sementes por tubete.

Os tubetes com as sementes foram acondicionados em bandejas com capacidade para 54 células, em bancadas suspensas a 80 cm do solo dentro da casa de sombra,

coberta com tela que permite a passagem de 50% de luminosidade. A emergência das plantas iniciou 15 dias após a semeadura. Após 40 dias de sua emergência, foi realizado o raleio, mantendo a muda com maior crescimento e na posição central do recipiente.

A adubação de cobertura foi realizada seguindo-se a rotina do viveiro aos 100 dias após a germinação, com uma solução de sulfato de amônio (20-00-00). Foram utilizados 150 g do sulfato de amônio dissolvidos em 10 L de água. As plantas foram adubadas com o auxílio de uma bomba costal.

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, fornecendo 12 mm de lâmina de água diariamente.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, constituindo oito tratamentos, com oito repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída pela média de cinco plantas.

Aos 180 dias após a semeadura, as características analisadas foram: a) diâmetro do coleto (DC) – medido na altura do colo da planta, com o auxílio de um paquímetro digital; b) altura (H) – determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com o auxílio de uma régua graduada em milímetros; c) relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD); d) massa seca da parte aérea (MSPA) – cortado ao nível do coleto, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante; e) massa seca do sistema radicular (MSR) – as raízes foram separadas da parte aérea, acondicionadas

Tabela 3 – Teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos materiais utilizados para formulação dos substratos**Table 3** – Total concentrations of macro and micronutrients, organic matter (MO) and C/N ratio of materials used for the substrates formulation

Substrato	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	C/N
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					g kg ⁻¹	
SC ¹	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	44	9200	199	10	14	145,9	9,6
TS ²	0,4	0,5	0,8	11,4	2,2	0,06	39	37880	83	11	9	7,0	10,2
EB ³	4,6	1,6	4,5	12,7	5,1	0,05	68	12560	216	11	10	84,0	10,6
BIO ⁴	13,3	2,5	0,8	8,9	2,4	0,14	231	17480	157	53	8	65,5	2,9

¹SC (substrato comercial - 60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus mais terra vegetal), ²TS (Terra de subsolo), ³EB (Esterco bovino), ⁴BIO (Biossólido).

em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até a obtenção de peso constante; f) massa de matéria seca total (MST) – obtida através da soma da MSPA e MSR; g) relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular (RMSPAR); e h) índice de qualidade de Dickson (IQD) obtido pela fórmula de Dickson et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{H_{(cm)}/DC_{(mm)} + MSPA_{(g)}/MSR_{(g)}}$$

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

As características morfológicas avaliadas na produção de mudas de *Toona ciliata* apresentaram respostas distintas entre si, conforme mostrado na Tabela 4.

Para a característica altura, verificou-se que os valores médios dos tratamentos variaram entre 8,4 e 18,5 cm. O limite inferior foi verificado no tratamento T5 (60% TS + 40% BIO), já a máxima altura, verificada no substrato de T3 (30% TS + 70% BIO), que não diferiu de forma significativa dos substratos dos tratamentos T1 (100% BIO), T2 (15% TS + 85% BIO), T6 (75% TS + 25% BIO), T7 (70% TS + 30% EB) e T8 (100% SC).

O tratamento T3 (70% BIO + 30% TS) sobressaiu em relação à característica diâmetro do coleto, apresentando média de 8,6 mm, contudo não diferindo estatisticamente dos tratamentos T1 (100% BIO), T2 (15% TS + 85% BIO) e T6 (75% TS + 25% BIO). Os menores valores médios de diâmetro de coleto foram evidenciados nos substratos contendo 40 e 55% de biossólido.

A comparação das médias pelo teste de Tukey para avaliação da razão altura/diâmetro do coleto diante dos diferentes substratos indicou não haver resposta significativa, sendo todos os tratamentos considerados estatisticamente iguais, tendo valores médios variando entre 1,9 e 2,3.

Com relação à massa de matéria seca da parte aérea, o tratamento que promoveu maior produção média foi o T3 (30% TS + 70% BIO), e para a massa de matéria seca de raízes o melhor tratamento foi o T2 (15% TS + 85% BIO), sendo ambas as características estatisticamente iguais às do tratamento T1, com 100% de biossólido em sua composição.

Neste estudo, a massa de matéria seca total variou de 1,771 a 6,235 g. O maior valor dessa característica foi verificado com a utilização de 100% de biossólido (T1), sendo considerado estatisticamente igual ao dos tratamentos T2 (15% TS + 85% BIO), T3 (30% TS + 70% BIO) e T6 (75% TS + 25% BIO), e o menor valor foi observado nas mudas dos tratamentos T4 (45% TS + 55% BIO) e T5 (60% TS + 40% BIO).

Quando a característica avaliada foi a relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e a da raiz, segundo o teste de Tukey, o tratamento formulado com 30% de terra de subsolo e 70% de biossólido (T3) apresentou resultado superior em relação aos demais tratamentos.

A comparação das médias mostrou resposta significativa quando se analisou o índice de qualidade de Dickson das mudas de *Toona ciliata*, e as médias dos tratamentos variaram entre 0,5 e 2,1. As maiores médias foram associadas às dos tratamentos T1 (100% BIO), T2 (15% TS + 85% BIO), T3 (30% TS + 70% BIO) e T6 (75% TS + 25% BIO).

Tabela 4 – Altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro (RHD), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Toona ciliata* produzidas em diferentes substratos aos 180 dias após a semeadura

Table 4 – Height (H), stem diameter (DC), height/diameter (RHD), shoot dry weight (MSPA), root dry mass (MSR), dry mass ratio of shoot/root (RMSPAR), dry weight total (MST) and quality index Dickson (IQD) of *Toona ciliata* seedlings produced on different substrates at 180 days after sowing

Tratamentos	H (cm)	DC (mm)	RHD	MSPA (g)	MSR (g)	RMSPAR	MST (g)	IQD
T1 (100% BIO)	16,4 a	7,5 ab	2,2 a	2,709 ab	3,526 a	0,78 b	6,235 a	2,1 a
T2 (15% TS + 85% BIO)	17,7 a	8,4 a	2,1 a	2,189 bcd	3,545 a	0,61 b	5,734 a	2,0 a
T3 (30% TS + 70% BIO)	18,5 a	8,6 a	2,1 a	3,574 a	2,558 b	1,42 a	6,132 a	1,7 a
T4 (45% TS + 55% BIO)	10,7 bc	4,6 c	2,3 a	0,840 e	0,983 c	0,88 b	1,824 c	0,5 e
T5 (60% TS + 40% BIO)	8,4 c	4,5 c	1,9 a	0,754 e	1,017 c	0,75 b	1,771 c	0,6 de
T6 (75% TS + 25% BIO)	15,4 ab	7,6 ab	2,0 a	2,388 bc	2,629 b	0,91 b	5,017 a	1,7 a
T7 (70% TS + 30% EB)	14,9 ab	6,4 b	2,3 a	1,483 cde	2,108 b	0,69 b	3,591 b	1,2 bc
T8 (100% SC)	13,8 ab	6,1 bc	2,2 a	1,313 de	1,947 b	0,69 b	3,260 b	1,1 cd
F	**	**	ns	**	**	**	**	**
CV %	16,96	12,59	16,24	26,61	15,13	26,9	15,77	17,6

ns = não significativo ($P > 0,05$); ** = significativo ($P < 0,01$). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, observou-se que o biossólido influenciou positivamente na altura das mudas de *T. ciliata*. Os altos teores de nutrientes e MO na composição desse resíduo (Tabela 1) podem ter contribuído para esse fato, pois, nos estádios iniciais de crescimento das mudas, são requeridos elevados teores de N e P (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003; PELISSARI, 2009), atuando no arranque inicial do crescimento da parte aérea. De acordo com Faustino et al. (2005), os incrementos em altura estão relacionados aos acréscimos de MO no substrato. Diferentes estudos têm mostrado que substratos ricos em MO propiciam melhor crescimento das mudas com boa formação do sistema radicular e melhor balanço nutricional (GONÇALVES; POGGIANI, 1996; CALDEIRA et al., 2007).

Para o plantio em campo de mudas de boa qualidade, Gomes e Paiva (2004) recomendaram uma altura entre 15 e 30 cm. Seguindo os limites de qualidade propostos pelos autores supracitados, os tratamentos T1 (100% BIO), T2 (15% TS + 85% BIO), T3 (30% TS + 70% BIO) e T6 (75% TS + 25% BIO) estão dentro do padrão de qualidade recomendado, porém não diferem estatisticamente dos tratamentos T7 (70% TS + 30% EB) e T8 (100% SC), que apresentaram médias abaixo do limite inferior sugerido.

Silva et al. (2009), com os objetivos de avaliar o efeito dos diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) em sacos de

polietileno e determinar o melhor substrato para a propagação da espécie, encontraram resultados semelhantes utilizando cinco misturas de substratos (v:v:v): A (areia lavada + Plantmax® + solo, 1:1:3); B (casca de arroz carbonizada + Plantmax + solo, 1:1:3); C (casca de arroz carbonizada + húmus de minhoca + solo, 1:1:3); D (esterco bovino + Plantmax® + solo, 1:1:3); e E (esterco bovino + solo, 2:3). Foi observado que a melhor média de crescimento em altura foi de 21,87 cm, obtido com o substrato contendo esterco bovino + Plantmax® + solo, na proporção de 1:1:3.

Segundo Daniel et al. (1997), o diâmetro do coleto é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, devendo ser maior que 2 mm. Por sua vez, Gonçalves et al. (2000) consideraram que o diâmetro do coleto adequado para mudas de espécies florestais de qualidade deve ser entre 5 e 10 mm. Neste estudo, apenas os tratamentos T4 (45% TS + 55% BIO) e T5 (60% TS+40% BIO) não apresentaram médias de diâmetro dentro dos valores propostos por Gonçalves et al. (2000), sendo, portanto, mudas com menor padrão de qualidade.

Resultados contrários foram encontrados por Souza et al. (2006), que obtiveram maiores valores médios de diâmetro do coleto nas mudas de espécies florestais como *Cedrela odorata* (cedro-rosa), *Schinus terebinthifolius* (aroeira) e *Acacia holosericea* (acácia) com a utilização de esterco bovino, não diferindo

estatisticamente dos substratos com esterco de galinha e com a utilização da adubação mineral.

A altura combinada com o diâmetro do coleto constitui uma das mais importantes características morfológicas para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo; além disso, essa relação exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando essas duas importantes características morfológicas em apenas um índice (CARNEIRO, 1995).

Segundo Carneiro (1995), essa relação deve situar-se entre 5,4 e 8,1; e para Birchler et al. (1998) esse índice deve ser menor que 10 para considerar mudas com qualidade. Os valores encontrados neste estudo foram inferiores aos limites indicados por Carneiro (1995) e dentro do proposto por Birchler et al. (1998). Esses valores evidenciaram que as mudas obtiveram baixo crescimento em altura e, em contrapartida, alcançaram grande incremento em diâmetro.

Para massa de matéria seca da parte aérea, os piores resultados foram verificados nos tratamentos T4 (45% TS + 55% BIO), T5 (60% TS + 60% BIO), T7 (70% TS + 30% EB) e T8 (100% SC). Resultados diferentes deste estudo foram evidenciados em experimento realizado por Lucena et al. (2007) com *Cassia siamea* e *Enterolobium maximum*. Esses autores, ao compararem o crescimento das mudas utilizando mistura com terra de subsolo e esterco bovino ou esterco de frango ou esterco de minhoca, nas proporções 1:1 e 2:1 (v:v), constataram que não houve diferença significativa entre a massa de matéria seca da parte aérea nos tratamentos com esterco de frango e esterco bovino das duas espécies, sendo a utilização de grandes proporções de solo prejudiciais ao crescimento de ambas as espécies.

De acordo com Carneiro (1995), o melhor crescimento da raiz é importante para dar suporte à massa de matéria verde produzida pelas plantas, sendo esse crescimento em consequência da qualidade dos substratos (propriedades químicas e físicas). Essa característica morfológica também é reconhecida como um dos mais importantes e melhores para estimar a sobrevivência e crescimento inicial das mudas no campo (CRUZ et al., 2006), sendo as mudas dos tratamentos T1 (100% BIO) e T2 (15% TS + 85% BIO) mais bem preparadas para a sobrevivência no campo, por apresentarem melhor crescimento das raízes em razão, provavelmente, da maior porosidade dos substratos que contêm biofósforo em sua composição.

Resultados semelhantes aos deste trabalho foram verificados em estudo com *Senna siamea*, feito por Faustino et al. (2005), utilizando biofósforo associado com solo na produção de mudas em tubetes, em que esses autores constataram que a maior média de incremento em massa de matéria seca radicular foi obtida no tratamento com 75% de biofósforo, aos 60 dias após a semeadura.

Considerando a massa de matéria seca total, Nóbrega et al. (2007), ao avaliarem o crescimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) submetidas a diferentes doses de terra de subsolo e biofósforo (100:0; 80:20; 60:40; 40:60; e 20:80) sem adubação mineral, constataram que o biofósforo melhorou a fertilidade do substrato, o que proporcionou aumento na biomassa total. Neste estudo, os substratos que continham biofósforo em sua composição apresentaram maiores incrementos de massa de matéria seca total das mudas, com exceção dos tratamentos T4 (45% TS + 55% BIO) e T5 (60% TS + 40% BIO). Santos et al. (2008), em estudo com sete espécies arbóreas nativas, verificaram que, ao se elevar o fornecimento de P, ocorreram aumentos na produção de massa de matéria seca para as espécies estudadas, comprovando que o biofósforo influenciou positivamente na produção de massa, já que possui maior quantidade de P em sua constituição (Tabela 3).

Segundo Carneiro (1995), o valor da RMSPAR deve estar no intervalo de 1 a 2, para existir maior equilíbrio no desenvolvimento da planta. Com base nisso, apenas o tratamento T3 (30% TS + 70% BIO) se tornou adequado, uma vez que apresentou equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e o da raiz, sendo encontrados, nos demais tratamentos, valores médios abaixo de 1 para a variável analisada (RMSPAR).

Ressalta-se, contudo, que a relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e a massa de matéria seca do sistema radicular é dependente da espécie, do tipo de substrato utilizado e de sua fertilidade (CALDEIRA et al., 2000). Vários autores mencionaram que essa razão é comumente menor em ambiente de baixa fertilidade, podendo ser considerada estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes naquela condição (TEDESCO et al., 1999; CALDEIRA et al., 2000).

Padovani (2006), avaliando um composto de biofósforo para produção de mudas de espécies exóticas e nativas, encontrou valor igual a 1,24 no tratamento

apenas com biossólido e valor igual a 0,92, na proporção de 60% BIO e 40% CAC (casca de arroz carbonizada) para mudas de ingá (*Inga uruguensis*).

De acordo com Fonseca et al. (2002), o índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade. Gomes et al. (2002) observaram em *Eucalyptus grandis* que, quanto maior o valor do IQD, melhor o padrão de qualidade das mudas. Gomes e Paiva (2004) salientaram que o IQD deve ter o valor mínimo de 0,20. Entretanto, esses autores fizeram essa análise com base na qualidade de mudas das espécies *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*, podendo, talvez, não ser o mais indicado para a espécie deste estudo. Hunt (1990) também defendeu que o valor mínimo do IQD para avaliação da qualidade das mudas deve ser de 0,20. Dessa forma, tendo como referência para esse parâmetro os propostos por Gomes e Paiva (2004) e Hunt (1990), os substratos que não proporcionaram boa qualidade às mudas de *Toona ciliata* foram os tratamentos T4 (45% TS + 55% BIO), T5 (60% TS + 40% BIO), T7 (70% TS + 30% EB) e T8 (100% SC).

Diferentes trabalhos, como de Trigueiro e Guerrini (2003), Martins et al. (2004) e Assenheimer (2009), comprovaram que a produção de mudas se torna atividade extremamente propícia ao destino do resíduo urbano biossólido. Ressalta-se, contudo, conforme Silva et al. (2002), que é difícil garantir que esses teores de nutrientes no biossólido deste estudo estarão contidos em outros lotes de biossólido, podendo, assim, ocorrer alteração na resposta da espécie em razão da aplicação do resíduo. A referida alteração decorre do fato de os teores de nutrientes e metais pesados terem ampla variação nos lotes das diferentes regiões, sendo dependente da composição do esgoto, do tipo de tratamento em que é produzido e da época do ano.

5. CONCLUSÃO

O biossólido é adequado para o crescimento de mudas de *Toona ciliata* como componente de substrato, demonstrando ser alternativa viável de disposição final para o resíduo.

Para a produção de mudas de *Toona ciliata*, recomenda-se a utilização de 100 a 70% de biossólido, juntamente com, no máximo, 30% de terra de subsolo.

6. REFERÊNCIAS

- ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência**, v.5, n.2, p.321-330, 2009.
- BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v.7, n.1/2, p.109-121, 1998.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 375. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n.167, p.141-146, 2006.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. 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**, v. 3, n. 3, p. 311-323, 2007.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, v.28, n.1/2, p.19-30, 1998.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, n.57, p.161-170, 2000.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 451p.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 537-546, 2006.
- DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, v.21, n.2, p.163-168, 1997.



DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.11-13, 1960.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: 1997. 212p.

FAUSTINO, R. et al. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.278-282, 2005.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** (propagação sexuada). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: SOLO 96 – SUELO CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Águas de Lindóia: SLCS: SBSCS: ESALQ/USP: CEA-ESALQ/USP: SBM, 1996.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200. 1990. Roseburg: **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p.218-222.

LUCENA, A. M. A.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Desenvolvimento de mudas de cássia e tamboril em diferentes composições de substratos. **Revista Verde**, v.2, n.1, p.78-84, 2007.

MARTINS, L. F. S. et al. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta a aplicação de doses crescentes de biossólido. **Scientia Forestalis**, v.65, p.207-218, 2004.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto Ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: 2000. p.109-141.

MELO, W. J. et al. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.449-455, 1994.

NÓBREGA, R. S. A. et al. Utilização de Biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, v.31, n.2, p.239-246, 2007.

PADOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. Campinas, UNICAMP, 2006. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PELISSARI, R. A. Z. et al. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.288-300, 2009.

PINHEIRO, A. L.; LANI, J. L.; COUTO, L.
Cedro-australiano: cultivo e utilização
(*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F.Muell.)
Bahadur. Viçosa, MG: Universidade Federal de
Viçosa, 2003. 42p.

SANTOS, J. Z. L. et al. Crescimento, acúmulo de
fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete
espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**,
v.32, n.5, p.799-807, 2008.

SILVA, E. A. et al. Efeito de diferentes substratos
na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia*
speciosa). **Revista Brasileira de**
Fruticultura, v.31, n.3, p. 925-929, 2009.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D.
Alternativa agrônômica para o biossólido
produzido no Distrito Federal. II – Aspectos
qualitativos, econômicos e práticos de seu uso.
Revista Brasileira de Ciência do Solo,
v.26, p.497-503, 2002.

SOUZA, C. A. et al. Crescimento em campo de
espécies florestais em diferentes condições de
adubações. **Ciência Florestal**, v.16, n.3,
p.243-249, 2006.

TEDESCO, N.; CALDEIRA, M. V. W.;
SCHUMACHER, M. V. Influência do
vermicomposto na produção de mudas de caroba
(*Jacaranda micranta* Chamisso). **Revista**
Árvore, v.23, n.1, p.1-8, 1999.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de
biossólido como substrato para produção de
mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n.64,
p.150-162, 2003.

VANZO, J. E.; MACEDO, L. S.; TSUTIYA, M. T.
Registros da produção de biossólidos. O caso da
ETE de Franca. In: TSUTIYA, M. T. et al.
Biossólidos na agricultura. São Paulo:
SABESP, 2001. p.227-242.

