

**CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL DE SUBSTRATOS FORMULADOS COM BIOSSÓLIDO
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi. e
Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos**

CHARACTERIZATION AND POTENTIAL OF FORMULATED SUBSTRATE WITH BIOSOLIDS IN
Schinus terebinthifolius Raddi. and *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos seedling production

Alan Henrique Marques de Abreu¹ Paulo Sérgio dos Santos Leles² Lucas Amaral de Melo³
Ricardo Rodrigues de Oliveira⁴ Dereck Halley Anthony Alves Ferreira⁵

RESUMO

O lodo de esgoto devidamente compostado (biossólido) apresenta em sua composição quantidades significantes de matéria orgânica e nutrientes para o crescimento vegetal. Desta forma, sua utilização na composição de substratos para produção de mudas florestais passa a representar não apenas um benefício ambiental, mas também uma ótima escolha do ponto de vista técnico e econômico. O objetivo deste trabalho foi caracterizar química e fisicamente substratos à base de biossólido e substrato comercial e verificar o potencial destes para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*. Foram testadas diferentes proporções volumétricas de biossólido (BIO) misturadas ao substrato comercial (SC) para a produção das mudas em tubetes, consistindo nas seguintes formulações: T1 = 0% BIO + 100% SC; T2 = 25% de BIO + 75% SC; T3 = 50% de BIO + 50% SC; T4 = 100% de BIO + 0% SC. Aos 134 dias após a sementeira, foram avaliados os parâmetros morfológicos, altura da parte aérea (H) e diâmetro do coleto (D), matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca das raízes (MSR), relação altura diâmetro (H/D), relação entre a matéria seca da parte aérea e da matéria seca das raízes (MSA/MSR), e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Quanto maior a proporção de biossólido no substrato, maior foi o teor de nutrientes, principalmente N, P e K, e maior foi a capacidade de retenção de água. O biossólido apresentou elevado potencial para composição de substratos na produção de mudas das espécies estudadas. Para *Schinus terebinthifolius* os melhores resultados de crescimento foram observados nos tratamentos T3 e T4, já para *Handroanthus heptaphyllus*, no tratamento T3.

Palavras-chave: *Schinus terebinthifolius*; *Handroanthus heptaphyllus*; lodo de esgoto; qualidade de mudas.

ABSTRACT

The properly composted sewage sludge (biosolid) presents significant amounts of organic matter and nutrients to the plant growth in its composition. Therefore, its utilization in a substrate composition for the seedlings production comes to represent, more than an environment benefit, a great choice from the technical and economical angle. This project aims to characterize biosolid substrates and commercial

1 Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando em Ciências Ambientais e Florestais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 07, CEP 23890-000, Seropédica (RJ), Brasil. alanhenriquem@gmail.com

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor associado do Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 07, CEP 23890-000, Seropédica (RJ), Brasil. pleles@ufrj.br

3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Laboratório de Silvicultura, Campus Universitário, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. lucas.amaral@dcf.ufla.br

4 Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 07, CEP 23890-000, Seropédica (RJ), Brasil. ricardoufrj@gmail.com

5 Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 07, CEP 23890-000, Seropédica (RJ), Brasil. dhaferreira@gmail.com.br

substrate chemically and physically, and to estimate their potential to generate *Schinus terebinthifolius* Raddi. and *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos seedlings. Different volumetric proportions of biosolid (BIO) mixed with commercial substrate (SC) were tested for tube seedlings production, consisting in the following formulas: T1 = 0% BIO + 100% SC; T2 = 25% BIO + 75% SC; T3 = 50% BIO + 50% SC; T4 = 100% BIO + 0% SC. A hundred and thirty-four days after sowing, the following morphological parameters were evaluated, height (H), diameter (D), aerial part dry matter, (MSPA), root dry matter (MSR), height diameter ratio (HD), the ratio of aerial part dry matter and root dry matter (MSPAMSR), and the Dickson Quality Index (IQD). The bigger the substrates biosolid proportion was, the bigger the nutrient level was, mainly of N, P, K, and a bigger capacity of water retention was also found. The biosolid presented high potential for substrate composition in seedling production in the related species. The best results for *Schinus terebinthifolius* growth were observed in T3 and T4 treatments; for the *Handroanthus heptaphyllus*, the best results were observed in the T3 treatment.

Keywords: *Schinus terebinthifolius*; *Handroanthus heptaphyllus*; sewage sludge; seedling quality.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída sob a Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), definiu como uma de suas principais diretrizes, o incentivo para a não geração, redução, reutilização e ao tratamento dos resíduos sólidos, bem como a destinação adequada dos rejeitos. Segundo a legislação, são considerados rejeitos apenas as partes dos resíduos que não apresentam possibilidade de reutilização.

Essa legislação (12.305/10) vai ao encontro da atual tendência de reaproveitamento dos resíduos urbanos, pois, além de contribuírem para minimizar o problema ambiental, geralmente são uma garantia de fornecimento de matéria-prima a longo prazo e baixo custo (GONÇALVES et al., 2000). Neste contexto, o lodo de esgoto, que atualmente é tratado como um rejeito e corresponde a um passivo ambiental urbano, surge como um dos principais resíduos a serem reutilizados.

Há alguns anos já vêm sendo estudadas formas mais sustentáveis de reciclagem do lodo de esgoto, focando-se principalmente na sua destinação agrícola como condicionador de solo, fertilizante em plantações agrícolas e florestais, ou ainda na recuperação de áreas degradadas (BETTIOL; CAMARGO, 2006; MODESTO et al., 2009; RICCI et al., 2010). Uma das alternativas viáveis para a disposição desse resíduo pode ser também o seu uso como componente de substratos destinados à produção de mudas florestais (PAIVA et al., 2009; DUARTE et al., 2011; SCHEER et al., 2012). No caso de regiões com pouca vocação agropecuária, o bioestabilizado pode surgir como uma alternativa viável como fonte de matéria orgânica na composição de substratos para produção de mudas florestais, pois pode suprir a falta de componentes orgânicos, como por exemplo, o esterco bovino. Apesar de alguns materiais desempenharem esta função, como o substrato comercial à base de casca de pinus bioestabilizada, o uso do bioestabilizado pode reduzir o custo do substrato preparado no viveiro.

O uso do bioestabilizado como componente de substratos para produção de mudas florestais pode propiciar aumento da capacidade de retenção hídrica, fornecer macro e micronutrientes às mudas, permitir uma economia na adubação suplementar, podendo ser uma alternativa menos onerosa que os substratos comerciais, ou outros componentes (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003; FAUSTINO et al., 2005; CUNHA et al., 2006; NOBREGA et al., 2007; SCHEER; CARNEIRO; SANTOS, 2010).

O real potencial de utilização desse resíduo na produção de mudas florestais nativas vai depender, dentre outros fatores, da ecologia da espécie. Espécies como a aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) e o ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) que são amplamente utilizadas para recomposição florestal (LORENZI, 2002; NASCIMENTO et al., 2012), devem ser prioritariamente estudadas, a fim de verificar qual a melhor composição de substrato para produção de suas mudas.

A aroeira-pimenteira é pertencente à família Anacardiaceae. Segundo Lorenzi (2002), é considerada planta de pequeno a médio porte, com crescimento rápido e ciclo relativamente curto, heliófila e pioneira. Eventualmente, pode ser encontrada em clareiras e bordas de matas, mas geralmente colonizam áreas abertas, especialmente margens de rios e terrenos aluviais, suportando inundações e encharcamento do solo (MARTINS, 2001; DURIGAN et al., 2002). O ipê-roxo é uma espécie da família Bignoniaceae, classificada

como secundária tardia, adaptada a solos profundos, secos e com boa drenagem e, portanto, não indicada para locais com inundações (SALVADOR; OLIVEIRA, 1989; MARTINS, 2001; CARVALHO, 2003). Por serem espécies bastante utilizadas em reflorestamentos visando à restauração florestal, o estudo do uso de biossólido para produção de mudas destas espécies torna-se importante.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar química e fisicamente substratos com diferentes proporções de biossólido e substrato comercial e verificar o potencial destes para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre setembro de 2012 e fevereiro de 2013, no viveiro florestal do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizado no Município de Seropédica - RJ. As espécies utilizadas foram *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*, conhecidas popularmente como aroeira-pimenteira e ipê-roxo, respectivamente.

Foram testadas diferentes proporções volumétricas de biossólido (BIO) misturadas ao substrato comercial à base de casca de pinus bioestabilizada (SC), consistindo nas seguintes formulações em bases volumétricas: T1 = 0% BIO + 100% SC; T2 = 25% BIO + 75% SC; T3 = 50% BIO + 50% SC e T4 = 100% BIO + 0% SC. Para cada espécie, o delineamento adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos, quatro repetições, sendo cada parcela composta por dezoito mudas.

O biossólido utilizado no trabalho foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Alegria, localizada no bairro Caju, Rio de Janeiro - RJ. O material foi disponibilizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (Nova CEDAE). O esgoto recebido pela ETE Alegria é derivado de áreas urbanas domiciliares e comerciais e tratado por processo de digestão anaeróbica.

O biossólido foi devidamente caracterizado de acordo exigências da resolução CONAMA n. 375/2006 (BRASIL, 2006) e, de acordo com os resultados das análises, atendeu aos parâmetros relativos à concentração dos agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos (Tabela 1), sendo classificado como de classe A.

O biossólido atendeu também aos parâmetros relativos à presença de compostos inorgânicos, apresentando valores inferiores aos máximos estipulados pela legislação vigente e, portanto, estava apto para uso em ambientes agrícolas.

Para a formulação dos substratos, o biossólido da ETE Alegria, que primeiramente passou pela compostagem como método de redução de patógenos, foi triturado com auxílio de um triturador orgânico Trapp® modelo Tr 200.

O substrato comercial utilizado na formulação dos tratamentos foi o Mecplant® Florestal 3, indicado para produção mudas de *Pinus* e espécies nativas propagadas por sementes. Este substrato é amplamente utilizado na produção de mudas florestais em tubetes, e, de acordo com o fabricante, é um material produzido, integralmente, a partir da casca de *Pinus* bioestabilizada.

Seguindo os tratamentos estabelecidos, foram realizadas as misturas do biossólido e substrato comercial e após a completa homogeneização foram retiradas amostras dos substratos para posterior análise

TABELA 1: Concentração de microrganismos patogênicos no lodo de esgoto proveniente da ETE Alegria, Rio de Janeiro - RJ, em comparação ao estabelecido pela Resolução CONAMA n. 375/2006.

TABLE 1: Concentration of pathogens in sewage sludge from Alegria wastewater treatment station, Rio de Janeiro – RJ state, compared to that established by CONAMA Resolution n. 375/2006.

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA	ETE Alegria
Coliformes Termotolerantes	NMP g ⁻¹ ST	< 1000	< 0,04
Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos g ⁻¹ ST	< 0,25	< 0,01
<i>Salmonella</i> sp.	Presente/ausente em 10 g ST	Ausente	Ausente

Em que: NMP = Número mais provável; ST = Sólidos totais.

TABELA 2: Concentração de substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas no lodo de esgoto proveniente da ETE Alegria, Rio de Janeiro - RJ, em comparação ao estabelecido pela Resolução CONAMA n. 375/2006.

TABLE 2: Concentration of potentially toxic inorganic substances in sewage sludge from Alegria wastewater treatment station, Rio de Janeiro – RJ state, compared to that established by CONAMA Resolution n. 375/2006.

	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Mo	Ni	Se	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----										
CONAMA ¹	41	1300	39	300	1500	1000	17	50	420	100	2800
ETE Alegria ²	< 2,62	157	< 0,20	197	267	70	< 0,03	22,6	40,2	< 5,90	681

Em que: ¹Valores máximos permitidos pela resolução CONAMA n. 375/2006; ²valores encontrados no biossólido da ETE Alegria.

química e física. A fim de caracterizar os substratos, a análise química foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solos Viçosa Ltda., sendo de cada substrato uma amostra.

A caracterização física (macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água e densidade aparente) dos tratamentos foi realizada no Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamentos (LAPER) do Instituto de Florestas da UFRRJ, utilizando a metodologia de Carvalho e Silva (1992). De cada substrato foram utilizadas 10 amostras (repetições).

Para a produção das mudas, foram utilizados tubetes de 280 cm³, dispostos em bandejas de plástico com capacidade para 54 recipientes, os mesmos foram preenchidos manualmente com substrato referente a cada tratamento previamente umedecido, facilitando a compactação e acomodação no interior do recipiente. A semeadura foi realizada diretamente nos recipientes, sendo utilizadas três sementes por recipiente. As bandejas foram alocadas em canteiros suspensos localizados a pleno sol.

Após a germinação e crescimento inicial das plântulas, foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma plântula por tubete, utilizando-se como critério de seleção a planta de maior vigor e mais centralizada. A irrigação do viveiro foi feita por sistema de microaspersão duas vezes ao dia, uma no início da manhã e outra ao final da tarde. Aos 70 dias após a semeadura foi realizado o reespaçamento dos tubetes, resultando em uma densidade de 50%, a qual foi mantida até o final do experimento.

Aos 134 dias após a semeadura, foram conduzidas avaliações da altura da parte aérea (H), com uso de régua graduada (cm), e do diâmetro do coleto (D), com uso de paquímetro digital (mm). Após a análise dos dados obtidos, foram selecionadas as seis mudas mais próximas da média em altura e diâmetro de cada parcela, para obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca radicular (MSR). As mudas selecionadas tiveram as raízes lavadas em água corrente para retirada do substrato. A seguir foram separadas a parte aérea do sistema radicular, e os mesmos foram devidamente identificados, acondicionados em sacos de papel e em seguida levados para uma estufa de circulação de ar forçada, na qual permaneceram a 65°C, durante 72 horas, quando atingiram massa constante. Com as variáveis coletadas foram calculadas as relações entre altura da parte aérea e diâmetro de coleto (H/D), relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular (MSPA/MSR), bem como o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), por meio da fórmula (1):

$$IQD = \left(\frac{MST}{\frac{H}{D} + \frac{MSPA}{MSR}} \right)$$

Em que: MST é a matéria seca total; H é a altura da parte aérea; DC é o diâmetro do coleto; MSPA é a matéria seca da parte aérea; e MSR é a matéria seca radicular.

Todos os dados de crescimento das mudas e das análises físicas do substrato foram submetidos ao teste de Liliefors e de Cochran a Bartlet para testar, respectivamente, a normalidade dos dados e a

homogeneidade das variâncias dos tratamentos. Não houve necessidade de transformações e, em seguida foi realizada a análise de variância, e o teste de Tukey em nível de significância de 95% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico SAEG (RIBEIRO JUNIOR, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos substratos

Observa-se pela Tabela 3, que a alteração da proporção da mistura refletiu na composição química dos substratos, sendo que, conforme se aumentou a proporção de biossólido no substrato, maior foi o teor de N, P, K e S. Já Ca e Mg não apresentaram este padrão definido. O nutriente encontrado em maior abundância no biossólido é o N, é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento quando em deficiência (SOUZA; FERNANDES, 2006). Resultado semelhante foi encontrado por Caldeira et al. (2012a), que avaliando diferentes composições de biossólido e substrato comercial a base de casca de pinus bioestabilizada na produção de mudas de *Tectona grandis*, encontraram os maiores teores de macronutrientes no biossólido.

TABELA 3: Análise química dos substratos constituídos de diferentes proporções volumétricas de biossólido (BIO) e substrato comercial (SC).

TABLE 3: Chemical analysis of the substrates composed of different volumetric proportions of biosolids (BIO) and commercial substrate (SC).

Trat.	Proporções	N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N	pH
		----- % -----					-	-		
T1	0%BIO - 100%SC	0,49	0,17	0,16	1,49	0,58	0,31	11,85	24	4,2
T2	25%BIO - 75%SC	0,83	0,42	0,24	2,09	0,50	0,91	12,16	15	4,6
T3	50%BIO - 50%SC	0,92	0,35	0,32	1,62	0,49	0,91	11,23	12	4,7
T4	100%BIO - 0%SC	1,42	0,55	0,40	1,85	0,58	1,31	8,89	7	5,8

Em que: Teores totais determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico); N = Método do Kjeldahl; Carbono orgânico = Método Walkley – Black.

Alguns autores têm atribuído o maior crescimento das mudas produzidas em substratos contendo biossólido aos teores de nutrientes encontrados neste resíduo, principalmente N e P, além disso, ressaltam também a importância do fornecimento de matéria orgânica advinda do biossólido (CALDEIRA et al., 2012b; DELARMELINA et al., 2013; ROCHA et al., 2013). Segundo Carneiro (1995), as características químicas de um substrato são influenciadas pela disponibilidade de nutrientes minerais presentes, os quais influenciam diretamente no crescimento das mudas.

Segundo Guerrini e Trigueiro (2004), a matéria orgânica é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade básica é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas e está diretamente relacionada ao carbono orgânico. Observa-se pela Tabela 3 que o carbono orgânico (CO) diminuiu à medida que aumentou a proporção de biossólido no substrato. No entanto, Caldeira et al. (2012b) alertam para o fato do biossólido ser um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as características físicas do substrato, além disponibilizar N e P, o que provavelmente pode estar ligado à qualidade da matéria orgânica presente no biossólido.

Essa eficiência do biossólido em fornecer matéria orgânica e nutrientes possivelmente está relacionada à baixa relação C/N encontrada neste material. Já o substrato comercial apresentou relação C/N de 24/1, considerada alta pela classificação de Gonçalves e Poggiani (1996). Segundo estes autores, materiais com altas relações C/N (>18/1) normalmente apresentam alta atividade de microrganismos, que

passam a competir com as mudas por nutrientes, principalmente N e S. Os autores alertam ainda que, como consequência, as mudas poderão sofrer com a deficiência destes nutrientes, a não ser que a adubação, principalmente a de cobertura, seja feita de forma bastante criteriosa.

Segundo Kratz e Wendling (2013), quando se utilizam substratos orgânicos, sem a adição de solo na composição, a recomendação é trabalhar em um intervalo de pH de 4,4 a 6,2. Observa-se pela Tabela 3 que o biossólido contribuiu para a elevação do pH, e apenas o substrato comercial não se enquadrou na faixa indicada pelos autores. Segundo Kratz (2011), a resposta do crescimento das mudas em relação ao pH do substrato, está ligada à ecologia da espécie, em que mudas de espécies adaptadas a condições de solos pobres e ácidos tendem a tolerar melhor o baixo pH do substrato.

Para obtenção de mudas de qualidade, além de adequada fertilidade, o substrato deve apresentar boas características físicas (MAEDA et al., 2007). As propriedades físicas de um substrato são mais importantes que as propriedades químicas, visto que após o acondicionamento do substrato nos recipientes, torna-se difícil modificá-las, já as características químicas podem ser mais facilmente corrigidas através da irrigação e fertirrigação (KRATZ et al., 2013).

Constata-se pela Tabela 4 que o substrato formado por 100% de biossólido apresentou valores significativamente inferiores de volume total dos poros e macroporosidade. No entanto, o mesmo apresentou os maiores valores de microporosidade, capacidade de retenção de água e densidade.

TABELA 4: Volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC), capacidade de retenção de água (CRA) e densidade aparente (DENS) de substratos constituídos de diferentes proporções volumétricas de biossólido (BIO) e substrato comercial (SC).

TABLE 4: Total pore volume (VTP), macroporosity (MAC), microporosity (MIC), water retention capacity (CRA) and apparent density (DENS) of substrates composed of different volumetric proportions of biosolids (BIO) and commercial substrate (SC).

Trat.	Proporções	VTP	MAC	MIC	CRA	DENS
		----- % -----			ml.50 cm ⁻³	g.cm ⁻³
T1	0%BIO - 100%SC	67,9 a	29,9 a	38,0 c	17,0 c	0,30 c
T2	25%BIO - 75%SC	67,0 a	28,2 a	38,8 c	19,4 c	0,32 b
T3	50%BIO - 50%SC	65,2 b	17,9 b	47,3 b	22,0 b	0,37 ab
T4	100%BIO - 0%SC	62,5 c	11,1 c	51,4 a	25,7 a	0,39 a

Em que: Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

O volume total de poros (VTP), ou porosidade total, apresentou médias que variaram de 62,5 a 67,9 %, valores considerados médios, segundo Gonçalves; Poggiani (1996). De acordo com estes autores, a faixa adequada de porosidade dos substratos para produção de mudas é de 75 a 85%. O substrato comercial apresentou o maior volume total de poros, enquanto o biossólido o menor. A menor porosidade apresentada pelo biossólido possivelmente está relacionado à trituração que o mesmo foi submetido após o processo de compostagem, o que reduziu as frações maiores que contribuem para o aumento da porosidade total.

Embora a porosidade seja importante, a mesma não pode ser analisada isoladamente, visto que assim não é capaz de traduzir a qualidade física de um substrato, a mesma deve ser interpretada de maneira fracionada em macro e microporosidade, associando estes dados à proporção de poros ocupados por água e ar.

Observa-se pela Tabela 4 que a proporção entre macro e microporos foi diferenciada, em que o biossólido apresentou menor macroporosidade e maior microporosidade. Isto indica que o biossólido possui alta capacidade de retenção de água e nutrientes, reflexo da elevada microporosidade, porém, possui pouca aeração, reflexo da baixa macroporosidade deste substrato. De acordo com Kratz et al. (2013), a macroporosidade é importante, pois a alta concentração de raízes formadas nos recipientes exige elevado

fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico. Espécies que não são adaptadas a condições de limitação de oxigênio nas raízes, podem ter maiores dificuldades em substratos que não permitem trocas gasosas eficientes.

Segundo Guerrini e Trigueiro (2004), a microporosidade possui alta correlação com a capacidade de retenção de água do substrato. Este fato foi observado no trabalho, visto que a capacidade de retenção de água foi maior à medida que aumentou a proporção volumétrica de biossólido no substrato. O biossólido apresentou capacidade de retenção de 25,7 mL 50cm⁻³ de substrato, enquanto o substrato comercial 17,0 mL 50cm⁻³. Apesar de a maior retenção de água do substrato ser de grande valia para os viveiristas que produzem mudas em tubetes, em que os mesmos podem aumentar o intervalo entre as irrigações, em época de alta incidência de chuvas, pode ocorrer problema de aeração do substrato, prejudicando o crescimento das mudas e propiciando a proliferação de doenças fúngicas.

Os valores de densidade aparente variaram de 0,30 g cm⁻³ para o substrato comercial, até 0,39 g cm⁻³ para o biossólido. Trigueiro e Guerrini (2003) avaliando o uso do biossólido na produção de mudas de eucalipto encontraram resultados da caracterização física do substrato semelhante aos obtidos neste trabalho. Os autores observaram que à medida que elevaram a proporção de biossólido em relação ao substrato comercial, ocorreu um aumento da densidade e conseqüentemente redução da macroporosidade e aumento da microporosidade, o que proporcionou maior capacidade de retenção de água.

Produção de mudas

Observa-se pela Tabela 5 que, para as mudas de ambas as espécies, os piores resultados foram obtidos pelo tratamento T1 (100% substrato comercial). Provavelmente isto ocorreu devido à menor concentração de nutrientes neste tratamento (Tabela 3), além disso, a maior porosidade e a menor capacidade de retenção de água do substrato comercial (Tabela 4), pode ter ocasionado maior lixiviação de nutrientes durante o processo de produção. Desta forma, como os tratamentos não receberam nenhuma adubação mineral complementar, os nutrientes contidos no substrato comercial não foram suficientes para manter o adequado crescimento das mudas.

TABELA 5: Parâmetros morfológicos de qualidade de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*, produzidas em substratos constituídos de diferentes proporções volumétricas de biossólido (BIO) e substrato comercial (SC), aos 134 dias após a semeadura.

TABLE 5: Morphological parameters of quality seedlings of *Schinus terebinthifolius* and *Handroanthus heptaphyllus* produced on substrates composed of different volumetric proportions of biosolids (BIO) and commercial substrate (SC), 134 days after seeding.

Trat.	Proporções	H (cm)	DC (mm)	H/DC ---	MSPA g planta ⁻¹	MSR g planta ⁻¹	MSPA/MSR ---	IQD ---
<i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira-pimenteira)								
T1	0%BIO - 100%SC	19,0 c	2,88 c	6,59 ab	2,59 c	2,12 c	1,22 b	0,60 d
T2	25%BIO - 75%SC	27,1 b	4,20 b	6,45 ab	3,60 b	2,77 b	1,30 b	0,82 c
T3	50%BIO - 50%SC	38,2 a	5,27 a	7,25 a	5,82 a	3,75 a	1,55 a	1,09 b
T4	100%BIO - 0%SC	34,3 a	5,61 a	6,11 b	5,68 a	4,10 a	1,39 ab	1,30 a
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (ipê-roxo)								
T1	0%BIO - 100%SC	8,3 c	1,84 c	4,50 a	2,13 c	2,49 c	0,85 b	0,86 b
T2	25%BIO - 75%SC	17,3 b	3,57 b	4,84 a	2,92 b	4,04 a	0,82 b	1,14 a
T3	50%BIO - 50%SC	21,7 a	4,01 a	5,40 a	3,71 a	3,54 ab	0,92 b	1,23 a
T4	100%BIO - 0%SC	18,6 b	3,59 b	5,17 a	3,90 a	2,84 b	1,37 a	1,03 a

Em que: Para cada espécie, médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Para a espécie aroeira-pimenteira, as maiores médias de altura e diâmetro foram obtidas pelos tratamentos T3 e T4, que não diferiram estatisticamente entre si. José, Davide e Oliveira (2005) estipulam que mudas de aroeira-pimenteira com a devida qualidade para implantação em campo, devem ter no mínimo 3,0 mm de diâmetro e 25 cm de altura. Neste contexto, verifica-se que apenas as mudas que continham biossólido na composição do substrato, apresentaram a qualidade estabelecida por estes autores. Já para o ipê-roxo, as maiores médias destes parâmetros foram alcançadas no tratamento T3. Isto provavelmente ocorreu devido à interação entre as características químicas e físicas dos substratos com a ecologia das espécies.

Espécies de crescimento relativamente rápido, como a aroeira-pimenteira, requerem grandes quantidades de nutrientes para seu pleno crescimento e são altamente responsivas à concentração de nutrientes no substrato, principalmente N e P (KNAPIK et al., 2005; PAIVA et al., 2009). Desta forma, pode-se inferir que a resposta em crescimento das mudas de aroeira-pimenteira advém da interação entre a ecologia da espécie, que requer maiores teores de nutrientes, com as maiores concentrações destes nos tratamentos com 50 e 100% de biossólido (Tabela 3). Por outro lado, o ipê-roxo é considerado uma espécie secundária (CARVALHO, 2003) e, portanto, apresenta menor taxa de crescimento e conseqüentemente menor demanda de nutrientes (KNAPIK et al., 2005). Desta forma, o maior crescimento do ipê-roxo no tratamento T3 pode ser creditado às características físicas mais favoráveis neste substrato.

O ipê-roxo é uma espécie adaptada a locais secos e bem drenados (MARTINS, 2001; CARVALHO, 2003; GREGÓRIO et al., 2008), o que pode ter dificultado o crescimento destas no substrato com 100% de biossólido, uma vez que, durante o processo de produção, foi visível a maior retenção de água neste tratamento e a mesma confirmada através das análises físicas (Tabela 4). Apesar de todos os tratamentos testados enquadrarem-se na classe de porosidade média, segundo a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), o biossólido, tratamento T4, apresentou maior proporção de microporos, e conseqüentemente maior capacidade de retenção de água e menor aeração do substrato. A mistura do biossólido com o substrato comercial, na proporção de 50:50, aumentou a drenagem do substrato, em relação ao substrato com apenas biossólido (Tabela 3), e melhorou a aeração do substrato, devido ao aumento do número de macroporos. Esta melhoria das características físicas, aliada ao potencial químico do biossólido favoreceu o crescimento do ipê-roxo no tratamento T3.

Por outro lado, a aroeira-pimenteira é uma espécie que apresenta alta plasticidade e rusticidade, e ocorre em solos com pouca aeração, geralmente locais susceptíveis a períodos de encharcamento ou alagamento (MARTINS, 2001; DURIGAN et al., 2002), desta forma, as características de maior retenção de água e menor aeração (Tabela 3) não foram prejudiciais ao seu crescimento no tratamento com 100% biossólido.

Tão importante quanto avaliar os parâmetros altura e diâmetro, é analisar as relações entre eles. A relação entre altura e diâmetro do coleto (H/D) é um importante apontador de qualidade, em que mudas com relação H/D muito elevadas podem apresentar dificuldade de se manter eretas em campo, podendo levar ao tombamento e morte destas após o plantio (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005). Birchler et al. (1998) recomendam que mudas de qualidade devam apresentar valores de relação H/D inferiores a 10. Neste contexto, acredita-se que para ambas as espécies, as mudas produzidas nos diferentes tratamentos obtiveram valores satisfatórios de relação H/D, visto que as mesmas apresentaram valores abaixo de 10, não apresentaram sinais de estiolamento e encontravam-se robustas aos 134 dias após a semeadura.

Já em relação à matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca radicular (MSR), pode-se observar pela Tabela 5 que para a espécie aroeira-pimenteira, as maiores médias de ambas as variáveis foram alcançadas pelas mudas dos tratamentos T3 e T4. Estes resultados corroboram os obtidos por Rocha et al. (2013) para *Eucalyptus* sp. e Padovani (2006) para *Inga uruguensis* e *Lafoensia glyptocarpa*, em que as maiores médias de MSPA e MSR foram encontradas nos tratamentos com maiores proporções de biossólido. Os autores atribuem o maior incremento em matéria seca à maior disponibilidade de nutrientes no biossólido, principalmente N e P. Segundo Marschner (1997), o N é requerido em grande quantidade para produção de novos tecidos e junto ao P são considerados os nutrientes que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas. A maior oferta de N pode ter favorecido o crescimento da parte aérea, enquanto o P favoreceu o crescimento do sistema radicular, o que conforme Malavolta (1989) é função atribuída a este macronutriente.

Para a espécie ipê-roxo, as maiores médias de MSPA também foram encontradas nos tratamentos T3 e T4, porém, as maiores médias de MSR foram obtidas nos tratamentos T2 e T3. Desta forma, pode-se inferir que, assim como para a aroeira-pimenteira, o maior incremento MSPA está possivelmente relacionado à maior concentração de nutrientes nos tratamentos T3 e T4. No entanto, para MSR, o maior incremento nos tratamentos T2 e T3 está possivelmente relacionado às características físicas mais adequadas para o ipê-roxo nestes tratamentos, principalmente com a maior aeração. Segundo Carneiro (1995), a matéria seca radicular está intimamente relacionada às características físicas dos substratos.

Para um melhor entendimento da MSPA e da MSR, é necessário avaliar a relação entre estas variáveis (SAIDELLES et al., 2009; REIS et al., 2012; ROCHA et al., 2013). José, Davide e Oliveira (2009) acreditam que a relação MSPA/MSR deve ser menor que 2,0 para que o sistema radicular tenha um tamanho suficiente para permitir o suprimento adequado de água para parte aérea. Para aroeira-pimenteira, as mudas produzidas nos diferentes tratamentos apresentaram valores de relação MSPA/MSR entre 1,22 e 1,55, para o ipê-roxo esses valores variaram de 0,82 a 1,37 (Tabela 5). Levando-se em consideração os valores referenciais encontrados na literatura, pode-se afirmar que as mudas apresentaram valores aceitáveis para este índice de qualidade. Nota-se ainda, que os maiores valores deste índice foram encontrados nos tratamentos T3 e T4, segundo Caldeira et al. (2013), a relação MSPA/MSR é menor em ambientes de menor fertilidade, podendo ser considerada estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes naquela condição.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é considerado um dos índices mais completos para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois inclui em seu cálculo as relações entre os parâmetros morfológicos altura, diâmetro, peso da matéria seca aérea e peso da matéria seca radicular, além da biomassa total (GOMES; PAIVA, 2006) e segundo José, Davide e Oliveira (2005), quanto maior seu valor, maior é o grau de qualidade da muda, dentro daquele lote. Para a espécie aroeira-pimenteira, as médias de IQD diferiram estatisticamente entre todos os tratamentos e seguiram um padrão crescente de acordo com a proporção de biossólido adicionado no substrato, com as maiores médias no tratamento com 100% de biossólido. Já para a espécie ipê-roxo, as médias de IQD não diferiram estatisticamente entre os tratamentos que continham biossólido (T2, T3 e T4), e foram superiores ao tratamento T1.

Levando-se em consideração a diversidade genética das espécies nativas da Mata Atlântica, sugere-se que sejam incentivados mais estudos com uso de biossólido, a fim de abranger um maior número de espécies, pois como observado no presente estudo, a resposta da espécie depende em grande parte da ecologia da mesma. Assim, diferentes espécies podem requerer composições de padrões diferentes de substratos. Com um maior banco de informações, posteriormente poderá ser possível separar as espécies em grupos semelhantes, definindo a melhor composição de substrato para cada grupo.

Embora necessite de estudos mais detalhados, os resultados obtidos neste trabalho, analisado em conjunto com a literatura disponível, evidenciam que esta forma de destinação de biossólido pode ser uma alternativa não apenas de caráter ambiental, mas também com um forte cunho técnico e econômico, principalmente em locais próximos de grandes centros, pela falta de esterco e em regiões com forte demanda de mudas florestais (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003; QUINTANA; CARMO; MELO, 2009; 2011). Este fato pode credenciar o biossólido como um material com reais potenciais para aumento da qualidade, crescimento e nutrição de mudas florestais, além de potencial de diminuição dos custos de formação das mudas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que o biossólido pode ser utilizado na composição de substratos para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*. A adição de biossólido ao substrato comercial melhorou as características químicas do substrato, e aumentou a microporosidade, capacidade de retenção de água e densidade. As mudas produzidas nos tratamentos que continham biossólido em sua composição (T2, T3 e T4), apresentaram, de forma geral, parâmetros morfológicos de qualidade de mudas superiores ao substrato comercial. Para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, recomendam-se os substratos com 50 ou 100% de biossólido, já para *Handroanthus heptaphyllus*, os melhores resultados foram observados no tratamento com 50% biossólido e 50% substrato comercial.

REFERÊNCIAS

- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 349 p.
- BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementation practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.
- BRASIL. Senado Federal. **Lei Nº 12.305, de 02/08/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Gráfica do Senado, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 375/2006. 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, 30 ago 2006.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Biossólido na composição de substrato para produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012a.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para produção de mudas de timbó. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012b.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Campos dos Goytacazes: Ed. UFPR; FUPEF; UENF, 1995. 451 p.
- CARVALHO, C. M.; SILVA, C. R. **Determinação das propriedades físicas de substrato**. Notas de aulas práticas. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1992. 6 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- CUNHA, A. M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DELARMELINA, W. M. et al. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Agroambiente on-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013.
- DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry chronicle**, Salt Lake City, v. 36, p. 10-13, 1960.
- DUARTE, R. F. et al. Crescimento inicial de mudas de *Acacia mangium* cultivadas em mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. **Revista árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 69-76, 2011.
- DURIGAN, G. et al. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 65 p.
- FAUSTINO, R. et al. Lodo de esgoto como substrato na produção de *Senna siamea*. Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, supl, p. 278-282, 2005.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2004.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Aplicabilidade de lodo de esgoto em plantações florestais: 2- efeito na fertilidade do solo, nutrição e crescimento das árvores. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 179-195.
- GONÇALVES, L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.
- GREGÓRIO, T. A. et al. Efeito do alagamento sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê-roxo). **Natureza on line**, Santa Tereza, v. 6, n. 2, p. 91-98, 2008.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 1069-1076, 2004.
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*

- Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.
- KNAPIK, J. G. et al. Crescimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Allophylus edulis* (St.-Hil.) Radl. Sob diferentes regimes de adubação. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 51, p. 33-34, 2005.
- KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013.
- KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n.1, p. 125-136, 2013.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Editora Platarum, 2002. v. 2.
- MAEDA, S. et al. Caracterização de substratos para produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 97-104, 2007.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 251 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997. 889 p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2001. 75 p.
- MODESTO, P. T. et al. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista brasileira de ciências do solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, 2009, p. 1489-1498.
- NASCIMENTO, D. F. et al. Crescimento de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 8, p. 159-165, 2012.
- NOBREGA, R. S. A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.
- PADOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substratos para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. 2006. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2006.
- PAIVA, A. V. et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, 2009.
- QUINTANA, N. R.; CARMO, M. S.; MELO, W. J. Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 183-191, 2011.
- QUINTANA, N. R.; CARMO, M. S.; MELO, W. J. Valor agregado ao lodo de esgoto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2009.
- REIS, B. E. et al. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.
- RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 301 p.
- RICCI, A. B. et al. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado: atributos físicos e revegetação. **Revista brasileira de ciências do solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 535-542, 2010.
- ROCHA, J. H. T. et al. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-36, 2013.
- SAIDELLES, F. L. F. et al. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril da mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1173-1186, 2009.
- SALVADOR, J. L.; OLIVEIRA, S. B. **Reflorestamento ciliar de açudes**. São Paulo: Cesp, 1989. 14 p.
- SCHEER, M. B. et al. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafloensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 55-65, 2012.
- SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88,

p. 637-644, 2010.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, L. A. Uso de biossólidos como substratos para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 150-162, 2003.