

Produção de mudas de *calophyllum brasiliense cambess* com substratos comercial e à base de lodo de esgoto compostado

Seedlings production of *calophyllum brasiliense cambess* with commercial and composted based sewage sludge substrates

Maurício Bergamini Scheer (*)

Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Paraná. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social da SANEPAR.

Charles Carneiro

Engenheiro Agrônomo. Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social da SANEPAR. Professor de Pós-Graduação da UFPR.

Kaline Gomes dos Santos

Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná.

Otávio Augusto Bressan

Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná.

Gisele Horokoski

Graduanda em Tecnologia em Agroecologia pela Universidade Federal do Paraná – Setor Litoral.

Endereço para correspondência (*):

Rua Engenheiros Rebouças, 1376 - Bairro Rebouças - Curitiba - Paraná - Brasil - CEP 80215 900 - Brasil - Tel: +55 (41) 3330-3426 - Fax: 3333-9952 - email: mauriciobs@sanepar.com.br

Data de entrada: 23/11/2010 **Data de aprovação:** 15/06/2011

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo: avaliar o crescimento de mudas de *Calophyllum brasiliense* (guanandi), em diferentes níveis de fertilização, produzidas em composto à base de lodo de esgoto aeróbio e comparar os resultados com os obtidos em substrato comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita. Cinco níveis de fertilizante (0; 1,35; 2,7; 4 e 5,35 g dm⁻³) foram testados em dois tipos de substratos: comercial e composto com a proporção 70% de poda de árvores e 30% de lodo de esgoto. Altura, diâmetro e biomassa aérea seca (folhas e ramos) foram mensurados. Somente para a variável altura e no caso do substrato comercial, as mudas responderam positivamente ao aumento de fertilizante até doses intermediárias. Tal fato demonstra que o *Calophyllum brasiliense* em fase inicial de crescimento apresentou alta eficiência na utilização de nutrientes até a dose de 4 g dm⁻³, e sofreu pouca influência com maiores concentrações destes nos substratos. Os resultados indicam que o composto à base de lodo é capaz de proporcionar resultados de crescimento satisfatórios na produção de mudas de guanandi.

ABSTRACT

This study aimed at evaluating the growth rates of *Calophyllum brasiliense* (guanandi) seedlings, in different fertilization levels, produced using composted substrates based on sewage sludge and crushed tree pruning and to compare them with a commercial substrate based on composted *Pinus* bark and vermiculite. Five levels of fertilization (0; 1,35; 2,7; 4 e 5,35 g dm⁻³) and two types of substrates were tested: commercial and a compost with the proportion 70% crushed tree pruning and 30% sewage sludge. Height, diameter and dried aerial biomass (leaves and branches) were measured. Guanandi seedlings responded positively to fertilization increase until intermediate levels only for height and using commercial substrate. This fact demonstrates that *Calophyllum brasiliense* during early growth stage presented high nutrient use efficiency until the 4 g dm⁻³ level. The results show that composted sewage sludge can provide satisfactory growth rates, similar as those obtained using commercial substrate on guanandi seedlings production.

Palavras Chave: Biossólido, NPK, crescimento, guanandi.

Keywords: Biosolids, NPK, growth, guanandi.

INTRODUÇÃO

No mundo todo existe uma crescente demanda por produtos florestais, seja para a produção de matéria-prima para a indústria moveleira, para madeira serrada, chapas, aglomerados ou para outros fins como celulose e papel, resinas e óleos essenciais, bem como para o manejo e restauração ambiental (SCHIRMER, 2010). Portanto, são necessárias pesquisas que ampliem as alternativas para o uso de espécies de plantas e insumos para melhorar a qualidade e produtividade e diminuir custos de forma sustentável.

Neste contexto, é necessário ampliar a busca por alternativas aos substratos comerciais para a produção de mudas florestais. Materiais reaproveitáveis como cascas de arroz carbonizadas, bagaço de cana decomposto ou carbonizado, esterco e lodo de esgoto têm sido utilizados como alternativas, porém ainda há muito a ser desenvolvido com relação à doses, respostas diferenciadas de cada espécie, custos e controle de qualidade. Entre esses, o lodo de esgoto mostra-se uma boa opção por ser rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes, principalmente N e P (ANDREOLI *et al.* 1994; MELO *et al.* 2001) e apresentar baixo custo.

Diversos autores (MORAIS *et al.*, 1997; MAIA, 1999; SILVA *et al.*, 2002; GUEDES, 2003; ALTAFIN *et al.*, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2004; ROCHA *et al.*, 2004; FAUSTINO

et al., 2005; CUNHA et al., 2006; WILSON et al., 2006; NOBREGA et al., 2007; ASSENHEIMER, 2009 e NEVES et al., 2010) citam a economia de fertilizante que o lodo de esgoto proporciona ao ser usado como componente de substratos para a produção de mudas.

Calophyllum brasiliense Cambess (*Clusiaceae*), conhecido como Guanandi, é uma espécie arbórea de dossel, perenifólia, heliófila, característica e exclusiva de florestas pluviais localizadas sobre solos úmidos e brejosos. Esta espécie é encontrada tanto em estágios iniciais de sucessão secundária, quanto em florestas primárias (LORENZI, 2002). Com ampla distribuição, ocorre tanto na América do Sul e quanto na América Central (REITZ et al., 1978). No sul do Brasil são mais comuns na Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. Também pode ocorrer em Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (SCHEER & BLUM, 2011). Suas sementes são dispersadas por aves e morcegos (GALETTI, 1995; FISCHER & SANTOS, 2001; FILHO et al., 2007). Apresenta grande porte com tronco geralmente reto e cilíndrico, entre 20-30 m de altura e 40-60 cm de diâmetro, com potencial para utilização como cortinas verdes (CARNEIRO et al., 2009). A madeira é própria para confecção de canoas, mastros de navios, vigas para construção civil, obras internas, assoalhos, marcenaria e carpintaria (LORENZI, 2002).

Este trabalho teve a proposta de avaliar o crescimento do guanandi – *Calophyllum brasiliense*, em substratos à base de lodo de esgoto aeróbio compostado com podas de árvores trituradas, com diferentes níveis de fertilizante e comparar o desempenho em relação às mudas produzidas em substrato comercial à base de casca de *Pinus* compostada e vermiculita, amplamente utilizado em viveiros florestais.

florestal instalado no Parque Estadual Rio da Onça, administrado em parceria entre Instituto Ambiental do Paraná - IAP, Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR e prefeitura municipal, localizado no município de Matinhos, Paraná. O viveiro está situado nas coordenadas 25° 50' S e 48° 30' W. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é Cfa (clima subtropical), com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e no mês mais quente acima de 22°C; possui verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida e a precipitação média anual é de 2100 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

Dois tipos de substratos foram testados: (1) substrato comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita e (2) substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio da Estação de Tratamento de Esgoto Belém, pertencente à SANEPAR e localizada em Curitiba, na proporção 30% de lodo e 70% de resíduos de podas. Cada substrato foi submetido a cinco níveis de fertilização: (1) sem fertilizante; (2) com adição de 1,35 g de fertilizante granulado por dm³, com 16% de N, 8% de P₂O₅, 12% de K₂O, 2% de MgO, 5% de S e micronutrientes, correspondente a formulação comercial 16-8-12(+2) de liberação lenta (5-6 meses); (3) com 2,7 g do mesmo fertilizante por dm³; (4) com 4,0 g por dm³ e (5) com 5,35 g por dm³, totalizando 10 tratamentos com 5 repetições cada. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e em arranjo fatorial. Através de análises feitas no Laboratório de Nutrição de Plantas – UFPR, segundo Martins & Reissmann (2007), foram obtidos os teores totais de macro e micronutrientes em cada substrato nos cinco diferentes níveis de fertilização (Tabela 1).

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido entre julho de 2010 e janeiro de 2011 na casa de vegetação (sombrite 50%) do viveiro

TABELA 1. Propriedades químicas do substrato comercial e do composto à base de lodo com fertilização mineral.

Substrato	Fertilizante (g dm ⁻³)	pH		Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg
		CaCl ₂	SMP	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%	%	g/kg		
Comercial	0	3,5	4,7	1,3	15,8	4,9	2,5	1,1	8,5	24,3	178,2	125,2	35	13	2
	1,35	3,5	4,5	1,5	18,8	4,2	2,3	1,1	7,6	26,4	232	93,3	29	17	1,8
	2,7	3,5	4,7	1,3	15,8	4,6	2,7	1,7	9,0	24,8	288,9	121,1	36	13	1,7
	4	3,4	4,5	0,4	18,8	4,1	2,4	1,8	8,3	27,1	321	105,7	31	5	1,7
	5,35	3,5	4,7	1,3	18,8	4,6	2,9	2,2	9,7	25,5	372,6	129,5	38	12	1,6
Composto à base de lodo	0	6,1	6,8	0	3,2	16	5	1,2	22,2	25,4	734,4	138,2	87	0	3,2
	1,35	5,7	6,5	0	3,2	14,5	4,8	1,5	20,8	24,0	700,2	117,1	87	0	3
	2,7	5,5	6,4	0	3,5	16,1	4,9	1,7	22,7	26,2	700,2	140,5	87	0	3,3
	4	5,7	6,5	0	3,2	13,1	4,8	2,1	20,0	23,2	757,8	121,1	86	0	2,7
	5,35	5,6	6,4	0	3,5	16,5	4,9	2,3	23,7	27,2	757,8	129,5	87	0	3,4

TABELA 2. Concentrações totais de metais pesados no composto à base de lodo de esgoto e podas de árvores trituradas. Os números entre parênteses representam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 375/2006.

Al	Cd	Pb	Na	Cr
		%		
0,86	< 0,001 (0,0039)	< 0,005 (0,03)	< 0,01	< 0,005 (0,1)

Considerando as concentrações totais de metais pesados (análises realizadas no Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná – UFPR, segundo metodologia da American Public Health Association – APHA, 1998; Tabela 2) e parâmetros parasitológicos - ovos de helmintos (análises realizadas no Laboratório de Parasitologia Molecular – UFPR, segundo metodologia descrita por Thomaz-Soccol et al., 2000; Tabelas 2 e 3), o substrato higienizado através da compostagem estava apto para a utilização agrícola, atendendo às Resoluções do Conselho

Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 375/2006 e Secretaria Estadual de Meio Ambiente – Paraná (SEMA/PR) n° 021/2009. A produção padrão de mudas nos viveiros florestais da SANEPAR utiliza a dose de 2,7 g do fertilizante granulado citado acima em conjunto com o substrato comercial de casca de Pinus compostada e vermiculita. As maiores doses (4 e 5,35 g dm⁻³) foram escolhidas para testar se maiores níveis de fertilizante resultarim em maior desenvolvimento das mudas de guanandi.

TABELA 3. Helmintos e protozoários no composto à base de lodo de esgoto e podas de árvores trituradas utilizado como substrato.

Helminto	Composto (ovos viáveis por grama de sólidos totais)
<i>Ascaris</i> sp.	0,030
<i>Toxocara</i> sp.	0,005
<i>Trichuris trichiura</i>	0,000
<i>Trichuris vulpis</i>	0,005
Trichuroidea	0,005
<i>Hymenolepis diminuta</i>	0,005
<i>Taenia</i> sp.	0,000
Total	0,050
Protozoários	0,330

Nota: análises realizadas em triplicatas

Limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 375/2006: ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo por grama de sólidos totais

A coleta de sementes (já despolpadas) foi realizada em 16 árvores no município de Matinhos, Paraná. A semeadura foi realizada manualmente em tubetes plásticos com formato cônico e capacidade de 110 cm³, encaixados em bandejas, com duas sementes colocadas a 0,5 cm de profundidade em cada tubete. A irrigação foi realizada duas vezes por dia através de microaspersores.

Nos tubetes em que germinaram mais de uma semente foi realizado o raleamento, que consistiu no corte da muda menos desenvolvida. No período de avaliação foram mensuradas pelo menos 10 plantas úteis de cada repetição (5 repetições por tratamento), descartando-se as plantas das bordaduras. Quando as mudas atingiram seis meses de idade, foram mensuradas as seguintes variáveis: altura, diâmetro de colo e biomassa seca aérea (folhas e ramos). A altura foi medida com régua graduada e o diâmetro médio com um paquímetro digital (0,01 mm). Foi calculada a relação altura/diâmetro, que segundo Sturion & Antunes (2000) é um dos parâmetros para avaliar a qualidade de mudas de espécies florestais, pois além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação da planta no solo (STURION & ANTUNES, 2000). South et al. (1985), Carneiro (1995) e José (2003) consideram a relação altura/diâmetro um indicativo de vigor das mudas, afirmando que altura combinada com o diâmetro de colo constitui uma das mais importantes características para estimar o crescimento após o plantio. Para obtenção dos dados de biomassa, na base do

caule, foram cortadas cinco plantas por repetição e em seguida dispostas em embalagens de papel submetidas à secagem em estufa a 60 °C por 72 horas. Após a secagem o material vegetal seco foi separado em ramos e folhas e ambos foram pesados em balança analítica (precisão 0,001g).

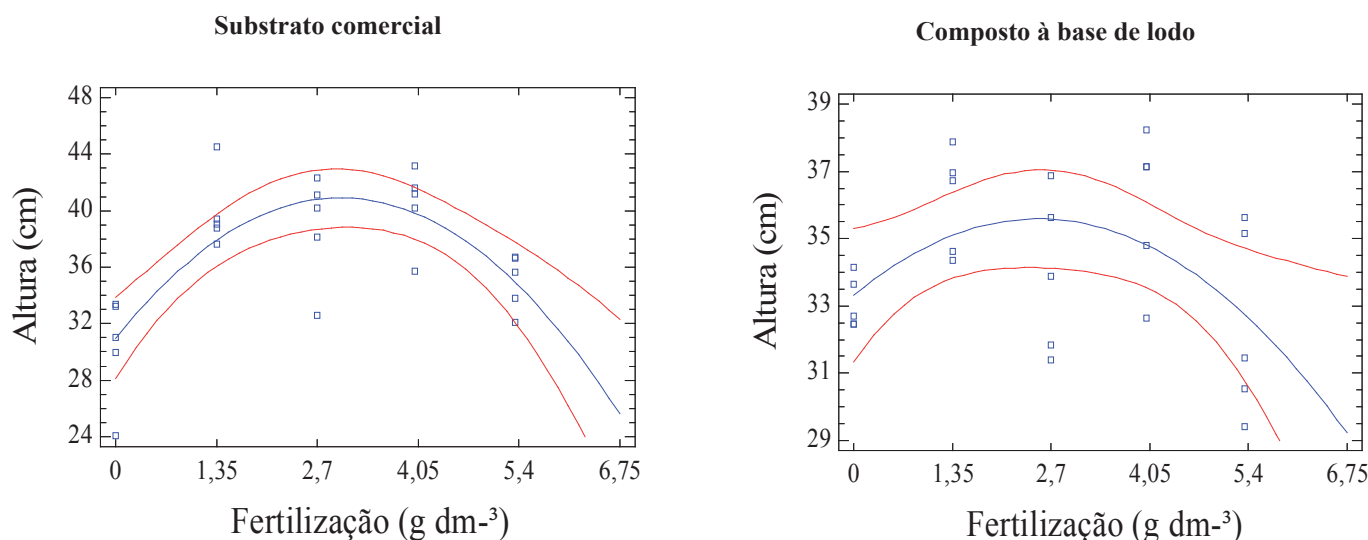
Após teste de homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett, os dados foram submetidos a análises de regressão polinomial. Como a maioria dos coeficientes de determinação foi pequena, foram realizadas análises de variância e testes de Tukey para a comparação das médias a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de regressão polinomial utilizadas para avaliar os tratamentos testados, em todas as variáveis medidas, mostraram-se pouco expressivas e, portanto, incapazes de explicar as variações dos valores de acordo com as doses de fertilizante. Apenas para a variável altura foi obtido um coeficiente de determinação mais elevado, entretanto pouco satisfatório, conforme mostrado na Figura 1.

Os resultados indicaram que todos os 10 tratamentos foram suficientes para a produção de mudas de guanandi, mesmo aquelas com o substrato comercial sem fertilizante (Tabela 4). Diferente do comportamento de outras espécies (Padovani, 2006; Scheer et al., 2010), o guanandi parece ser uma espécie com alta eficiência na utilização dos nutrientes.

FIGURA 1. Regressões polinomiais para a variável altura em relação aos níveis de fertilização em ambos os substratos.



$$y = 30,9885 + 6,58164 x - 1,09292 x^2 \quad r^2 = 0,54^*$$

$$y = 33,3168 + 1,80032 x - 0,356536 * x^2 \quad r^2 = 0,21^*$$

* (p < 0,01)

Linhas em vermelho correspondem ao intervalo de confiança, com 95% de probabilidade.

A altura foi a única variável mensurada que apresentou interação entre os fatores substrato e fertilizante. Para esta variável, usando o substrato comercial na produção das mudas, as mudas de guanandi responderam satisfatoriamente a adubação nas três doses intermediárias de fertilizante (1,35; 2,7 e 4 g dm⁻³), valores estatisticamente diferentes aos obtidos nas doses extremas (0 e 5,35 g dm⁻³) (Tabela 4). As menores alturas obtidas no substrato comercial sem fertilizante provavelmente devem-se aos menores teores de K e P no substrato. Na dose máxima ocorreu um decréscimo significativo de altura, provavelmente em função do desequilíbrio nos sítios de absorção, na translocação nas plantas ou distúrbio fisiológico (Tabela 4 e Figura 1). Apesar de uma leve tendência da dose de

2,7 g dm⁻³ apresentar maiores alturas na análise de regressão polinomial (Figura 1), o teste de Tukey indicou que as mudas com o uso do composto à base de lodo como substrato, não responderam ao aumento do nível de fertilização, apresentando valores iguais estatisticamente para todos os níveis testados. Embora a maior média obtida para o substrato comercial seja com 4 g dm⁻³ de fertilizante (mais especificamente a dose estimada de 3,0 de g dm⁻³, Figura 1), esta não foi diferente da média obtida com 1,35 g dm⁻³ de fertilizante pelo teste de Tukey. Neste caso, é recomendado usar este último nível na produção de mudas de guanandi, devido à economia de fertilizante. A mesma dose testada também é indicada para o composto de lodo de esgoto (Tabela 4).

TABELA 4. Médias (± erros padrão) de altura e relação altura/diâmetro para os dez tratamentos testados; n = 5

Fertilizante (g dm ⁻³)	Altura (cm)		Altura / Diâmetro	
	Substrato			
	Comercial	Composto à base de lodo	Comercial	Composto à base de lodo
0	30,3±1,7 c A	33,1±0,3 aA	8,6	10,1
1,35	39,9±1,2 a A	36,1±0,7 aB	12,0	10,9
2,7	38,9±1,8 abA	33,9±1,1 aB	11,9	11,2
4	40,3±1,3 a A	35,6±1,0 aB	12,2	11,3
5,35	35,0±0,9 bcA	32,4±1,3 aA	11,1	10,5

As médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variável diâmetro de colo não apresentou resposta positiva à uma maior adição de fertilizante a ambos substratos, conforme observado na Tabela 5. O substrato comercial sem adição de fertilizante, com a menor concentração de nutrientes entre os tratamentos testados, principalmente K e P e, provavelmente N (Tabela 1), apresentou média de diâmetro 14,3% maior à obtida com o uso do composto à base de lodo de esgoto com a maior concentração de nutrientes. Apesar de não apresentarem médias estatisticamente diferentes, percebe-se uma relação inversamente proporcional significativa ($r = -0,43$; $p < 0,05$) entre o aumento da fertilização e o decréscimo do diâmetro de colo nos tratamentos no substrato comercial. O maior valor apresentado com o uso do composto foi alcançado com a adição de $1,35 \text{ g dm}^{-3}$, valor, no entanto, que não difere estatisticamente dos demais.

Segundo Carneiro (1995), em trabalho sobre produção e controle de qualidade de mudas, a relação altura/diâmetro deve ficar entre os limites de 5,4 a 8,1; valor não observado nos

tratamentos testados, pois todos ficaram acima destes limites. No entanto, cada espécie pode apresentar características diferentes nos diversos estágios de desenvolvimento das mudas, e, depende também dos tipos de sistemas de produção utilizados (tubetes, sacos, vasos, etc). O valor que ficou mais próximo do recomendado foi o tratamento comercial sem a adição de fertilizante, que apresentou relação 8,6; como observado na Tabela 4. Entretanto, com base nos valores médios, os tratamentos no substrato à base de lodo de esgoto apresentaram valores mais próximos aos sugeridos por Carneiro (1995) e, sob esta condição, podem ser consideradas mudas de melhor qualidade.

Para ambos os substratos e níveis de fertilização testados, não foram encontrados valores estatisticamente diferentes de biomassa de folhas e ramos das mudas de guanandi (Tabelas 5 e 6), embora tenha sido observada uma leve tendência de maiores valores na dose $1,35 \text{ g dm}^{-3}$ para o substrato comercial e nas duas maiores doses no composto à base de lodo.

TABELA 5. Médias (\pm erros padrão) de diâmetro de colo e biomassa de folhas para os dez tratamentos testados; $n = 5$

Fertilizante (g dm^{-3})	Diâmetro (mm)			Biomassa de folhas (g)		
	Substrato					
	Comercial	Composto à base de lodo	Média	Comercial	Composto à base de lodo	Média
0	3,52 \pm 0,2	3,28 \pm 0,1	3,4 a	0,06 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,06 a
1,35	3,32 \pm 0,1	3,32 \pm 0,1	3,3 a	0,09 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01	0,09 a
2,7	3,26 \pm 0,1	3,04 \pm 0,1	3,1 a	0,08 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,07 a
4	3,32 \pm 0,1	3,14 \pm 0,1	3,2 a	0,07 \pm 0,01	0,08 \pm 0,02	0,08 a
5,35	3,14 \pm 0,1	3,08 \pm 0,1	3,1 a	0,08 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01	0,08 a
Média	3,3 A	3,2 A		0,08 A	0,08 A	

As médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 6. Médias (\pm erros padrão) de biomassa de ramos e biomassa de folhas + ramos para os dez tratamentos testados; $n = 5$

Fertilizante (g dm^{-3})	Biomassa de ramos (g)			Biomassa de folhas + ramos (g)		
	Substrato					
	Comercial	Composto à base de lodo	Média	Comercial	Composto à base de lodo	Média
0	0,04 \pm 0,00	0,05 \pm 0,00	0,05 a	0,10 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,1 a
1,35	0,06 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00	0,06 a	0,16 \pm 0,02	0,14 \pm 0,01	0,1 a
2,7	0,05 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00	0,05 a	0,13 \pm 0,02	0,12 \pm 0,01	0,1 a
4	0,04 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,05 a	0,11 \pm 0,02	0,14 \pm 0,03	0,1 a
5,35	0,05 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,05 a	0,13 \pm 0,02	0,14 \pm 0,01	0,1 a
Média	0,04 A	0,05 A		0,1 A	0,1 A	

As médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento das mudas de guanandi à adição de fertilizante aos substratos testados contraria as observações verificadas em outras espécies florestais (KNAPIK *et al.*, 2007; SCHEER *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2011). A similaridade e/ou menor crescimento para as variáveis altura, diâmetro e biomassa contradiz o aumento proporcionado a estes parâmetros com o uso de substrato à base de composto de lodo de esgoto para outras espécies de arbóreas, como descrito por Cunha *et al.* (2006) para a produção de *Acacia sp.*, Faustino *et al.* (2005) para *Senna siamea*, Padovani (2006), para a produção de mudas de *Inga uruguensis*, *Lafoensia glyptocarpa*, *Poecilanthus parviflora* e *Tecoma stans*, Scheer *et al.* (2010) para *Paraptadenia rigida* e Scheer *et al.* (no prelo) para a produção de mudas de *Prunus brasiliensis*. Talvez o pH dos compostos próximo à neutralidade possa ter limitado um maior crescimento do guanandi, uma vez que solos onde esta espécie é encontrada, geralmente têm elevada acidez.

Os resultados obtidos neste trabalho são concordantes com os observados por Artur *et al.* (2007) para a formação de mudas de guanandi com o uso esterco bovino e calagem e por Santos *et al.* (2008) com o uso de adubação fosfatada. Assim como neste estudo, no trabalho desses outros autores não houve resposta significativa quanto a maior concentração de nutrientes nos tratamentos. Tal fato provavelmente indica que *Calophyllum brasiliense* tem alta eficiência na utilização de nutrientes, e por isso é pouco influenciado pelo nível de fertilização. Esta espécie geralmente é observada em solos de baixa fertilidade, como Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos.

De qualquer forma, os resultados similares obtidos neste estudo, e superiores em outros, em comparação a substratos comerciais, mesmo para o guanandi, indicam que substratos à base de lodo de esgoto constituem boa alternativa para a produção de mudas.

CONCLUSÕES

O comportamento do *Calophyllum brasiliense*, frente à elevação dos níveis de fertilização de ambos os substratos, indica que esta espécie provavelmente possui alta eficiência na utilização de nutrientes até a dose de 4 g dm⁻³.

Os resultados semelhantes aos obtidos com o uso de substrato comercial indicam que o composto à base de lodo de esgoto é uma boa alternativa como insumo para a produção de mudas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Ambiental do Paraná pelo suporte ao viveiro e à Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR pelo apoio a essa pesquisa, em especial ao Cleverson Andreoli.

REFERÊNCIAS

ALTAFIN, V.L.; POLONIO, W.; MEDEIROS, G. A.; BRANDÃO, M. F.; ZUIN, F. D.; BUSCARATO, E. A.; MENEZES, M. O. Utilização de lodo de fosfatação na

produção de mudas de espécies nativas. Engenharia ambiental, v. 1, n. 1, p. 45-50, 2004.

ANDREOLI, C.V.; BARRETO, C.L.G.; BONNET, B.R.P. Tratamento e disposição de lodo de esgoto no Paraná. Sanare, v. 1, n. 1, p. 10-16, 1994.

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

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. Revista Ambiente, v. 5, n. 2, p. 321-330, 2009.

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

CARNEIRO, C.; SCHEER, M. B. ; CUNHA, F. ; ANDREOLI, C. V. Manual técnico para implantação de cortinas verdes e outros padrões vegetais em estações de tratamento de esgoto. Curitiba: Cleverson V. Andreoli (SANEPAR), v. 1., 2009. 109 p.

CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Editores). Biossólidos na agricultura. 1a ed. São Paulo: SABESP, 2001. p.289-363.

CARVALHO, P.E.R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: SPI, 1994.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR – Instituto Agrônomico do Paraná, 2000. (CDROM).

CUNHA, A.M.; CUNHA, G.M.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, G.M.; AMARAL, J.F.T. do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp.* Revista Árvore, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

FAUSTINO, R.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, suplemento, p. 278-282, 2005.

FILHO, A.N.K.; MARZOLLO, L.G.; LOPES, A.J.; WENDLING, I. Produção de mudas de guanandi. EMBRAPA-CNPQ; Comunicado Técnico 177, 2007.

FISCHER, E.; SANTOS, F. A. M. dos. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. Journal of Tropical Ecology v. 17, p. 903-909, 2001.

GALETTI, M. R. Os frugívoros da Santa Genebra. In: MORELLATO, P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. (Organizadores). Ecologia e preservação de uma floresta urbana: Reserva de Santa Genebra. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1995. p. 66-69.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da

qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. Revista. *Árvore*, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biofósforo. *Scientia Florestalis*, n. 63, p. 188-201, 2003.

KNAPIK, J.G.; ANGELO, A.C. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. *Floresta*, v. 37, n. 2, 2007.

JOSÉ, A. C. Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 2002.

MAIA, C.M.B.F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. Colombo, Embrapa Florestas, Boletim de pesquisa florestal, n. 39, p. 81-82, 1999.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; MELO, V.P. O uso agrícola do biofósforo e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J. & MARQUES, M.O. (Editores). *Biofósforos na agricultura*. São Paulo, SABESP, 2001. p. 289-363.

MORAIS, S. M. de J.; ATAÍDES, P. R. V.; GARCIA, D. C.; KURTZ, F. C.; OLIVEIRA, O. S.; WATZLAWICK, L. F. Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparada com outros substratos orgânicos. *Sanare*, Curitiba, v.6, n.6, p. 44-49, 1997.

NASCIMENTO, C.W.A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2 p. 385-392, 2004.

NEVES, J.M.G.; SILVA, H.P. da; DUARTE, R.F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. *Revista Verde*, v. 5, n. 1, p. 173-177, 2010.

NOBREGA, R.S.A.; VILAS BOAS, R.C.; NOBREGA, J.C.A.; PAULA, A.M. de; MOREIRA, F.M. de S. Utilização de biofósforo no crescimento inicial de mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Revista Arvore*, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.

PADOVANI, V. C. R. Composto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

REITZ, R., KLEIN, R. M. & REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. *Herbário 'Barbosa Rodrigues'*, Itajaí, 1978. 320 p.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M. & MOURA, I. M. Mudanças da Fertilidade do Solo e Crescimento de um Povoamento

de *Eucalyptus grandis* fertilizado com Biofósforo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004.

ROCHA, G. N. Monitoramento da fertilidade do solo, nutrição mineral e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biofósforo. 2002. 48 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SANTOS, J. Z.L.; RESENDE, A. V. de; NETO, E. F. & CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. *Revista Árvore*, v. 32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SCHIEER, M.B.; CARNEIRO, C; SANTOS, K.G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rigida* (Benth.) Brenan. *Scientia Florestalis*, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SCHIEER, M. B. & BLUM, C. T. Arboreal diversity of the Atlantic Forest of Southern Brazil: from the beach ridges to the Paraná river. In: GRILLO, O. *Biodiversity*, Book 2. Intech. ISBN 979-953-307-250-9, 2011.

SCHIEER, M.B.; CARNEIRO, C; SANTOS, K.G. Crescimento de mudas de *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. em substratos à base de lodo de esgoto compostado e fertilizante mineral. *Revista Ciência Florestal* (no prelo).

SCHIRMER, G.K. Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônoma para o biofósforo produzido no Distrito Federal. I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 487-495, 2002.

SOUTH, D. B.; BOYER, J. N.; BOSCH, L. Survival and growth of Loblolly Pine as influenced by seedling grade: 13 year results. *Southern Journal of Applied Forestry*, v. 9, n. 2, p. 76-81, 1985.

SOUZA, P.T. de; SILVA, E.B.; GRAZZIOTTI, H. & FERNANDES, L.A. NPK fertilization on initial growth of physic nut seedlings in quartzarenic neossol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 559-566, 2011.

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

THOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R.C. ; CASTRO, E. A.; In: SANEPAR, *Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto*. Curitiba, SANEPAR, 2000. p. 27-41.

WILSON, S. B.; MECCA L.K.; DANIELSON, H. E. GRAETZ, D. A.; STOFFELLA, P. J. Container and Field Evaluation of Three Native Shrubs Grown in Compost-Based Media. *Compost Science & Utilization*, v. 14, n. 3, p. 178-183, 2006.