ISSN 0103-9954

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. EM SUBSTRATOS À BASE DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO E FERTILIZANTE MINERAL

SEEDLINGS GROWTH OF *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. IN SEWAGE SLUDGE-BASED COMPOST AND MINERAL FERTILIZER

Maurício Bergamini Scheer[1] Charles Carneiro[2] Kaline Gomes dos Santos[3]

RESUMO

A crescente quantidade de resíduos sólidos produzidos pelo homem gera a necessidade de seu aproveitamento. Uma oportunidade é o uso de lodo de esgoto para atendimento da demanda por insumos alternativos no meio agrícola e florestal. Dessa maneira, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento de *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. (pessegueiro-bravo) em substratos de lodo de esgoto aeróbio compostado com restos de podas de árvores trituradas, com diferentes níveis de fertilizante, e comparar o crescimento destas mudas com as produzidas em substrato comercial, normalmente utilizado em viveiros florestais. O experimento foi conduzido em casa de vegetação entre julho e outubro de 2008 e em área de rustificação entre novembro de 2008 e fevereiro de 2009, pertencentes à Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, localizado no município de Araucária, PR. Foram testados três níveis (0; 2,7 e 4 g dm^{-3}) de fertilizante granulado de liberação lenta (N; P_2O_5; K_2O - 15-9-12) em três tipos de substratos: substrato comercial de casca de pinus (*Pinus* sp.) compostada e vermiculita e, substratos de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio nas proporções 2:1 e 3:1 (v:v). Aos sete meses de idade das mudas, foram mensuradas as seguintes variáveis: altura, diâmetro de colo e biomassa seca aérea (folhas e ramos). Os compostos à base de lodo de esgoto indicam crescimento para *Prunus brasiliensis* maiores aos obtidos pelos tratamentos utilizando substrato comercial à base de casca de *Pinus* compostada e vermiculita. Para ambos os compostos à base de lodo de esgoto, o nível intermediário de fertilizante (2,7 g dm^{-3}) apresenta resultados similares ao nível superior (4 g dm^{-3}) para a maioria das variáveis testadas.

Palavras-chave: biossólido; compostagem, nutrição de plantas; viveiro florestal.

ABSTRACT

The increasing amount of solid waste generates the need for its use. An opportunity is the use of sewage sludge to attend the demand for alternative inputs in the agricultural and forestry practices. The aim of this study was to evaluate the performance of *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. (pessegueiro – bravo) grown on substrates prepared from aerobic sewage sludge composted with ground tree pruning and with different levels of a granulated fertilizer, and to compare its performance with those grown on commercial substrate, which is widely used in forest nurseries. The experiment was conducted in a shadehouse (from July/08 to Oct/08) and in an outdoor growing area (from Nov/08 to Feb/09) at Water and Sanitation Company of Paraná, located in Araucária, southern Brazil. Three different substrates were used: commercial substrate, consisting of composted pine bark and vermiculite, and 3:1 (v:v) and 2:1 (v:v) composted substrate based on crushed tree pruning and sewage sludge. The following variables were measured: seedling height, diameter and dry biomass of leaves and branches. The results showed higher

1. Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento, Companhia de Saneamento do Paraná, Rua Engenheiros Rebouças, 1376, Rebouças, CEP 80215-900, Curitiba (PR). mauriciobs@sanepar.com.br
2. Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador e Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento, Companhia de Saneamento do Paraná, Rua Engenheiros Rebouças, 1376, Rebouças, CEP 80215-900, Curitiba (PR). charlesc@sanepar.com.br
3. Engenheira Florestal pela Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR). kalinegs@hotmail.com
Recebido para publicação em 25/11/2010 e aceito em 15/08/2011

growth rates of seedlings grown on substrates containing sewage sludge than on those grown on commercial substrate. Both composts with sewage sludge, using the two levels of fertilization (2.7 and 4 g dm^{-3}), present similar results for the majority of the variables tested.

Keywords: bio-solid; composting; plant nutrition; seedlings nursery.

INTRODUÇÃO

A disposição final do lodo de esgoto produzido nas estações de tratamento vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, e que cresce diariamente, como reflexo da ampliação das redes de coleta de efluentes urbanos e incremento dos níveis de tratamento (PEGORINI, 2002), bem como do aumento populacional.

O uso agrícola e florestal é uma forma mundialmente aceita para destinação final de lodos de esgotos, pois estes são constituídos de teores elevados de matéria orgânica e nutrientes para os vegetais (MELO et al., 1994; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003; PAIVA et al., 2004; TAMANINI, 2004; SILVA et al., 2004; FAUSTINO et al., 2005; PADOVANI, 2006 e ASSENHEIMER, 2009), especialmente aqueles que apresentam teores de metais pesados dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Outra opção promissora é a reutilização deste resíduo sólido como substrato para produção de mudas de espécies florestais nativas em viveiro. Bonnet et al. (2002) ressaltam que diversos benefícios podem advir do ajuste do uso de lodos de esgotos em viveiros de produção de mudas.

Além disso, o conhecimento e a constância das características físicas e químicas de um substrato e dos níveis ideais de fertilização para determinada espécie permitem racionalizar outras operações, como adubações suplementares, viabilizando a economia de recursos em outras demandas do viveiro (BONNET et al., 2002; PADOVANI, 2006).

Segundo Gonçalves et al. (2000) o sistema de produção de mudas por tubetes, cada vez mais utilizado em viveiros florestais, exige adubações mais frequentes devido ao menor volume dos recipientes e ao tipo de substrato, os quais são submetidos a uma maior lixiviação. A maior demanda de adubações, no entanto, gera um maior custo, conferindo maior importância às pesquisas com materiais alternativos à adubação mineral (KNAPIK, 2005).

Prunus brasiliensis (Cham. & Schltdl.) D. Dietr., conhecida como pessegueiro-bravo, é uma espécie secundária inicial que, segundo Carvalho (1994), possui características que a torna promissora tanto para reflorestamentos como para recuperação de ecossistemas degradados. Essa árvore da família Rosaceae é tolerante a temperaturas frias, possui madeira apreciada pelas serrarias e crescimento relativamente rápido. Adicionalmente, apresenta frutificação abundante, com ótimo poder germinativo de suas sementes.

Diante deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento do pessegueiro-bravo - *Prunus brasiliensis*, em substratos à base de lodo de esgoto aeróbio compostado com podas de árvores trituradas em diferentes proporções, com diferentes níveis de fertilizante mineral, 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.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, entre julho de 2008 e outubro de 2008, e em área de rustificação, entre novembro de 2008 e fevereiro de 2009, no Viveiro Florestal do Passaúna, pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, no município de Araucária, Paraná. O viveiro localiza-se nas coordenadas 25º32’03”S e 49º23’15”W, altitude de 900 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é Cfb, com temperatura média anual entre 16 e 18 ºC e com precipitação anual média entre 1400 e 1600 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

Três tipos de substratos foram testados: (1) substrato comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita; (2) substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Belém/Curitiba/Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), na proporção 3:1 (v:v); e (3) substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio - proporção 2:1 (v:v). Ambos os substratos à base de lodo de esgoto foram peneirados em malha de 2 mm. Considerando as concentrações totais de

metais pesados (análises realizadas no Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná – UFPR, segundo American Public Health Association – APHA, 1998 – Tabela 1) e parâmetros parasitológicos (ovos de helmintos) (análises realizadas no Laboratório de Parasitologia Molecular – UFPR, segundo TOMAZ SOCCOL et al., 2000 – Tabela 2), os substratos higienizados através da compostagem estavam aptos para a utilização agrícola, atendendo às Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 375/2006 e Secretaria Estadual de Meio Ambiente – Paraná (SEMA/PR) nº 021/2009. Cada substrato foi submetido a três níveis de adubação: (1) sem fertilizante; (2) dose normal, com 2,7 g de fertilizante granulado (N; P_2O_5; K_2O - 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) por dm^3 e (3) dose alta, com 4,0 g do mesmo fertilizante por dm^3, totalizando 9 tratamentos. Análises de teores totais de macro e micronutrientes nos substratos foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas – UFPR, segundo Martins e Reissmann (2007) (Tabelas 3 e 4), com 3 repetições cada. 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. A dose de 4 g (50 % maior) foi escolhida para verificar se maiores níveis de fertilizante resultam em maior crescimento das mudas.

As sementes de *Prunus brasiliensis* foram fornecidas pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP, coletadas na região metropolitana de Curitiba – Paraná. A semeadura foi realizada manualmente a 0,5 cm de profundidade, diretamente em tubetes plásticos com formato cônico e capacidade de 110 cm^3, encaixados em bandejas. Foram colocadas duas sementes por tubete. A irrigação, suficiente para umedecer todo o substrato, foi realizada duas vezes por dia, tanto no período da casa de vegetação quanto na área de rustificação, sendo uma pela manhã e outra à tarde, por microaspersores.

O raleamento consistiu no corte da muda menos desenvolvida nos tubetes em que as duas plantas germinaram. As plantas das bordaduras das bandejas foram descartadas. No período de avaliação foram mensuradas pelo menos 10 plantas úteis para compor o valor médio de cada repetição (três repetições por tratamento). Quando as mudas atingiram sete meses de idade, foram mensuradas as seguintes variáveis: altura, diâmetro de colo e biomassa seca da parte aérea (folhas e ramos). A altura foi medida com régua graduada, verticalmente, do colo à projeção da parte vegetativa mais alta e o diâmetro médio foi medido no colo da planta, com um paquímetro digital (0,01 mm). Para obtenção dos dados de biomassa, as plantas foram cortadas na base do caule, sendo amostradas cinco plantas por repetição. Em seguida, as amostras foram colocadas em embalagens de papel e submetidas à secagem em estufa a 60 ºC por 72 horas. O material vegetal seco foi separado em folhas e ramos, e estes foram pesados em balança analítica (precisão 0,001 g) e em seguida descartados.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 3 (três tipos de substrato x três níveis de fertilização), sendo três repetições por tratamento. Após o teste de Bartlett para a verificação da homogeneidade das variâncias e outras condicionantes, foram realizadas análises de variância e testes de Tukey (5 % de probabilidade) para a comparação das médias. Para as variáveis onde foram detectadas interações entre os fatores, foram comparados os níveis de um fator dentro do outro. Os efeitos dos níveis de fertilizante (fator quantitativo) também foram avaliados por regressões polinomiais. No entanto, considerando que a maioria dos coeficientes de determinação foi significativa apenas para as variáveis diâmetro de colo e altura, as regressões para as demais variáveis não foram apresentadas.

TABELA 1: Concentrações totais de metais pesados em amostra formada pelos dois compostos à base de lodo de esgoto e de podas de árvores trituradas utilizados como substratos. Os números entre parênteses representam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

TABLE 1: Total concentration of heavy metals in a sample composed by two compounds based on sewage sludge and pruning trees crushed used as substrates. The numbers between parentheses represent the established limits proposed by CONAMA nº 375/2006.

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

TABELA 2: Parâmetros parasitológicos (ovos viáveis por grama de sólidos totais) dos compostos à base de lodo de esgoto e de podas de árvores trituradas utilizados como substratos.
TABLE 2: Parasitological parameters (viable eggs per gram of total solids) of the compounds based on sewage sludge and pruning trees crushed used as substrates.

	Composto[A]	
Helminto	3:1	2:1
Ascaris sp.	0	0,05
Toxocara sp.	0	0,01
Trichuris trichiura	0	0,00
Trichuris vulpis	0	0,01
Trichuroidea	0	0,01
Hymenolepis diminuta	0	0,01
Taenia sp.	0	0,00
Total Geral	0	0,10
Protozoários	0,28	0,38

Em que: [A] = Análises realizadas em triplicatas. Limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 375/2006: ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo por grama de sólidos totais.

TABELA 3: Concentrações totais de macro e micronutrientes nos substratos testados (março/2008).
TABLE 3: Total concentration of macro and micronutrients in the substrates tested (march/2008).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(g kg^{-1})					(mg kg^{-1})			
Comercial / 0	5,8	2,6	2,1	12,9	9,23	5780	78	12	9
Comercial / 2,7	5,0	2,2	2,8	11,5	9,86	7475	117	18	13
Comercial / 4,0	5,7	2,5	3,5	6,5	5,63	6266	105	27	16
Composto 3:1 / 0	19,6	8,0	2,7	17,1	4,49	10793	371	66	103
Composto 3:1 / 2,7	20,6	8,2	4,9	19,4	5,27	9233	378	72	100
Composto 3:1 / 4,0	20,9	8,3	6,2	18,2	4,98	8887	367	86	105
Composto 2:1 / 0	19,3	8,4	2,9	16,0	4,17	10388	395	73	117
Composto 2:1 / 2,7	20,1	8,5	4,6	16,8	4,40	9873	406	86	117
Composto 2:1 / 4,0	22,0	8,3	5,4	16,0	4,47	10456	385	38	118

Em que: 2,7 e 4,0 = respectivamente, 2,7 g e 4,0 g de fertilizante granulado (N; P_2O_5; K_2O - 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) por dm^3; 3:1 e 2:1 = proporção (v:v) de substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio da ETE Belém/Curitiba/SANEPAR.

TABELA 4: Caracterização química do substrato comercial com fertilização mineral comumente utilizado nos viveiros da SANEPAR.
TABLE 4: Chemical characterization of commercial substrate with mineral fertilizers commonly used in nurseries of the Sanepar.

Amostra	pH		Al^{+3}	$H^{+}+Al^{+3}$	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg
Comercial / 2,7	$CaCl_2$	SMP	cmol dm^{-3}							mg dm^{-3}	g dm^{-3}	%	%	
	5,9	6,2	0	4,2	18,3	5,1	1,2	24,6	28,8	721,8	133,8	85	0	3,6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou interação significativa entre substratos e doses de fertilizante para a altura e diâmetro de colo de *Prunus brasiliensis*.

As variáveis altura, diâmetro e biomassa aérea foram maiores para ambos os compostos à base de lodo, em relação ao substrato à base de casca de *Pinus* e vermiculita ($p < 0,05$) (Tabelas 5, 6 e 7; Figura 1).

Os maiores teores de N e P, bem como dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn presentes nos substratos à base de lodo de esgoto (Tabela 3), provavelmente, foram importantes fatores que justificaram o maior crescimento das mudas. O nitrogênio é um dos elementos minerais mais requeridos pelas plantas, fazendo parte de proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros constituintes vegetais, incluindo membranas e diversos hormônios, e sua disponibilização em suficiência estimula o crescimento vegetativo (SOUZA e FERNANDES, 2006). Já o fósforo participa de vários processos metabólicos das plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese de proteínas, metabolismo de carboidratos e fixação de N_2 (ARAUJO e MACHADO, 2006).

Portanto, as quantidades de N e P presentes nos compostos com lodo já são suficientes para a produção de mudas sadias, visto que as concentrações desses nutrientes nos compostos com e sem adubação são similares (Tabela 3).

Por outro lado, foi observado que a adição do fertilizante contribuiu para o aumento significativo de K em todos os substratos, indicando que, apesar dos níveis de fertilizante pouco contribuírem com N e P nos substratos com lodo, passam a ser uma fonte significativa de K.

Tais resultados concordam com outros trabalhos onde o lodo de esgoto foi usado como componente de substratos, como Padovani (2006) na produção de mudas de *Inga uruguensis* (ingá), *Lafoensia glyptocarpa* (mirindiba-rosa), *Poecilanthe*

TABELA 5: Médias (± erro padrão) de altura e diâmetro de colo de *Prunus brasiliensis*, em três tipos de substratos e fertilizantes; n = 3.

TABLE 5: Averages (± standard error) for height and diameter of *Prunus brasiliensis* in three types of substrates and three levels of fertilizers; n = 3.

	Altura (cm)			Diâmetro (mm)		
	Doses de fertilizante (g dm^{-3})					
Substrato	0	2,7	4	0	2,7	4
Comercial	13,9±0,5 cC	33,5±1,2 bB	33,7±0,9 bA	2,3±0,1 bB	3,1±0,1 bA	3,2±0,0 bA
Composto 3:1	42,0±0,9 bB	49,9±0,2 aA	50,6±0,5 aA	3,4±0,1 aA	3,4±0,8 aA	3,4±0,1 aA
Composto 2:1	45,3±0,2 aB	48,3±1,1 aA	50,6±0,7 aA	3,1±0,1 aB	3,3±0,6 aAB	3,6±0,1 aA

Em que: 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 (± erros padrão) de biomassa dos ramos e das folhas das mudas de *Prunus brasiliensis*, em três tipos de substratos e fertilizantes; n = 3.

TABLE 6: Averages (± standard errors) for biomass of branches and leaves of *Prunus brasiliensis* seedlings in three types of substrates and fertilizers; n = 3.

	Ramos (g)				Folhas (g)			
	Doses de fertilizante (g dm^{-3})							
Substrato	0	2,7	4	Média	0	2,7	4	Média
Comercial	0,13±0,01	0,53±0,05	0,59±0,04	0,42b	0,14±0,01	0,54±0,05	0,60±0,06	0,43b
Composto 3:1	0,89±0,06	1,09±0,03	0,81±0,01	0,93a	0,92±0,10	1,03±0,04	0,69 ±0,06	0,88a
Composto 2:1	0,84±0,03	1,18±0,08	1,44±0,07	1,16a	0,84±0,03	1,07±0,06	1,28±0,05	1,06a
Média	0,62B	0,93A	0,95A		0,64A	0,88A	0,86A	

Em que: 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 7: Médias (± erro padrão) de biomassa seca aérea total (folhas + ramos) das mudas de *Prunus brasiliensis*, em três tipos de substratos e fertilizantes; n = 3.

TABLE 7: Averages (± standard errors) for total aerial dry biomass (leaves and branches) of *Prunus brasiliensis* seedlings in three types of substrates and fertilizers; n = 3.

Biomassa aérea total (g)				
	Doses de fertilizante (g dm^{-3})			
Substrato	0	2,7	4	Média
Comercial	0,27±0,02	1,07±0,09	1,19±0,09	0,84b
Composto 3:1	1,81±0,15	2,12±0,07	1,51±0,08	1,81a
Composto 2:1	1,69±0,06	2,26±0,11	2,72±0,08	2,22a
Média	1,25B	1,82A	1,80AB	

Em que: 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.

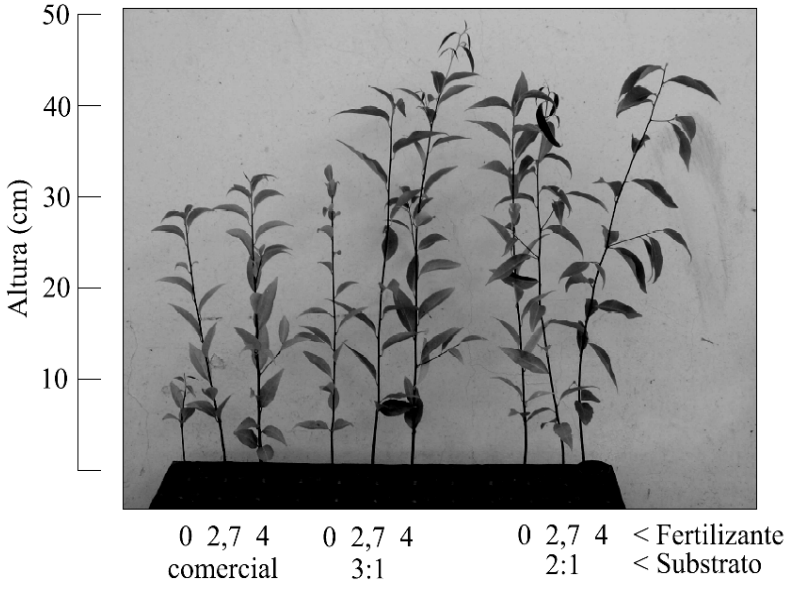

FIGURA 1: Mudas de pessegueiro-bravo nos três tipos de substratos e três níveis de fertilização (em g.dm^{-3}).

FIGURE 1: Seedlings of "pessegueiro-bravo" - *Prunus brasiliensis* in three types of substrates and three levels of fertilizers.

parviflora (coração-de-negro) e *Tecoma stans* (ipê-de-jardim), Schirmer (2010) na produção de mudas de *Pinus elliottii* inoculadas com fungo ectomicorrízico, e Maia (1999) para a produção de mudas de *Pinus taeda.* Segundo todos estes, o uso do composto à base de lodo de esgoto como componente de substratos é uma alternativa viável para reaproveitamento do resíduo, visto a economia de insumos e a qualidade na produção das mudas, além do benefício ambiental.

A dose normal de fertilizante (2,7 g dm^{-3}) foi suficiente para a obtenção de alturas e diâmetros superiores àqueles onde não foi utilizada a adubação (Tabela 5). Conforme já comentado, o K parece ter exercido influência significativa devido às suas inúmeras funções nos processos metabólicos, relacionados a processos energéticos, de translocação e armazenamento de assimilados e de manutenção de água nas mudas (MEURER, 2006).

As mudas no substrato comercial apresentaram maiores alturas e diâmetros de colo com o aumento da dose de fertilizante ($p < 0,05$; Tabela 5 e Figuras 2 e 3). Já para os substratos à base de lodo de esgoto, o composto 3:1 com a adubação com 2,7 g dm^{-3} foi suficiente para apresentar altura similar as mudas com a maior dose de fertilizante (4 g dm^{-3}) (Tabela 5), enquanto que o composto 2:1 apresentou uma tendência de maiores valores para

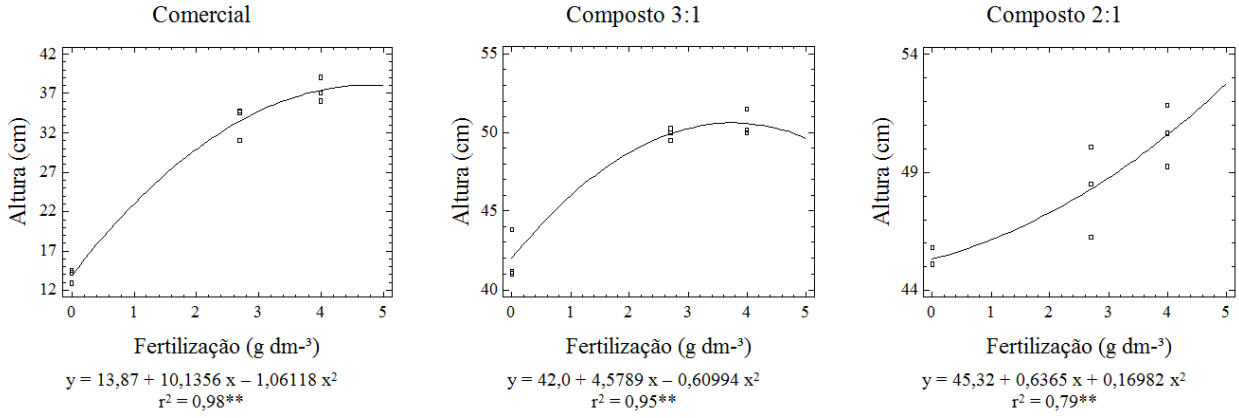

FIGURA 2: Regressões polinomiais para alturas das mudas de pessegueiro-bravo nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização. ** significativo a 1 % de probabilidade.

FIGURE 2: Polynomial regressions of seedling heights of *Prunus brasiliensis* for three types of substrates according to fertilization levels. ** significant to 1 % of probability.

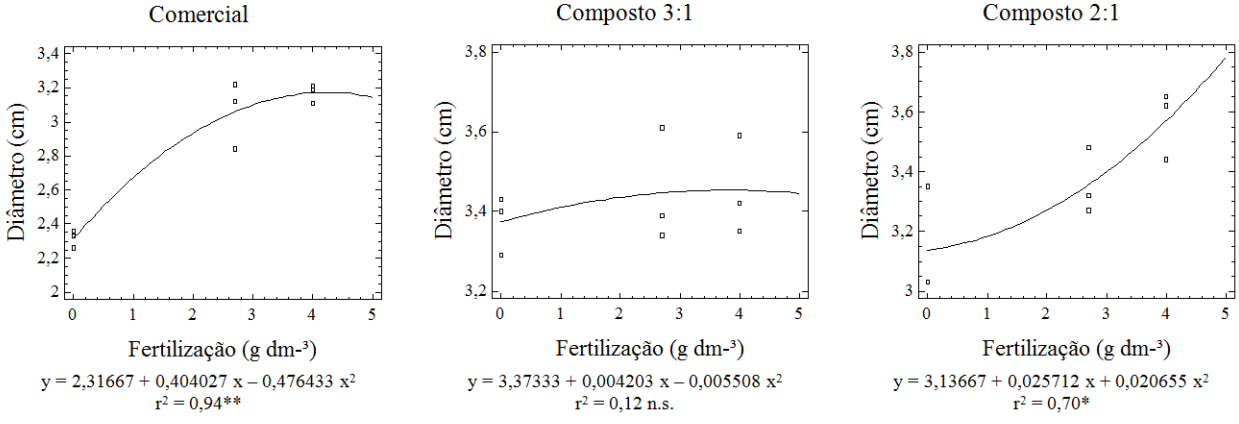

FIGURA 3: Regressões polinomiais para diâmetros de colo das mudas de pessegueiro-bravo nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização. n.s. = não significativo; * = significativo a 5 % de probabilidade; ** = significativo a 1 % de probabilidade.

FIGURE 3: Polynomial regressions of seedling diameters of *Prunus brasiliensis* for three types of substrates according to fertilization levels. n.s. = no significant; * = significant to 5 % of probability; ** = significant to 1 % of probability.

maiores doses (Figura 2).

Para a variável diâmetro de colo, os dados do composto à base de lodo 3:1 não indicaram diferença significativa aos diferentes níveis de fertilizante, ou seja, o diâmetro não foi afetado pelos níveis de fertilizante (Tabela 5 e Figura 3). As mudas no substrato comercial responderam com maiores diâmetros de colo com o aumento da aplicação de fertilizante. Também para o substrato 2:1, houve um aumento progressivo nos diâmetros de colo com o aumento das doses do fertilizante (Figura 3). Resultado similar foi obtido para *Parapitadenia rigida* (Benth.) Brenan, em experimento semelhante realizado por Scheer et al. (2010).

As análises de variância não detectaram interações significativas entre os fatores substrato e fertilizante para as variáveis biomassa de ramos, folhas e biomassa aérea total. Para estas variáveis, os compostos com lodo de esgoto apresentaram resultados superiores, independente do nível de fertilização (Tabelas 6 e 7). Independente do tipo de substrato, os níveis 2,7 e 4 g dm^{-3} de fertilizante apresentaram resultados superiores e significativos ao nível 0 g dm^{-3} para a biomassa de ramos (Tabela 6), enquanto que para a biomassa aérea total o nível 2,7 g dm^{-3} foi superior aos demais (Tabela 7).

Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos que avaliaram o crescimento de mudas de diferentes espécies produzidas com substrato à base de lodo de esgoto (MORAIS et al., 1996; FAUSTINO et al., 2005 e SCHEER et al., 2010), e o crescimento de mudas produzidas com diferentes níveis de fertilizante (BRONDANI et al., 2008 e SANTIN et al., 2008). No presente trabalho os melhores resultados foram obtidos com substratos com lodo.

Em relação ao crescimento de *Prunus brasiliensis*, o composto com lodo 2:1 e 4 g dm^{-3} de fertilizante, foi 51 % superior aos valores obtidos para o substrato comercial com 2,7 g dm^{-3} (substrato e dose de fertilizante rotineiramente utilizada nos viveiros da SANEPAR) para a variável altura, 17 % para diâmetro do colo, 171 % para biomassa de ramos, 136 % para biomassa de folhas e 153 % para a biomassa total. Amplitudes similares também foram observadas por Scheer et al. (2010), indicando o alto potencial de crescimento e nutrição de mudas em substratos à base de lodo de esgoto compostado.

CONCLUSÕES

Os compostos à base de lodo de esgoto e podas de árvores trituradas são suficientes para obtenção de resultados de crescimento de *Prunus brasiliensis* (altura, diâmetro de colo, biomassa de ramos, de folhas e aérea total) maiores aos obtidos pelos tratamentos utilizando substrato comercial à base de casca de *Pinus* compostada e vermiculita.

Os nutrientes já existentes nos substratos à base de lodo de esgoto compostado são suficientes para um bom crescimento das mudas. Somado ao substrato, a fertilização complementar de liberação lenta (NPK) melhora o crescimento das plantas, principalmente para as variáveis altura e diâmetro de colo.

Para ambos os compostos à base de lodo de esgoto, o nível intermediário de fertilizante (2,7 g dm^{-3}) apresenta resultados similares ao nível superior (4 g dm^{-3}) para a maioria das variáveis testadas.

Os substratos à base de lodo de esgoto indicam que, além de substituírem o substrato comercial, resultam em crescimento e nutrição superiores.

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 a Cleverson Andreoli e Maria Arlete Rosa. Somos gratos ao auxílio de Otávio Bressan, Laercio Chemim, Márcia de Lima, Gessuelyton de Lima, Juliana Wojciechowski, Beatriz Serrat e de Rafaela Climaco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Enviromental Federation, 20th ed Washington, 1998.

ARAUJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa: SBCS, 2006. cap.10, p. 253-280.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência,** Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 321-330, maio/ago. 2009.

BONNET, B. R. P. et al. Effects of substracts composed of biosolids on the production of *Eucalyptus viminalis*, *Schinus terebinthifolius* and *Mimosa scabrella* seedlings and on the nutritional status of *Schinus terebinthifolius* seedlings. **Water Science and Technology**, New York, v. 46, n. 10, p. 239-246, 2002.

BRONDANI, G. E. et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Sciencia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPF/SPI, 1994. 640 p.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná.** IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, 2000 (CDROM).

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, p.278-282, 2005. (Suplemento)

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000b. p. 80-102.

KNAPIK, J. G. **Utilização do pó de basalto como**

alternativa à adubação comercial na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne. 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. 2007. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

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**, Viçosa, v.18, p. 449-455, 1994.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M.S (Eds.) **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa: SBCS, 2006. cap.11, p.281-298.

MORAIS, S. M. de J. et al. Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparada com outros substratos orgânicos. **Sanare**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 44-49, 1996.

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

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, dez. 2009.

PEGORINI, E. S. **Avaliação de impactos ambientais do programa de reciclagem agrícola de lodo de esgoto na região metropolitana de Curitiba**. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SANTIN, D. et al. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Sciencia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapitadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Sciencia Forestalis,** Piracicaba, v.38, n.88. 2010.

SCHIRMER, G. K. **Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii* engelm.** 2010 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SILVA, W. T. L. et al. Potencialidade do uso de composto produzido a partir de lodo de esgoto urbano e poda verde de árvore. **Circular Técnica - EMBRAPA/SP**. 2004.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio In: FERNANDES, M. S. (Eds.) **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa: SBCS, 2006. cap. 09, p.215-254.

TAMANINI, C. R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólidos e gramíneas forrageiras**. Curitiba, 2004. 181 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

THOMAZ-SOCCOL V.; CASTRO, E.A.; PAULINO, R. C. Metodologia para análise parasitológica em lodo. In: ANDREOLI, C.; BONNET, B. P. (Eds.). **Métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto.** 2. ed. Curitiba: Sanepar, 2000, v. I, p. 27-41.

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