

## Produção de mudas de *Bauhinia forficata* Link com adição de lodo de esgoto compostado

*Production of Bauhinia forficata Link seedlings with composted sewage sludge*

Taiana Cristina Vinciguerra<sup>1</sup>, Denise Andréia Szymczak<sup>2</sup>, Naimara Vieira do Prado<sup>3</sup>

**RESUMO:** O lodo de esgoto é um resíduo sólido urbano altamente problemático, submetê-lo ao processo de compostagem é uma alternativa sustentável para a viabilização de seu uso, principalmente no que diz respeito à estruturação de solo para produção de mudas nativas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link) em substratos com diferentes proporções de solo, lodo de esgoto compostado e fertilizante mineral. O lodo de esgoto passou por um processo de compostagem juntamente com resíduo de poda urbana. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e composto por seis tratamentos em delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram: T1 - 100% solo; T2 - 75% solo + 25% composto; T3 - 50% solo + 50% composto; T4 - 25% solo + 75% composto; T5 - 50% solo + 50% composto + 100g de NPK (4-14-8); e T6 - 50% solo + 50% composto + 50g de NPK (4-14-8). Durante o experimento, foram aferidos diâmetro do coleto e altura total das mudas em intervalos de 30 dias após o replantio. O lodo de esgoto compostado mostrou-se eficiente para a produção de mudas, podendo ser considerado um substrato alternativo viável. O melhor tratamento foi o que levou maior quantidade de composto (T4), pois gerou maior altura e diâmetro das plantas. A adição de NPK não proporcionou resultados superiores quando comparado a tratamentos que levam apenas a adição de lodo de esgoto compostado, indicando não ser necessário nessas condições.

**Palavras-chave:** Compostagem. Pata-de-vaca. Recuperação de áreas degradadas. Substrato alternativo.

**ABSTRACT:** Sewage sludge is a highly problematic urban solid waste and its composting process is a sustainable alternative for usage feasibility, especially with regard to the structuring of soil for the production of native seedlings. Current study evaluates the initial growth of seedlings of 'pata-de-vaca' (*Bauhinia forficata* Link) in substrates with different rates of soil, composted sewage sludge and mineral fertilizer. Sewage sludge and urban pruning residue underwent a composting process. The experiment, conducted in a greenhouse, consisted of six treatments in a randomized block design, with five replications. The treatments comprised T1 - 100% soil; T2 - 75% soil + 25% compost; T3 - 50% soil + 50% compost; T4 - 25% soil + 75% compost; T5 - 50% soil + 50% compost + 100g NPK (4-14-8); and T6 - 50% soil + 50% compost + 50g NPK (4-14-8). Stake diameter and total height of seedlings were measured at intervals of 30 days after replanting. The composted sewage sludge proved to be efficient for seedling production and may be a viable alternative substrate. The best treatment seems to be that with the highest amount of compost (T4) since it generated greater height and diameter of the plants. The addition of NPK did not provide higher results rates when compared to treatments featuring the addition of composted sewage sludge, indicating that it was not necessary under those conditions.

**Keywords:** Alternative substrate. Composting. 'Pata-de-vaca'. Recovery of degraded areas.

**Autor correspondente:**  
Taiana Cristina Vinciguerra: taiana-vinciguerra@hotmail.com

Recebido em: 26/05/2020  
Aceito em: 05/04/2021

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Francisco Beltrão (PR), Brasil.

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Professora do curso de Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Francisco Beltrão (PR), Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Estatística e Experimentação Agronômica pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Francisco Beltrão (PR), Brasil.

## INTRODUÇÃO

Frente ao crescimento populacional urbano, a preocupação com a geração de resíduos e efluentes aumenta, especialmente no que tange à produção de lodo de esgoto e sua destinação dada pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). A disposição final do lodo é uma etapa problemática na maioria das estações de tratamento, uma vez que o principal destino são os aterros sanitários, que acabam sobrecarregados e, por consequência, têm seu tempo de vida reduzido.

Após a passagem do esgoto pela estação de tratamento, alguns constituintes como metais pesados, ovos de helmintos, poluentes orgânicos e micro-organismos patogênicos podem estar presentes no lodo (BETTIOL; CAMARGO, 2006; PEDROZA *et al.*, 2011) e são indesejáveis devido ao risco sanitário e ambiental que apresentam. Alguns desses constituintes podem ser eliminados com eficiência quando submetidos a altas temperaturas.

Uma alternativa sustentável para viabilização do uso do lodo de esgoto é submetê-lo a compostagem. Durante esse processo, o lodo é submetido a elevadas temperaturas por longos períodos de tempo, o que pode garantir a eliminação de micro-organismos patogênicos e a diminuição de constituintes indesejáveis presentes no material inicial (HECK *et al.*, 2013).

A compostagem é um processo natural de transformação da matéria orgânica, no qual as técnicas de montagem aplicadas viabilizam a aceleração do processo, decompondo o material grosseiro em material estável no menor período de tempo. Nesse processo, o lodo de esgoto, que é um resíduo rico em nitrogênio, é misturado a uma fonte rica em carbono, isso gera o equilíbrio necessário para a sobrevivência dos micro-organismos responsáveis pela decomposição do material (COOPER *et al.*, 2010; FERNANDES; SILVA, 2000).

O composto final pode servir como condicionador do solo e, ou, substrato no cultivo inicial de mudas de essências florestais (CARVALHO *et al.*, 2015; BONINI *et al.*, 2015; SIQUEIRA *et al.*, 2019). Santos *et al.* (2014) ao estudarem as características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto, concluíram que as proporções mais adequadas para o crescimento de mudas de espécies florestais devem ser formuladas com 20 a 80% de lodo de esgoto, pois o lodo de esgoto proporciona aumento da fertilidade dos substratos e dos teores de nutrientes.

Dentre os adubos utilizados para o cultivo de mudas, destacam-se também os fertilizantes minerais, como os formulados NPK. De acordo com Silva *et al.* (2018), a adubação NPK auxilia no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando as distribuições de assimilados entre as partes reprodutivas e vegetativas. Behling *et al.* (2013) e Serrano; Cattaneo; Ferregueti (2010) salientam que a utilização de fertilizantes minerais para a produção de mudas

possui grande praticidade, uma vez que os nutrientes vão sendo disponibilizados para a planta de forma contínua.

Buscando alternativas para a destinação de lodo de esgoto e a necessidade de desenvolvimento de novos substratos para a produção de mudas florestais nativas, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial de mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link) em substratos com diferentes proporções de solo, lodo de esgoto compostado e fertilizante mineral.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Na montagem da pilha de compostagem foram utilizados dois tipos de resíduos sólidos urbanos: o resíduo da poda de árvores provenientes da manutenção da arborização urbana e o lodo proveniente da estação de tratamento de esgoto, ambos do município de Francisco Beltrão (PR). A mistura foi realizada na proporção volumétrica 3:1 (três partes de resíduo de poda urbana e uma parte de lodo de esgoto).

O esgoto recebido na ETE do município de Francisco Beltrão é derivado de áreas urbanas domiciliares e comerciais. O tratamento consiste em um sistema de digestão anaeróbica seguido da higienização com a adição de cal para a estabilização e desodorização do mesmo. O segundo resíduo é oriundo da manutenção da arborização urbana do município, em que os galhos e folhas cortados passam por um triturador mecânico e em seguida são destinados para o aterro sanitário do município.

O processo de compostagem foi conduzido na área experimental de resíduos sólidos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), em Francisco Beltrão (PR), no período de setembro de 2017 a fevereiro de 2018. A composteira foi mantida coberta por lona, sendo aberta apenas para os revolvimentos semanais. Para a caracterização do composto estabilizado (Tabela 1), foram realizadas análises de compostos inorgânicos conforme metodologia proposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2017).

Com o composto estabilizado, formulou-se em vasos de 10 L um tratamento testemunha, contendo apenas solo argiloso (T1); três tratamentos com a combinação de solo argiloso e composto de lodo de esgoto nas proporções (volume): 75% solo + 25% composto (T2), 50% solo + 50% composto (T3) e 25% solo + 75% composto (T4); e dois tratamentos com adição de fertilizante mineral (4-14-8 N-P-K) da marca Fecoagro®: 50% solo + 50% composto + 100g NPK (T5) e 50% solo + 50% composto + 50g NPK (T6). A adição de NPK (4-14-8) nas proporções de 100g no T5 e 50g no T6 foi realizada com a finalidade de testar se

a adição desse fertilizante mineral iria contribuir para o desenvolvimento da altura total e do diâmetro do coleto das mudas.

O solo utilizado na composição dos tratamentos foi coletado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-FB). Esse solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS *et al.*, 2018) com textura argilosa (408 g kg<sup>-1</sup> de argila, 337 g kg<sup>-1</sup> de silte e 255 g kg<sup>-1</sup> de areia). Foram usadas apenas as camadas subsuperficiais (abaixo dos primeiros 15 cm), sem presença de serapilheira ou banco de sementes. A caracterização química do solo se encontra na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do solo (Latossolo Vermelho) e do composto de lodo de esgoto utilizado no experimento

Elemento	pH	C	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC pH7,0	V
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				%	
<b>Latossolo</b>	4,7	4,9	3,43	0,09	1,28	0,82	5,76	0,36	7,95	27,55
<b>Composto</b>	6,7	133,3	4800	24,04	110,78	20,57	-	-	-	-

H+Al: acidez potencial; CTC: capacidade de troca de cátions potencial em pH 7,0; V: saturação por bases.

A interpretação da análise química do solo, conforme o manual de adubação e calagem do Estado do Paraná (SBCS-NEP, 2017), indicou que este solo apresenta pH em CaCl<sub>2</sub> na faixa média (4,7). Os conteúdos de Cálcio e Magnésio também foram classificados na faixa média (1,28 e 0,82 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente). Mas, os teores de Carbono orgânico estão em níveis baixos (4,9 g dm<sup>-3</sup>). Entretanto, os teores de Fósforo neste solo argiloso (> 400 g kg<sup>-1</sup> de argila) são classificados como muito baixos (3,43 mg dm<sup>-3</sup>), indicando baixa fertilidade química. Os teores de Potássio são classificados em baixos (0,09 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), o que corresponde a apenas 1,13% da CTC potencial a pH 7,0. Este solo apresentou CTC efetiva de apenas 2,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e CTC pH 7,0 de 7,95 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, o que corresponde a baixos níveis de fertilidade. Já os parâmetros de acidez indicam que os baixos valores de pH favorecem a presença de alumínio (0,36 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) o que corresponde a saturação de alumínio de 4,53%. Os valores de acidez potencial (H+Al) em 5,76 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> indicam que a maior parte da CTC potencial do solo está preenchida com íons H<sup>+</sup> que têm potencial de serem liberados para a solução do solo causando a acidificação do meio.

A produção de mudas foi conduzida na casa de vegetação da UTFPR *campus* Francisco Beltrão (PR), no período de setembro de 2018 a janeiro de 2019. O município apresenta

temperatura média anual de 19,2 °C, umidade relativa de 74,7% e precipitação média anual de 2046 mm (IAPAR, 2018).

As mudas de *Bauhinia forficata* Link, pertencente à família Fabaceae, utilizadas no experimento foram adquiridas no Viveiro Municipal de Francisco Beltrão. A espécie é popularmente conhecida por pata-de-vaca. Nativa da América do Sul, tem rápido crescimento e, pela sua rusticidade, é comumente utilizada para a recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992).

As mudas foram retiradas dos tubetes e replantadas nos vasos com substratos que compuseram os tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados (DBC), com cinco repetições e seis tratamentos, totalizando 30 mudas.

As mudas ficaram sob sombreamento de 50%, produzido por uma tela de sombrite. A irrigação das mudas foi realizada diariamente ou quando necessário, com regador manual, disponibilizando volumes iguais de água para cada planta. De acordo com a necessidade, foi realizada a capina manual nos vasos. As avaliações consistiram na mensuração da altura total (Ht) e do diâmetro do coleto (DC) rente à superfície do solo, em intervalos de 30 dias após o plantio das mudas, totalizando 4 meses e 15 dias de experimento. A altura foi mensurada com régua graduada e o diâmetro do coleto foi obtido com paquímetro digital PD150 Vonder®.

Após a coleta dos dados, foi calculada a diferença entre os dados iniciais e finais da altura total (Ht) e diâmetro do coleto (DC). Para verificação da normalidade, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (GOMES, 2009) e para verificação da homogeneidade de variâncias, foi realizado o teste de Bartlett (GOMES, 2009), ambos com 5% de significância. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variâncias (ANOVA,  $p < 0,05$ ) e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância pelo programa RStudio versão 1.1.463.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de substâncias inorgânicas do composto foi analisada segundo a Resolução do CONAMA nº 375/2006, que define critérios para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, com isso, estabelece limites de concentração para tal finalidade (Tabela 2). Na Tabela 2 também é apresentada a compilação de resultados de alguns estudos sobre compostos inorgânicos.

**Tabela 2.** Compostos inorgânicos presentes em lodo de esgoto compostado com resíduo de poda, lodo tratado e os requisitos mínimos para destinação agrícola, conforme a resolução CONAMA 375 (2006)

Parâmetros	Resultados analíticos do composto de lodo de esgoto <sup>1</sup>	Lodo de esgoto tratado <sup>2</sup>	Lodo de esgoto tratado <sup>2</sup>	Lodo de esgoto compostado <sup>3</sup>	Resolução nº 375/2006 CONAMA
		(SIQUEIRA <i>et al.</i> , 2018)	(SIQUEIRA <i>et al.</i> , 2019)	(ABREU <i>et al.</i> , 2017)	
----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
Cádmio	N. D.	1,95	0,79	< 0,20	39
Chumbo	N. D.	14,77	31,84	197	300
Cobre	115,50	306	205,09	267	1500
Cromo	88,01	19,92	65,26	70	1000
Molibdênio	N. D.	-	8,75	22,6	50
Níquel	N. D.	7,58	31,31	40,2	420
Zinco	595,70	588	846,32	681	2800

<sup>1</sup> Lodo de esgoto compostado utilizado no presente estudo.

<sup>2</sup> Lodo de esgoto tratado com cal em 15% do peso seco (SIQUEIRA *et al.*, 2019; SIQUEIRA *et al.*, 2018).

<sup>3</sup> Lodo de esgoto compostado na Estação de Tratamento (ABREU *et al.*, 2017).

N. D.: Não Detectado.

Os teores dos elementos analisados no composto ficaram abaixo do limite máximo estabelecido nessa legislação, demonstrando a viabilidade de utilização do composto sem riscos sanitários e ambientais.

Siqueira *et al.* (2018) e Siqueira *et al.* (2019), ao caracterizarem o lodo de esgoto tratado com adição de cal em 15% do peso seco, observaram que essa medida foi eficiente para atender a legislação no que tange à concentração de compostos inorgânicos, porém, não o suficiente para eliminá-los do lodo.

Abreu *et al.* (2017) utilizaram em seu estudo lodo de esgoto compostado ainda na estação de tratamento, metodologia utilizada para eliminação de patógenos, e verificaram que com esse tratamento a concentração de compostos inorgânicos também atendeu a legislação vigente. Já a calagem (realizada na ETE), aliada ao processo de compostagem realizado no presente estudo, demonstrou maior eficiência a ponto de eliminar os compostos Cádmio, Chumbo, Molibdênio e Níquel do material.

Segundo Fernandes e Silva (2000) o lodo de ETEs que recebem apenas efluentes domésticos normalmente apresentam pequenas quantidades de compostos inorgânicos provenientes da natureza dos resíduos descartados e da própria canalização. Algumas dessas substâncias, como o Zn e o Cu, em determinadas quantidades, são essenciais para os organismos, enquanto outras substâncias, como o Pb, Hg e Cd, podem ser prejudiciais para as plantas e animais, podendo causar ameaças à cadeia trófica (SILVA *et al.*, 2007).

A concentração de Cr encontrada neste estudo ficou acima do esperado para esgotos domésticos, já que esse composto inorgânico em específico é característico de esgotos

industrias, principalmente em banhos de galvanoplastias, tintas anticorrosivas e curtumes (WUANA; OKIEIMEN, 2011). A presença de Cr em tal quantidade, mesmo que abaixo do limite solicitado pela legislação vigente, pode ser fruto de ligações de esgoto clandestinas ou despejo direto de efluente industrial na rede coletora do município, sem passar por nenhum tratamento dentro da indústria.

A utilização de diferentes proporções de composto de lodo de esgoto, solo e adubo NPK (4-14-8) proporcionaram o crescimento diferencial em altura e diâmetro para as mudas de pata-de-vaca (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios de altura total ( $\pm$ desvio padrão) e diâmetro do coleto ( $\pm$ desvio padrão) para cada tratamento testado com pata-de-vaca

Tratamentos	Altura total - Ht (cm)		
	Ht (Inicial)	Ht (Final)	$\Delta$ Ht
T1	19,10 ( $\pm$ 2,07)	47,06 ( $\pm$ 11,55)	27,96 ( $\pm$ 10,80) d
T2	17,56 ( $\pm$ 4,64)	75,72 ( $\pm$ 14,93)	58,14 ( $\pm$ 11,53) c
T3	17,20 ( $\pm$ 3,11)	69,62 ( $\pm$ 7,86)	52,42 ( $\pm$ 10,14) c
T4	15,25 ( $\pm$ 4,22)	111,35 ( $\pm$ 16,65)	96,10 ( $\pm$ 20,62) a
T5	15,78 ( $\pm$ 4,33)	89,36 ( $\pm$ 13,73)	73,58 ( $\pm$ 15,92) b
T6	15,90 ( $\pm$ 1,96)	77,40 ( $\pm$ 12,52)	61,50 ( $\pm$ 12,03) c
Teste F (valor-p)	0,5968	0,0001	0,0001
Valor F	0,75	12,08	12,32
CV (%)	21,5	18,20	24,40
	Diâmetro do coleto - DC (mm)		
	DC (Inicial)	DC (Final)	$\Delta$ DC
T1	3,54 ( $\pm$ 0,16)	7,00 ( $\pm$ 1,23)	3,48 ( $\pm$ 1,16) c
T2	3,63 ( $\pm$ 0,78)	8,82 ( $\pm$ 1,09)	5,19 ( $\pm$ 0,47) b
T3	3,78 ( $\pm$ 0,61)	9,14 ( $\pm$ 2,08)	5,36 ( $\pm$ 1,56) b
T4	3,96 ( $\pm$ 0,79)	10,91 ( $\pm$ 0,66)	6,95 ( $\pm$ 0,79) a
T5	3,51 ( $\pm$ 0,68)	10,36 ( $\pm$ 0,67)	6,86 ( $\pm$ 0,65) a
T6	3,26 ( $\pm$ 0,44)	9,46 ( $\pm$ 1,85)	6,20 ( $\pm$ 2,01) a
Teste F (valor-p)	0,6795	0,0050	0,0051
Valor F	0,63	4,61	4,93
CV (%)	18,04	15,76	22,76

Em que: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância; T1 - solo puro; T2 - 75% solo + 25% composto; T3 - 50% solo + 50% composto; T4 - 25% solo + 75% composto; T5 - 50% solo + 50% composto + 100g NPK; T6 - 50% solo + 50% composto + 50g NPK;  $\Delta$ : diferença entre situação Final e Inicial das plantas; CV: coeficiente de variação.

O tratamento que apresentou o maior crescimento em altura foi o T4 (25% solo + 75% composto), tendo melhor desempenho até mesmo dos tratamentos que incluíam adubação

química (T5 e T6). O tratamento T6 (50% solo + 50% composto + 50g NPK) gerou resultados estatisticamente iguais aos dos tratamentos T2 (75% solo + 25% composto) e T3 (50% solo + 50% composto). O tratamento T5 (50% solo + 50% composto + 100g NPK) se mostrou o segundo melhor tratamento para o crescimento em altura das mudas de pata-de-vaca, diferenciando estatisticamente dos demais e ficando atrás apenas de T4. Esses resultados indicam que a maior quantidade de composto de lodo de esgoto na composição do substrato resultou nos melhores resultados de crescimento inicial para a pata-de-vaca.

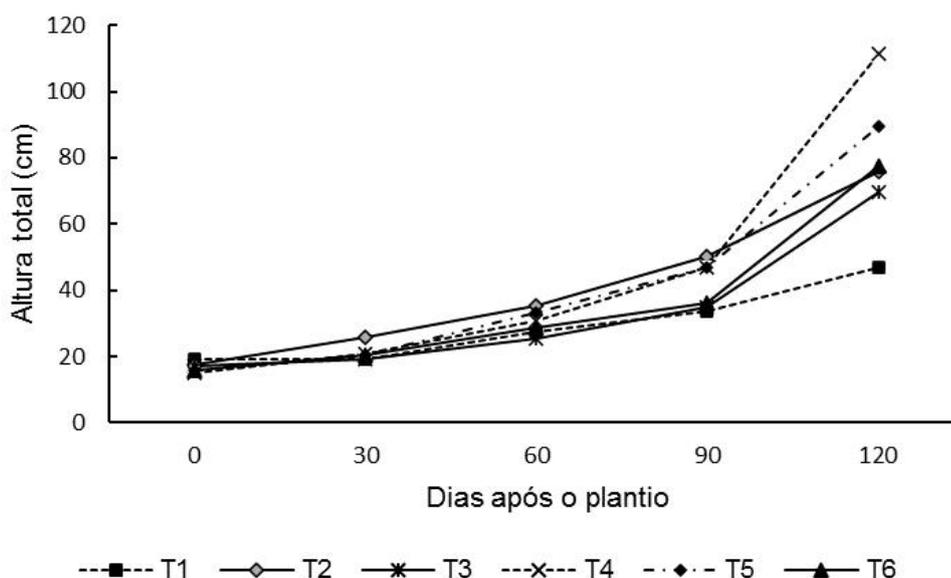
Os maiores incrementos em diâmetro do coleto (DC) nas mudas de pata-de-vaca foram observadas nos tratamentos com maiores quantidades de lodo de esgoto compostado, incluindo os tratamentos com adição de NPK. Os melhores tratamentos foram T4, T5 e T6, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A produção de mudas de pata-de-vaca apenas com uso de solo como substrato (T1) se mostrou a alternativa menos eficiente sob o ponto de vista de crescimento em altura e diâmetro de coleto.

Os resultados corroboram com o estudo de Fonseca (2015), que ao produzir mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth), com adição de diferentes proporções de lodo de esgoto na composição do substrato, observou que as mudas de pau-brasil e jacarandá-da-bahia apresentaram maiores crescimentos nos tratamentos com maiores quantidades de lodo de esgoto.

Seguindo a mesma linha, Cabreira *et al.* (2017), produzindo mudas de farinha seca (*Peltophorobium dubim* (Springer.) Taub.), dedaleiro (*Lafoensia pacari* A. St-Hil.) e paineira (*Ceiba speciosa* (A. St-Hill.)), também observaram que mudas produzidas com maiores proporções de substratos a base de lodo de esgoto apresentaram melhores resultados.

Segundo Fonseca (2015) e Cabreira *et al.* (2017) é indicada a adição de proporções entre 40 e 80% de lodo de esgoto para a composição do substrato na produção de mudas, enfatizando que proporções mais próximas a 80% apresentaram benefícios maiores no crescimento das espécies utilizadas, resultado semelhante ao observado no presente estudo.

As Figuras 1 e 2 evidenciaram o crescimento das mudas de pata-de-vaca em altura total e diâmetro do coleto ao longo do tempo de avaliação, para os diferentes tratamentos testados. Todas as mudas iniciaram o experimento com dimensões (altura e diâmetro) muito próximas, deixando evidente a homogeneidade na seleção das mudas para o replantio.

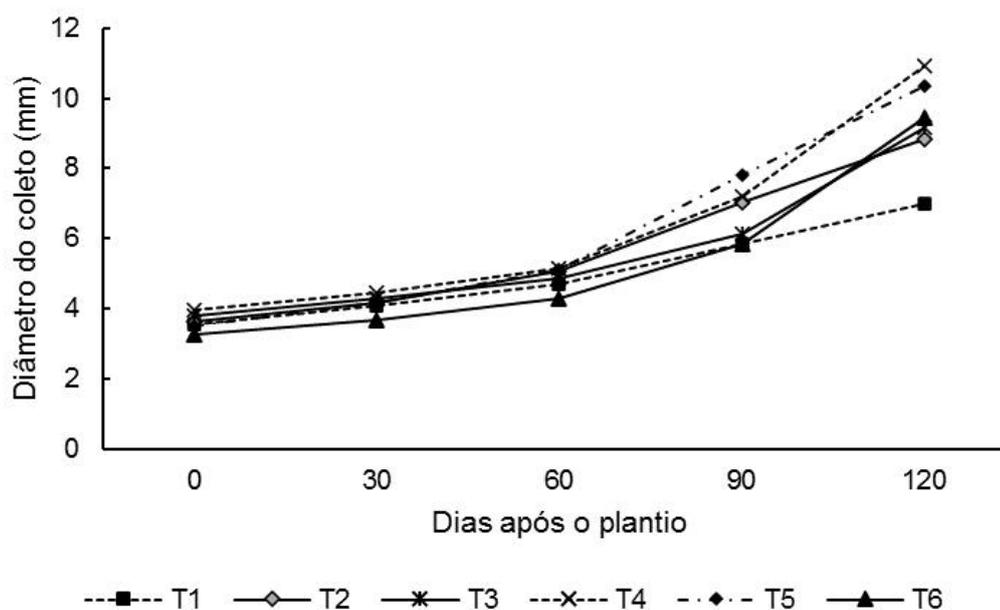


**Figura 1.** Crescimento médio em altura das mudas de pata-de-vaca, até 120 dias de idade, cultivadas em solo com diferentes proporções de lodo de esgoto compostado, sendo T1 - solo puro; T2 - 75% solo + 25% composto; T3 - 50% solo + 50% composto; T4 - 25% solo + 75% composto; T5 - 50% solo + 50% composto + 100g NPK; T6 - 50% solo + 50% composto + 50g NPK.

Até os primeiros 60 dias de teste, o padrão de crescimento é semelhante, formando dois grupos principais aos 90 dias, em que se destacam T2, T4 e T5. Aos 120 dias após o replantio, observou-se crescimento superior no tratamento T4, quando comparados aos demais tratamentos. As mudas apresentaram crescimento contínuo em função do tempo de plantio, em todos os tratamentos, seguindo o padrão característico de uma espécie vegetal. Evidente também é o comportamento do T1, seguindo sempre como o tratamento inferior a todos os demais.

Em estudos realizados com lodo de esgoto como substrato alternativo na produção de mudas foram obtidos resultados satisfatórios, o que demonstra viabilidade econômica e ambiental em sua utilização (ABREU *et al.*, 2019; CABREIRA *et al.*, 2017; FONSECA, 2015; TRIGUEIRO; GUERRINI, 2014). Abreu *et al.* (2017), em estudo produzindo mudas de aroeira-pimenteira (*Shinus terebinthifolius* Raddi.) e ipê-roxo (*Handroanthus heptephyllus* (Vell.) Mattos) em diferentes tratamentos com substrato comercial e lodo de esgoto, observaram que as mudas que continham lodo de esgoto na composição do substrato apresentaram qualidade superior às mudas que foram plantadas apenas em substrato comercial.

O diâmetro de coleto é analisado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, além de ser parâmetro para a definição de doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas (GOMES, 2013). Mudanças com baixo diâmetro de coleto apresentam dificuldades de se manterem eretas após o plantio (DANIEL *et al.*, 1997). Na Figura 2 é apresentado o crescimento médio do diâmetro do coleto das mudas de pata-de-vaca.



**Figura 2.** Crescimento médio em diâmetro do coleto das mudas de pata-de-vaca, até 120 dias de idade, cultivadas em solo com diferentes proporções de lodo de esgoto compostado, sendo T1 - solo puro; T2 - 75% solo + 25% composto; T3 - 50% solo + 50% composto; T4 - 25% solo + 75% composto; T5 - 50% solo + 50% composto + 100g NPK; T6 - 50% solo + 50% composto + 50g NPK.

Em estudo realizado por Trigueiro e Guerrini (2014), na produção de mudas de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolia* Raddi) com a combinação de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada, foi observado que a proporção de lodo de esgoto deve situar-se entre 40 e 60%, onde proporções fora desse intervalo, tanto abaixo quanto acima, não demonstraram resultados satisfatórios.

Abreu *et al.* (2017) ainda destacam que a adição de lodo de esgoto como substrato na produção de mudas, além de diminuir o custo de produção, traz um potencial aumento de qualidade, crescimento e nutrição de mudas de espécies florestais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O composto a base de lodo de esgoto se mostrou eficiente para a produção de mudas de pata-de-vaca, podendo ser considerado um substrato alternativo às marcas comerciais. A maior dose de composto (75%) no substrato resultou no maior crescimento das mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link).

A adição de adubo mineral NPK (4-14-8) não proporcionou resultados superiores quando comparado a tratamentos que levaram apenas a adição de lodo de esgoto compostado, indicando que a adição desse adubo químico não trouxe melhores respostas para o crescimento das mudas de pata-de-vaca.

Independentemente da quantidade de composto de lodo de esgoto adicionado ao solo, esse proporcionará maior crescimento quando comparado apenas à utilização de solo, resultando em mudas de qualidade superior.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; SANTOS, G. R. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 591-599, maio./jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019108265>.
- ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, out./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509830300>.
- BEHLING, A.; PERRANO, E. R.; BAMBERG, R.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA, N. Y. Efeito da nutrição no crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. **Interciência**, Caracas, v. 38, n. 2, p. 139-144, fev. 2013.
- BETTIOL, Wagner; CAMARGO, Otávio Antonio. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Ed. Embrapa Meio Ambiente, 2006. ISBN 85-85771-37-2.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 388-393, abr. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p388-393>.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, 2017. 240p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 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, 2006, p. 141-146.
- CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; LOPES, N. F.; SANTOS, G. R. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 165-176, abr./jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i2.44291>.
- CARVALHO, C. S.; RIBEIRINHO, V. S.; ANDRADE, C. A. de; GRUTZMACHER, P.; PIRES, A. M. M. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 3, p. 413-419. 2015. DOI: [10.5039/agraria.v10i3a5174](https://doi.org/10.5039/agraria.v10i3a5174).

COOPER, Miguel; ZANON, André Ricardo; REIA, Marina Yasbek; MORATO, Ramon Weinz. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos e industriais**: teórico e prático. Piracicaba: Ed. USP/ESALQ, 2010. ISSN 14144530.

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2000.

FONSECA, Aline Cássia de. **Biossólido na composição de substratos para produção de mudas de espécies florestais vulneráveis a extinção**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.

GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 123-131, jan./mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100015>.

GOMES, Frederico Pimentel. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Editora FEALQ, 2009. ISBN 978-85-7133-055-9.

HECK, K.; MARCO, É. G.; HAHN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPILIKI, F. R.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 54-59, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100008>.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. 2018. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Francisco\\_Beltrao.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Francisco_Beltrao.htm). Acesso em: 31 jul. 2019.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de espécies arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992. v. 1.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; SOUSA, J. F. Características químicas de lodos de esgotos produzidos no Brasil. **Revista AIDIS**, v. 4, n. 2, p. 35-47, dez. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2011.4.2.28658>.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 971-979, set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979>.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRELAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Brazilian Soil Classification System**. 5ª ed. Brasília: Embrapa: Embrapa Soils (CNPS), 2018.

SBCS-NEP. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2017.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [on-line], v. 32, n. 3, p. 874-883, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000084>.

SILVA, M. L. de S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 527-535. abr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400011>.

SILVA, V. L.; OLIVEIRA, A. C.; FARIAS, G. A.; SILVA, W. V.; SILVA, L. Doses de NPK em tomateiro Marmande e seu desempenho a campo no cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n. 1, p. 54-59, jan./mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2090>.

SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, D. G.; CARVALHO, C. M. W.; ERTHAL, R. M.; RODRIGUES, M. C. C.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, abr./jun., p. 728-739. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827297>.

SIQUEIRA, D. P.; CARVALHO, G. C. M. W.; BARROSO, D. G.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafloensia glyptocarpa*. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 277-284, abr./jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v48i2.55795>.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 657-665. jul./ago. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>.

WUANA, R. A.; OKIEIMEN, F. E. Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. **International Scholarly Research Network Ecology**, v. 2011, p. 1-20, 2011.