



Efeito do lodo de esgoto na produção e nutrição de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan)¹

Rafael Pires dos Santos²; Alice Lemos Costa³; Lana Dorneles Pedroso⁴; Amanda Oliveira Travessas⁵; Silvane Vestena⁶

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes substratos, contendo lodo de esgoto, no teor de macro e micronutrientes em tecidos vegetais (raiz e parte aérea) de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. Os tratamentos foram: T1 (50% substrato comercial Plantmax® + 50% cama de equino (composto orgânico), T2 (20% lodo de esgoto + 80% composto orgânico), T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico) e T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico). Decorridos 180 dias após a semeadura foram mensuradas as características biométricas de altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea e radicular, e o índice de qualidade de Dickson. Também foram determinados os teores de macro e micronutrientes no sistema radicular e na parte aérea das mudas cultivadas. Observou-se que a ordem crescente do teor total dos macronutrientes avaliados no sistema radicular foi de N > K > Mg > Ca > P > S e na parte aérea Ca > N > K > P > Mg > S; para os micronutrientes, o teor no sistema radicular e na parte aérea foi de Fe > Zn > Mn > B > Cu. O uso do lodo de esgoto como substrato proporcionou mudas de melhor qualidade nutricional, com melhor crescimento e aumento de biomassa aérea e radicular.

Palavras - chave: Nutrientes; Biomassa; Crescimento

Effect of sewage sludge on the production and nutrition of red angico (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) seedlings

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of different substrates, containing sewage sludge, on macro and micronutrients content in plant tissues (root and shoot) of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings. The treatments were: T1 (50% commercial substrate Plantmax® + 50% equine bed (organic compost), T2 (20% sewage sludge + 80% organic compost), T3 (40% sewage sludge + 60% organic compost) and T4 (60% sewage sludge + 40% organic compost). From 180 days since sowing the biometric characteristics were measured: shoot height, shoot diameter, shoot dry weight and root density, also the Dickson's quality index. It was determined the contents of macro and micronutrients in the root system and in the aerial part of the cultivated seedlings. It was observed that the increasing order of the total content of the macronutrients evaluated in the root system was N > K > Mg > Ca > P > S and in the aerial part Ca > N > K > P > Mg > S; for the micronutrients, the content in both the root and shoot systems was Fe > Zn > Mn > B > Cu. The use of sewage sludge as substrate provided better nutritional quality seedlings with better growth and increase of aerial and root biomass.

Keywords: Nutrients; Biomass; Growth

¹ Recebido em 18.02.2019 e aceito para publicação como **artigo científico** em 26.06.2019.

² Graduando. Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pampa (Unipampa) - Campus São Gabriel, RS, Brasil. E-mail: <rp1994@hotmail.com>

³ Graduanda. Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, Universidade Federal do Pampa (Unipampa) - Campus São Gabriel, RS, Brasil. E-mail: <alicelemoscosta14@hotmail.com>

⁴ Graduanda. Curso de Ciências Biológicas Bacharelado, Universidade Federal do Pampa (Unipampa) - Campus São Gabriel, RS, Brasil. E-mail: <lane.lima2012@gmail.com>

⁵ Graduanda. Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, Universidade Federal do Pampa (Unipampa) - Campus São Gabriel, RS, Brasil. E-mail: <amandatravessas@yahoo.com.br>

⁶ Bióloga. Dra. Professora da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) - Campus São Gabriel, RS, Brasil. E-mail: <silvanevestena@unipampa.edu.br>

Introdução

Lodos de esgoto são resíduos semi-sólidos, predominantemente orgânicos, com teores variáveis de componentes inorgânicos, provenientes do tratamento de águas residuárias e esgotos domiciliares ou industriais (SIMONETE et al., 2003). O uso agrícola desses resíduos tem sido recomendado por proporcionar benefícios agrônômicos, como elevação do potencial Hidrogeniônico (pH) do solo (SILVA et al., 2007), redução da acidez potencial e aumento da disponibilidade de macronutrientes (BERTON et al., 1997; SIMONETE et al., 2003). Frequentemente, seu descarte é realizado por meio de combustão ou deposição em aterros sanitários, cuja prática pode causar impactos ambientais, não sendo eficiente para minimizar os processos de degradação ou poluição ambiental. Uma alternativa para a destinação final deste resíduo consiste na produção florestal, onde ocorre a reintrodução no ciclo dos nutrientes, conferindo a esse resíduo um destino mais correto (SANTOS et al., 2013).

Como fonte alternativa para a adubação orgânica, o biossólido vem se revelando como um importante insumo de interesse na recuperação de solos degradados, bem como na fertilização das culturas, de preferência àquelas que não são de consumo diretamente humano (VAZ e GONÇALVES, 2002). Por não ser uma atividade que envolve produtos alimentares e pelo fato de poder ser instalado em áreas distantes de núcleos urbanos, com acesso restrito às pessoas e animais, o reflorestamento tem grande vantagem em relação às culturas comerciais no tocante ao uso de biossólido. Em particular, os povoamentos florestais são áreas adequadas, não apenas para a produção de madeira visando atender a enorme demanda da sociedade, mas também para a fixação de CO₂ e ciclagem dos resíduos orgânicos, provenientes dos centros urbanos (POGGIANI e BENEDETTI, 1999).

Segundo Simonete et al. (2003), a aceitação da utilização de biossólido em plantações florestais aumentou nos últimos anos, devido

aos resultados de pesquisa que viabilizaram o desenvolvimento de uma forte base teórica e prática para sistemas de aplicação ambientalmente aceitáveis, bem como às várias publicações que permitiram a organização do planejamento e do esquema da aplicação. Adicionalmente, é relatado em várias pesquisas que a produção de uma gama de espécies florestais nativas ou exóticas é realizada com substrato de origem orgânica como casca de arroz carbonizada, casca de pinus, esterco bovino, lodo de esgoto, dentre outros. Portanto, a utilização de resíduos orgânicos urbanos na composição de substratos é uma alternativa que pode ser viável na produção de mudas, como é o caso do esgoto urbano, cujo material é composto basicamente de matéria orgânica (SANTOS et al., 2013).

Entre as espécies nativas com potencial uso em reflorestamentos, encontra-se o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) representante da família botânica Fabaceae. A espécie apresenta ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada em vários estados brasileiros (do Tocantins até o Rio Grande do Sul). É recomendada para arborização urbana, reflorestamentos mistos e recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente, por apresentar características como facilidade na regeneração natural e caráter agressivo (LORENZI, 2002). A espécie tem importância no curtimento do couro, pela considerável quantidade de taninos condensados na casca e, em virtude da presença desses metabólitos secundários, a espécie apresenta propriedades antissépticas, que vêm sendo testadas contra organismos xilófagos (PAES et al., 2013). Ainda, a espécie é utilizada na produção de madeira, especialmente pelo emprego na construção rural, civil e na produção de lenha e carvão (DIAS et al., 2015).

Mudas de qualidade são fundamentais para a implantação de plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas ou recomposição de florestas, para tanto, é necessário o aperfeiçoamento das técnicas de produção das mesmas. Produzir mudas resistentes, mais capacitadas para sobreviver às



adversidades, é uma das possíveis opções para minimizar as perdas pós-plantio, o que está diretamente relacionada ao substrato em que as mesmas são produzidas (SANTOS et al., 2013; TRAZZI et al., 2014). Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial do lodo de esgoto como substrato na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* e determinar o teor de nutrientes nas raízes e parte aérea das mudas.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Universidade Federal do Pampa – Campus São Gabriel (30°20'11" S e 54°19'11" W, 114 m de altitude), município de São Gabriel, Rio Grande do Sul; conduzido em casa de vegetação, coberta com polietileno de baixa densidade (PeBD) de 100 µm, sombrite de 50%.

Os frutos de *Parapiptadenia rigida* foram coletados em dezembro de 2017 no município de São Gabriel, RS. Posteriormente, as sementes foram beneficiadas por meio da separação entre sementes viáveis e deterioradas ou danificadas (FAUSTINO et al., 2005; FREITAS et al., 2005).

O lodo de esgoto utilizado foi obtido da Estação de Tratamento de Esgoto São Gabriel Saneamento, São Gabriel, RS, sendo que o mesmo foi previamente higienizado pelo processo de solarização, durante 40 dias. Este processo resulta na produção de biossólidos de melhor perfil sanitário, com a finalidade de promover uma prévia desinfecção e desinfestação de patógenos e, menores restrições para o uso agrícola (FAUSTINO et al., 2005; CALDEIRA et al., 2014).

Os tratamentos foram compostos por: T1 (50% substrato comercial Plantmax® + 50% cama de equino (composto orgânico)); T2 (20% lodo de esgoto + 80% composto orgânico); T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico) e T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico). Antes do plantio das sementes, em cada tratamento foram avaliados os seguintes parâmetros do substrato: pH, H + Al, teor de alumínio (Al), capacidade de troca catiônica (CTC), teor de argila, matéria

orgânica (M.O.), textura, nitrogênio (N) e carbono total (C) e teores dos nutrientes Ca, Mg, P, K, Zn, Cu, S, B, Fe, Mn, Na e N. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS.

A semeadura foi realizada em tubetes de polietileno de 200 cm³ cada, contendo uma semente por tubete, dispostas em bancadas metálicas a 100 cm de altura do solo. A irrigação foi realizada diariamente por sistema automático de irrigação por microaspersão, visando manter a umidade dos substratos, contribuindo à germinação e, posteriormente emergência das plântulas.

O experimento foi arranjado no delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos (T1, T2, T3 e T4) com quatro repetições para cada tratamento e 50 réplicas cada. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade, utilizando o software estatístico ESTAT versão 2 (ESTAT, 1994).

Decorridos 180 dias após a semeadura foram mensuradas as seguintes características biométricas das mudas: altura da parte aérea (H – em cm plântula⁻¹) com auxílio de uma régua graduada e diâmetro do colo (DC): com paquímetro digital. Após as mensurações as mudas foram coletadas e submetidas à secagem em estufa, com circulação de ar a 60°C, até atingir a massa seca constante, o que foi verificado após 72 horas aproximadamente, sendo após triturados em moinho tipo Willey com malha das peneiras de 1,70 mm.

Além das características supracitadas, também foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a proposta de Dickson et al. (1960).

$$IQD = \frac{[MST/H]}{[DC+MSPA/MSR]}$$

Em que:

ÍQD = índice de qualidade de Dickson; MST = massa seca total (g); H = altura (cm); DC =

diâmetro do coleto (mm); MSPA = massa seca da parte aérea (g); MSR = massa seca da raiz (g).

Com o material vegetal seco em estufa e triturado foram determinados os teores de macro e micronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn e B, além de carbono orgânico no sistema radicular e na parte aérea (folhas e caule) das amostras cultivadas nos quatro tratamentos (TEDESCO et al., 1995; MIYAZAWA et al., 1999). As análises foram realizadas no Laboratório de Solos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

Resultados e Discussão

A adição de lodo de esgoto promoveu alterações na composição química do substrato dos tratamentos em diferentes magnitudes (Tabelas 1 e 2).

De modo geral, a adição de lodo de esgoto influenciou positivamente nos atributos de fertilidade do substrato, especialmente nos teores de micronutrientes. Para os

macronutrientes houve influência apenas nos teores de nitrogênio, sendo que para os demais macronutrientes (cálcio, magnésio, sódio e potássio) houve redução nos teores à medida que aumentam as proporções de lodo de esgoto. As alterações nos teores de fósforo não foram significativas, tendo-se mantido praticamente inalteradas, em função das doses de lodo de esgoto (Tabela 2).

A aplicação do lodo de esgoto proporcionou redução no valor de pH, Al^{3+} e acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), culminando assim em maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Cabe ressaltar que outra variável relacionada à fertilidade do solo foi a capacidade de troca catiônica (CTC), que aumentou gradativamente com o aumento da adição de lodo de esgoto aos tratamentos, refletindo, conseqüentemente, no aumento gradativo de alguns cátions nos tratamentos com adição de lodo de esgoto, especialmente para os micronutrientes (Tabelas 1 e 2). Isso ocorre em função da reconhecida afinidade desses metais pelos sítios de troca das superfícies coloidais (KERBAUY, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Tabela 1. Características físico-químicas dos substratos utilizados para semeadura de *Parapiptadenia rigida*.
Table 1. Physical-chemicals characteristics of the substrates used in *Parapiptadenia rigida* seeding.

Tratamento	pH	Argila	Textura	Carbono	Matéria Orgânica	H+Al	Al^{3+}	CTC
	H ₂ O				%			
T1	5,8	8	4	26,324	18,3	4,4	0,0	24,1
T2	5,3	6	4	22,075	16,6	6,9	0,1	28,8
T3	4,4	8	4	19,914	14,2	17,3	0,3	31,3
T4	4,2	7	4	17,765	12,6	21,8	0,6	34,2

Onde = T1 (50% substrato comercial Plantmax® + 50% cama de equino (composto orgânico)); T2 (20% lodo de esgoto + 80% composto orgânico); T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico); T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico). pH: potencial Hidrogeniônico; H+Al: hidrogênio + alumínio; Al^{3+} : alumínio; CTC: capacidade de troca catiônica.

Tabela 2. Teores de nutrientes nos substratos utilizados para semeadura de *Parapiptadenia rigida*.**Table 2.** Nutrients contents on the substrates used in *Parapiptadenia rigida* seeding.

Trat.	N	Ca	Mg	K	P	Zn	Cu	S	B	Fe	Mn	Na
	%	cmol _c L ⁻¹				mg L ⁻¹						
T1	1,003	10,649	7,482	628	383,5	24,49	0,34	79,0	0,1	2907,5	10,87	88
T2	1,195	12,617	7,810	564	309,0	43,72	3,61	82,2	0,1	6343,7	19,05	72
T3	1,371	8,406	4,678	360	309,0	61,11	17,48	94,9	0,2	8697,5	18,91	44
T4	1,463	7,712	3,867	312	309,0	61,30	22,13	87,3	0,1	10792,4	22,18	36

Onde = T1 (50% substrato comercial Plantmax® + 50% cama de equino (composto orgânico)); T2 (20% lodo de esgoto + 80% composto orgânico); T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico); T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico). N: nitrogênio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; K: potássio; P: fósforo; Zn: zinco; Cu: cobre; S: enxofre; B: boro; Fe: ferro; Mn: manganês; Na: sódio.

As diferentes proporções de lodo de esgoto influenciaram, significativamente, na redução do pH do substrato, proporcionalmente ao aumento da dose aplicada (Tabela 1). Essa redução gradativa do pH nos tratamentos, que continham diferentes doses de lodo de esgoto, responde significativamente com o teor de alguns micronutrientes analisados nos tecidos vegetais, especialmente na raiz. Este comportamento, segundo Brofas et al. (2000), pode ser atribuído, principalmente, à presença de ácidos orgânicos produzidos durante a decomposição microbiológica da matéria orgânica e às características químicas do próprio lodo de esgoto. Bezerra et al. (2006) trabalhando com diferentes proporções de lodo de esgoto na produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) e maricá (*M. bimucronata* DC. Kuntze), encontraram aumento dos valores de pH com gradativas adições crescentes de lodo de esgoto ao substrato. A adição de lodo de esgoto não elevou os teores de carbono e matéria orgânica no substrato quando comparado ao tratamento T1 (composto orgânico), fato que pode ser explicado por este composto orgânico ser constituído de cama de equino (Tabela 1).

No que se refere aos micronutrientes analisados nos quatro tratamentos, verificam-se

os maiores teores nos tratamentos que continham lodo de esgoto (Tabela 2). Os resultados permitem inferir que a presença do lodo de esgoto promoveu maior disponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês na solução do solo, o que certamente contribuiu para maiores teores destes nas mudas (Tabela 4). Segundo Bezerra et al. (2006) e Taiz e Zeiger (2017), este resultado pode estar relacionado aos compostos quelados (substâncias orgânicas que envolvem os nutrientes impedindo que sejam ligados a outro elemento, o que poderia causar a sua imobilização), fazendo com que cheguem até a rizosfera para serem absorvidos pelas raízes das plantas.

Bezerra et al. (2006) em estudo com lodo de esgoto observaram que, exceto para o manganês, os teores de ferro, cobre e zinco dependem das doses de lodo de esgoto e não da quantidade de matéria orgânica no substrato. Ainda, Silveira et al. (2003) enfatizam que a disponibilidade de micronutrientes no solo é afetada, entre outros motivos, pela interação de vários fatores como pH, matéria orgânica, textura, minerais de argila, umidade, potencial de oxi-redução, interação com outros nutrientes e temperatura. Em função da variação na quantidade de matéria orgânica adicionada ao substrato, pelo uso do lodo de esgoto e, das

condições de realização do experimento, é possível particularizar o efeito de alguns desses fatores sobre a disponibilidade dos micronutrientes.

O uso combinado de diferentes proporções de lodo de esgoto influenciou o crescimento de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Tabela 3). Os

tratamentos com lodo de esgoto foram significativamente superiores quando comparados ao tratamento T1. Provavelmente os parâmetros de altura, diâmetro do colo e biomassa das mudas nestes tratamentos estão relacionados à maior disponibilidade de nutrientes nesses substratos (Tabela 2).

Tabela 3. Médias (\pm desvios padrão) de altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), relação altura/diâmetro (H/DC), Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e massa seca da raiz e da parte aérea de mudas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em diferentes substratos.

Table 3. Mean (\pm standard deviations) for shoot height (H), stem diameter (DC), height/diameter ratio (H/DC), Dickson Quality Index (IQD) of the shoots of *Parapiptadenia rigida* seeding on different substrates.

Trat.	H (cm)	DC (mm)	H/DC	MSSR	MSPA	IQD
T1	6,30 \pm 0,47 c	1,32 \pm 0,16 c	4,77 \pm 0,20 b	1,59 \pm 0,37 c	2,24 \pm 0,23 c	0,22 \pm 0,05 a
T2	17,76 \pm 0,88 b	2,34 \pm 0,16 b	7,62 \pm 0,16 a	6,03 \pm 0,33 b	12,78 \pm 0,80 b	0,23 \pm 0,01 a
T3	24,42 \pm 1,96 a	2,93 \pm 0,14 a	8,36 \pm 0,51 a	7,58 \pm 0,30 a	22,02 \pm 1,25 a	0,20 \pm 0,02 a
T4	22,39 \pm 0,80 a	2,65 \pm 0,24 ab	8,45 \pm 0,52 a	7,28 \pm 0,42 a	19,46 \pm 0,78 a	0,22 \pm 0,02 a
<i>F</i>	189,8	57,60	60,17	234,5	415,0	0,4317
Valor de <i>p</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7341

Onde = T1 (50% substrato comercial Plantmax® + 50% cama de equino) (composto orgânico); T2 (20% lodo de esgoto + 80% composto orgânico); T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico); T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico). Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

A adição de lodo de esgoto em diferentes proporções ao composto orgânico influenciou a qualidade das mudas e biomassa, pois à medida que se aumentaram as proporções até 40% de lodo de esgoto houve um reflexo positivo na qualidade das mudas. Os tratamentos que resultaram em maior crescimento em altura, diâmetro do colo e biomassa das mudas de angico-vermelho foram aqueles com maior proporção de lodo de esgoto (40 e 60%, T3 e T4, respectivamente), não havendo diferença significativa entre os mesmos; seguido da proporção de 20% de lodo de esgoto (Tabela 3).

Em estudo realizado sobre os efeitos de lodo de esgoto, casca de arroz carbonizada e *in natura* para a produção de mudas de angico-vermelho, foi observado que com o aumento das proporções do lodo de esgoto até 80%, que é uma fonte rica de cálcio, houve incremento na

altura das plantas (CALDEIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2013).

Santos et al. (2013) avaliando o lodo de esgoto como substrato para as mudas de angico-vermelho verificaram que, esse tipo de substrato influenciou positivamente as características morfológicas das mudas, tais como altura, diâmetro do colo e massa seca da parte aérea e, a sua utilização para produção de mudas dessa espécie vegetal pode ser considerado satisfatória, quando utilizado na proporção de 40% da composição do substrato. Do mesmo modo, em outro experimento com angico-vermelho, Vaz e Gonçalves (2002) observaram significativas alterações na fertilidade do solo devido à aplicação do biossólido. Faria et al. (2013) constataram que, para a produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxb., recomenda-se o uso de 60% lodo de



esgoto com 40% composto orgânico ou 20% lodo de esgoto com 80% composto orgânico, pois obtiveram as melhores médias nas características morfológicas altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

Adicionalmente, vários trabalhos buscam avaliar a qualidade de mudas de espécies florestais, onde a utilização de lodo de esgoto, adicionado em diferentes proporções de substratos, resultou em mudas de melhor qualidade. A utilização do lodo de esgoto pode se tornar uma alternativa como componente de substrato na produção de mudas, reduzindo o uso de fertilizantes e proporcionando benefício

ambiental, devido ao reaproveitamento de tais resíduos (CALDEIRA et al., 2014; TRAZZI et al., 2014).

Cabe salientar que as mudas com rendimento em altura, diâmetro do colo e biomassa adequados foram cultivadas nos tratamentos com adição de lodo de esgoto. Isso pode ser explicado pelo fato dos tratamentos apresentarem maiores teores de nutrientes nesses tratamentos com lodo de esgoto (Tabela 2) e, conseqüentemente, as mudas responderam com considerável elevação de macro e micronutrientes acumulados tanto na raiz quanto na parte aérea (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de nutrientes no sistema radicular e parte aérea de mudas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas nos diferentes substratos.

Table 4. Nutrients contents in the root system and shoot of *Parapiptadenia rigida* seeding on different substrates.

Tratamento		N	P	K	Ca	Mg	S					
		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹			
Raiz	T1	9,4	4,4	16,0	4,1	2,6	2,0	3	225	276	133	15
	T2	11,0	3,2	8,2	4,1	4,3	3,2	10	770	875	216	15
	T3	11,0	3,2	5,4	3,7	4,7	3,6	11	999	1100	262	15
	T4	13,0	3,1	4,7	3,4	5,3	3,8	13	1492	1803	308	14
Parte aérea	T1	3,4	3,1	5,8	12,0	2,2	1,3	2	39	127	44	26
	T2	10,0	2,4	5,5	12,0	2,8	1,7	3	67	107	48	27
	T3	10,0	2,4	5,6	11,0	2,8	1,8	3	106	104	58	27
	T4	11,0	2,4	5,9	11,0	2,7	1,8	3	116	84	107	28

Onde = T1 (50% substrato comercial Plantmax® + 50% cama de equino) (composto orgânico); T2 (20% lodo de esgoto + 80% composto orgânico); T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico); T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico). N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; Cu: cobre; Zn: zinco; Fe: ferro; Mn: manganês; B: boro.

Os maiores teores de nitrogênio, magnésio e enxofre na parte aérea e raiz das plantas foram observados nos tratamentos com aplicação do lodo de esgoto e, para fósforo, potássio e cálcio, em ambos os órgãos vegetativos, ocorreu redução ou não houve alterações dos teores nos tratamentos com adição do lodo de esgoto, quando comparado ao tratamento T1, composto orgânico (Tabela 4). Araújo et al. (2009) avaliando o efeito de doses de lodo de esgoto na nutrição de *Brachiaria decumbens* Stapf, observaram que nos tratamentos com lodo de

esgoto os teores de fósforo aumentaram gradativamente mas, mesmo na maior dose de lodo, o teor foliar de fósforo não diferiu significativamente do controle.

Na raiz, os teores de magnésio e enxofre aumentaram significativamente com adição de lodo de esgoto ao composto orgânico, diferentemente da parte aérea, que também apresentou aumento nos teores destes nutrientes com adição de lodo de esgoto; entretanto, este aumento foi menos pronunciado quando comparado aos resultados observados na raiz

(Tabela 4).

Adicionalmente, a ordem crescente do teor dos macronutrientes avaliados no sistema radicular foi de $N > K > Mg > Ca > P > S$ e na parte aérea $Ca > N > K > P > Mg > S$, sendo que, tanto na raiz como na parte aérea, o enxofre foi encontrado em menor concentração. Camargo et al. (2013) analisaram o teor de macronutrientes em folhas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), cultivadas durante 60 dias, e verificaram que nitrogênio e enxofre foram detectados em maior e menor concentração, respectivamente, segundo a ordem $N > K > Mg > Ca > P > S$. Já Laviola e Dias (2008) também em estudos com pinhão-manso, encontraram nas folhas a concentração de macronutrientes semelhante ao presente estudo, sendo a ordem $N > Ca > K > Mg > P > S$. No presente estudo, o nitrogênio esteve mais concentrado no sistema radicular, já na parte aérea foi o cálcio (Tabela 4).

Fernández et al. (1994) afirmam que um acréscimo no suprimento de nitrogênio no substrato estimula o crescimento, atrasa a senescência e altera a morfologia das plantas; além disto, o aumento nos níveis de adubação nitrogenada causa aumento significativo no teor de clorofila das folhas. Segundo Kerbauy (2008) a demanda de nitrogênio varia de acordo com a espécie e o teor contido na parte da planta analisada e, para um crescimento adequado, a concentração está na faixa de 20 a 50 g kg⁻¹ de matéria seca da planta.

Exceto para o boro, foi observado aumento nos teores de cobre, zinco, ferro, manganês e boro no sistema radicular com a adição do lodo de esgoto, não sendo observadas diferenças nos teores entre tratamentos; já na parte aérea este comportamento foi observado apenas para zinco e manganês; para cobre e boro não foram observadas alterações marcantes nos teores e, para o ferro houve redução na sua concentração com a adição do lodo de esgoto (Tabela 4). Toledo et al. (2013) avaliando a qualidade química de substratos obtidos a partir da combinação de lodo de esgoto ao substrato comercial, e os teores nutricionais das folhas do híbrido *Eucalyptus urograndis*, verificaram que

os teores de zinco, ferro, manganês e boro aumentaram com a adição de lodo de esgoto ao substrato e, como evidenciado no presente estudo, o cobre foi o único que não teve sua concentração alterada em função da adição de lodo de esgoto. Esse fato pode ser explicado pelo valor de pH do substrato (acidez), que diminuiu a disponibilidade desse nutriente para a planta (TOLEDO et al., 2013).

Adicionalmente, a ordem crescente do teor dos micronutrientes avaliados tanto no sistema radicular como na parte aérea foi de $Fe > Zn > Mn > B > Cu$ (Tabela 4). Nota-se que nas estruturas vegetativas analisadas, houve altos teores de ferro e zinco e baixos de cobre (Tabela 4).

No sistema radicular houve maiores teores de ferro, zinco e manganês (Tabela 4). Segundo Antunes et al. (2016), esta maior concentração de alguns micronutrientes nas partes vegetativas, quando há a adição de lodos biológicos, pode ser advinda de disponibilização destes nutrientes, pois estes tratamentos apresentam concentrações elevadas dos mesmos. No presente estudo, os tratamentos a base de lodo de esgoto também apresentaram altas concentrações de zinco, cobre, ferro e manganês (Tabela 2).

Podem ser encontrados resultados conflitantes com a literatura quanto à dinâmica de acumulação de nutrientes em tecidos de plantas, em função da aplicação de lodo de esgoto. Todavia, há de se considerar a possibilidade do efeito de muitos fatores como a composição química do lodo, o período entre a aplicação no solo e as coletas de tecidos para análises, as características da espécie vegetal estudada e as possíveis interações com outros fatores. Ainda, deve-se levar em consideração que o lodo de esgoto não é um produto com composição química e características padronizadas, podendo ter suas características influenciadas pelos detalhes do processo de compostagem e pelas características dos resíduos utilizados (CALDEIRA et al., 2014).

Devido aos efeitos benéficos da adição de resíduos orgânicos, tais como a melhoria da atividade biológica, condicionamento do solo,

estabilidade física, menor taxa de mineralização, dentre outros, vários estudos na área de produção de mudas afirmam que a adubação orgânica se mostra como uma adubação mais interessante ao solo e meio ambiente. A reutilização de resíduos tem um aspecto ambientalmente correto, pois se descartado inadequadamente constitui em um problema ambiental. Assim, só o fato da retirada de um resíduo poluente do ambiente e a transformação deste em insumo à produção de mudas de angico-vermelho já é um processo adequado.

Conclusão

A adição de lodo de esgoto ao substrato promoveu alterações químicas e físicas a ponto de causar impactos positivos nas mudas de *Parapiptadenia rigida*. Para a semeadura da espécie recomendam-se os tratamentos T3 (40% lodo de esgoto + 60% composto orgânico) e T4 (60% lodo de esgoto + 40% composto orgânico).

Referências

- ANTUNES, R. M. et al. Crescimento inicial de acácia-negra com vermicompostos de diferentes resíduos agroindustriais. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2016.
- ARAÚJO, F. F. et al. Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade da desidrogenase. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2009.
- BERTON, R. S. et al. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n. 4, p. 685-691, 1997.
- BEZERRA, F. B. et al. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 3, p. 469-476, 2006.
- BROFAS, G. et al. Sewage sludge as an amendment for calcareous bauxite mine spoils reclamation. *Journal of Environment Quality*, v. 29, n. 3, p. 811-816, 2000.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill). *Scientia Florestalis*, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. *Comunicata Scientiae*, v. 5, n. 1, p. 34-43, 2014.
- CAMARGO, R. de et al. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas com biossólido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 3, p. 283-290, 2013.
- DIAS, P. C. et al. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). *Ciência Florestal*, v. 25, n. 4, p. 909-919, 2015.
- DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- ESTAT - Sistema de Análise Estatística (ESTAT 2.0). Jaboticabal: Pólo Computacional do Departamento de Ciências Exatas da UNESP. 1994.
- FARIA, J. C. T. et al. Uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxb. *Ecologia e Nutrição Florestal*, v. 1, n. 3, p. 133-146, 2013.
- FAUSTINO, R. et al. Lodo de esgoto como

substrato na produção de *Senna siamea* Lam. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, (suplemento), p. 278-282, 2005.

FERNÁNDEZ, S. et al. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. *astral* under water and nitrogen stress. International Journal of Remote Sensing, v. 15, n. 9, p. 1867-884, 1994.

FREITAS, A. R. et al. Emergência e crescimento de mudas de maracujá doce em função de lodo de esgoto e luz. Comunicata Scientiae, v.4, n. 4, p. 342-351, 2005.

KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 472p.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1969-1975. 2008.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 1, 368p.

MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Org). Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. Cap. 4, pag. 171-224.

PAES, J. B. et al. Taninos condensados da casca de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) extraídos com soluções de hidróxido e sulfito de sódio. Revista Caatinga, v. 26, n. 3, p. 22-27, 2013.

POGGIANI, F.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade do biossólido urbano em plantações de eucaliptos. Silvicultura, v. 80, n. 1, p. 48-51, 1999.

SANTOS, F. E. V. et al. Qualidade de mudas

de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan produzidas em diferentes substratos com lodo de esgoto e casca de arroz. Ecologia e Nutrição Florestal, v. 1, n. 3, p. 55-62, 2013.

SILVA, W. G. da et al. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em latossolo amarelo. Acta Amazonica, v. 37, n. 3, p. 371-376, 2007.

SILVEIRA, M. L. A. et al. Biosolids and heavy metals in soils. Scientia Agrícola, v. 60, n. 4, p. 93-806, 2003.

SIMONETE, M. A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um argissolo e no crescimento e nutrição de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solos, plantas e outros materiais. Departamento de solos, UFRGS, Boletim Técnico, 1995. 118p.

TOLEDO, F. H. S. F. de et al. Influência da qualidade química do substrato no teor de nutrientes em folhas de mudas de eucalipto. Ecologia e Nutrição Florestal, v. 1, n. 2, p. 89-96, 2013.

TRAZZI, P. A. et al. Concentração e quantidade de nutrientes em mudas de teca produzidas em substratos orgânicos. Ecologia e Nutrição Florestal, v. 2, n. 1, p. 19-31, 2014.

VAZ, L. M.; GONCALVES, J. L. M. Crescimento inicial e fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. Sitientibus, v. 1, n. 26, p. 151-174, 2002.

