



Níveis e formas de aplicação de lodo de esgoto na nutrição e crescimento inicial da mamoneira

Lauter S. Souto¹, Luciana M. da Silva¹, Thomaz F. Lobo¹, Dirceu M. Fernandes² & Nilda B. de Lacerda³

¹Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, CEP: 18603-970, Botucatu, SP. E-mail: lauter@fca.unesp.br; Luciana@fca.unesp.br; thomazlobo@fca.unesp.br

²Dep. de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, CP 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP

³Bolsista DCR/CNPq, CCA/UFC, Fortaleza, CE

Protocolo 106

Resumo: Este trabalho engloba o propósito de se avaliar o efeito de formas de aplicação e níveis de lodo de esgoto na produção de fitomassa seca e acúmulo de macronutrientes em plantas de mamoneira. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5, com quatro repetições. Aplicou-se o lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos ETE-SABESP-Jundiá, São Paulo, na superfície, incorporado em 25, 50, 75 e 100% ao volume de solo, durante o período de 50 dias de desenvolvimento da cultura, nas quantidades correspondentes a 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹, base úmida. A unidade experimental foi constituída por vasos com 4dm³ de amostra de um Nitossolo Vermelho eutrófico. Para produção de fitomassa seca e acúmulo de N, K, Ca, Mg e S por planta de mamona não houve interação significativa de níveis de lodo de esgoto adicionados e formas de aplicação. As formas de aplicação aumentaram, de maneira significativa, o acúmulo de macronutrientes e produção de fitomassa seca nas plantas de mamona.

Palavras-chave: resíduos urbanos, nutrientes, *Ricinus communis*

Level and forms of application of sewage sludge in the nutrition and growth of castor bean

Abstract: This research had the purpose of evaluating the effect of forms of application and levels of sewage sludge in the production of dry matter and the macronutrient accumulation in castor bean plants. The experimental study was performed in a 5 x 5 factorial randomized block design, with four replications. The sewage sludge obtained from the Station of Treatment of Sewage ETE-SABESP- in Jundiá, São Paulo was applied on the surface, incorporated to 25, 50, 75 and 100% of the soil volume during a period of 50 days of crop development in amounts corresponding to 5, 10, 20, 40 and 80 Mg ha⁻¹, (wet-basis. The experimental unit was made up of pots with 4dm³ of sample of a Nitossol Red eutrophic. For the production of dry matter and the accumulation of N, K, Ca, Mg and S in castor bean plant, there was no significant interaction between added levels of sewage sludge and application forms. The application forms significantly increased the macronutrients accumulation and the production of dry matter in castor bean plants.

Key words: urban residue, nutrient, *Ricinus communis*

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é resultado do resíduo gerado no tratamento de águas residuárias de origem urbana e industrial, o qual tem sido destinado a diversos fins, dentre os quais pode-se citar sua utilização racional em áreas agrícolas, por atender a necessidade de reciclagem e o problema de descarte dos resíduos industriais e, ao mesmo tempo ser utilizado para

a produção de fertilizante orgânico e como condicionador de solos. Portanto, o descarte de esgotos em rios e em mananciais de água é um dos principais problemas ambientais enfrentados pelas cidades brasileiras e causador de degradação acelerada das reservas de água. Para se ter uma idéia do problema, a região metropolitana da cidade de São Paulo, com uma população de 17 milhões de habitantes, estará produzindo cerca de 785t de lodo de esgoto (base seca) por dia, no ano 2015 (Tsutya, 2000).

Com o aumento da população e a ampliação de parques industriais, a aplicação do lodo de esgoto ao solo parece ser a melhor alternativa sob o aspecto econômico e ambiental, por apresentar menor custo de disposição e promover a reciclagem da matéria orgânica e nutrientes, principalmente de N e P. Trabalhos com aplicação de lodo de esgoto na cultura do sorgo revelaram haver menor fornecimento de fósforo e deficiência do nutriente potássio, quando se utilizou o resíduo na adubação da cultura; entretanto, observaram que a aplicação deste ao solo promove aumentos significativos na capacidade de troca de cátions, soma de bases, pH e teores de cálcio, cobre, enxofre e zinco e matéria orgânica (Cripps & Matocha, 1991).

Segundo Silva et al. (2002), o lodo de esgoto, por ser, geralmente, rico em matéria orgânica e nutrientes, pode ser utilizado para substituir, parcial ou totalmente, os fertilizantes minerais, desde que o resíduo atenda aos requisitos necessários quanto à concentração de metais pesados e patógenos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do lodo de esgoto em diferentes níveis e formas de aplicação na nutrição e crescimento inicial da mamoneira, em um Nitossolo Vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em condições de túnel plástico, no Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP. Utilizaram-se amostras de um Nitossolo Vermelho eutrófico (camada de 0-20 cm), cujas características químicas determinadas conforme Van Raij & Quaggio (1983) foram: pH em CaCl₂ = 5,0; 32 g kg⁻¹ de MO; 35 mg dm⁻³ de Presina; 4,0 mmolc dm⁻³ de K; 44 mmolc dm⁻³ de Ca; 19 mmolc dm⁻³ Mg; 42 mmolc dm⁻³ de H+Al e 61% de V.

O lodo de esgoto utilizado no experimento originou-se da Estação de Tratamento de Esgotos da SABESP, localizada em Jundiá, SP. As principais características químicas determinadas no lodo de esgoto e a condutividade elétrica após aplicação dos tratamentos, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento

N	P	K	MO	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
18,5	15,1	1,6	360	11	1,8	14,4
pH	Na	Cu	Fe	Mn		
mg kg ⁻¹						
4,10	1120	978	23100	646		

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com unidades experimentais compostas de vasos com capacidade de 5 dm³. O arranjo dos tratamentos constituiu um fatorial 5 x 5 (cinco formas de aplicação e cinco níveis de lodo de esgoto), com 25 tratamentos e quatro repetições, totalizando as 100 unidades experimentais.

Cada vaso recebeu 4 litros de solo secado ao ar, peneirado

Tabela 2. Condutividade elétrica dos tratamentos por ocasião da semeadura

Forma de Aplicação	Lodo de Esgoto (Mg ha ⁻¹)				
	5	10	20	40	80
μS cm ⁻¹					
0	3,08	281,0	157,1	248,0	165,3
25	2,21	528,0	303,0	276,0	217,0
50	2,96	1277,0	514,0	323,0	373,0
75	3,72	1540,0	615,0	579,0	517,0
100	3,85	1546,0	1208,0	1139,0	451,0
CE do Lodo de Esgoto	3,51	-	-	-	-

⁽¹⁾ Nível total de 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹; 0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25, 50, 75 e 100% do volume de solo, respectivamente.

(malha de 10 mm), no qual os níveis de lodo de esgoto, equivalentes a 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹, correspondentes a 7,7; 15,4; 30,8; 61,6 e 123,2 g vaso⁻¹ (base úmida), respectivamente, foram adicionadas de acordo com as formas de aplicação (aplicação superficial, 25, 50, 75 e 100% da dose incorporada ao volume total de solo).

Os tratamentos não receberam adubação nem calagem, visto que os teores de nutrientes no solo estavam dentro do recomendado para a cultura da mamona (Van Raij et al., 1996). A seguir, o solo foi mantido com capacidade máxima de retenção de umidade em torno de 50%, sendo o volume de água necessário determinado por pesagem das unidades experimentais; logo após, retiraram-se amostras de solo de cada tratamento para determinação da condutividade elétrica em extrato de saturação solo: água de 1:5 (Tabela 2); após a retirada das amostras procedeu-se à semeadura da mamona, com 10 sementes por vaso e se realizou o desbaste cinco dias após a germinação, deixando-se duas plantas por unidade experimental. Quando as plantas atingiram 50 dias, foram coletadas rente ao solo, secadas a 65°C até massa constante da fitomassa seca da parte aérea e encaminhadas para análise dos teores de macronutrientes (Malavolta et al., 1997). Utilizou-se, como planta teste, o Cultivar de mamona Al Guarany 2002, de ciclo médio de 180 dias.

Os dados obtidos de produção de fitomassa seca e macronutrientes acumulados nas plantas, foram submetidos a análise de variância pelo teste F. Quando atingida significância estatística, de acordo com o teste F, efetuou-se análise de regressão e se adotou, para expressar o comportamento da variável, o modelo que apresentou significância a 5% de probabilidade e o maior coeficiente de correlação para os dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito das formas de aplicação do lodo de esgoto na produção de fitomassa seca da parte aérea e acúmulo de macronutrientes pelas plantas de mamona, foi significativo, não o sendo, porém, para o efeito da interação entre formas de aplicação e níveis de lodo adicionados (Tabela 3 e Figura 1). As formas de aplicação proporcionaram incremento na produção de fitomassa seca a medida em que se incorporou o resíduo a um volume maior de solo, o mesmo sendo

Tabela 3. Valores médios de fitomassa seca (parte aérea) da mamoneira, 50 dias após aplicação das doses de lodo de esgoto e formas de aplicação ao solo. Média de quatro repetições

Tratamentos	Fitomassa seca (g planta ⁻¹)	Regressão ⁽³⁾	
		Modelo	R ²
Forma de aplicação			
0	0,9140 c	L	0,9833*
25	1,0440 bc		
50	1,0895 abc		
75	1,1805 ab		
100	1,2795 a		
Lodo (Mg ha ⁻¹)			
5	1,0205 a	-	n.s.
10	1,0520 a		
20	1,1235 a		
40	1,1445 a		
80	1,1670 a		

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25%, 50%, 75% e 100% do volume de solo; respectivamente.

⁽²⁾Dose total de 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹ de lodo.

⁽³⁾ Regressões: L: linear; Q: quadrática.

^(*)Não-significativo.

^(*)Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

observado para os níveis do resíduo, apesar de ter proporcionado pequeno incremento na produção de fitomassa seca. Araújo et al. (2005) notaram decréscimos significativos na produção de fitomassa seca de plântulas de soja e trigo em

solos tratados com doses de lodo de esgoto. Resposta quadrática observada na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na cultura do maracujazeiro, com aplicação de lodo de esgoto, foi observada por Prado & Natale (2005), em casa de vegetação, com doses de até 30 Mg ha⁻¹ (base seca).

De modo geral, a produção de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes pela mamoneira, aumentou linearmente ($p < 0,05$), com tendência crescente, com as formas de aplicação em função da adição de lodo de esgoto (Tabela 3 e Figura 1), confirmando os resultados obtidos para matéria seca (Berton et al., 1989; Berton et al., 1997) e acúmulo de nutrientes (Martins et al., 2003). Os aumentos observados na produção de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes para todos os tratamentos em relação ao tratamento com aplicação do lodo em superfície e para o menor nível adicionado, devem estar relacionados principalmente com o maior fornecimento de nutrientes às plantas, como o N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn, todos presentes em teores elevados no lodo de esgoto, conforme já apresentado na Tabela 1. Pal & Bhattacharyya (2003), ao compararem o efeito da adição de lodo de esgoto sob as culturas do trigo, arroz e abobrinha, observaram que o trigo foi o mais sensível, seguido do arroz e, logo após, da abobrinha, em termos de crescimento radicular e aéreo.

O acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S atingiram valores máximos quando o lodo de esgoto foi aplicado e incorporado ao volume

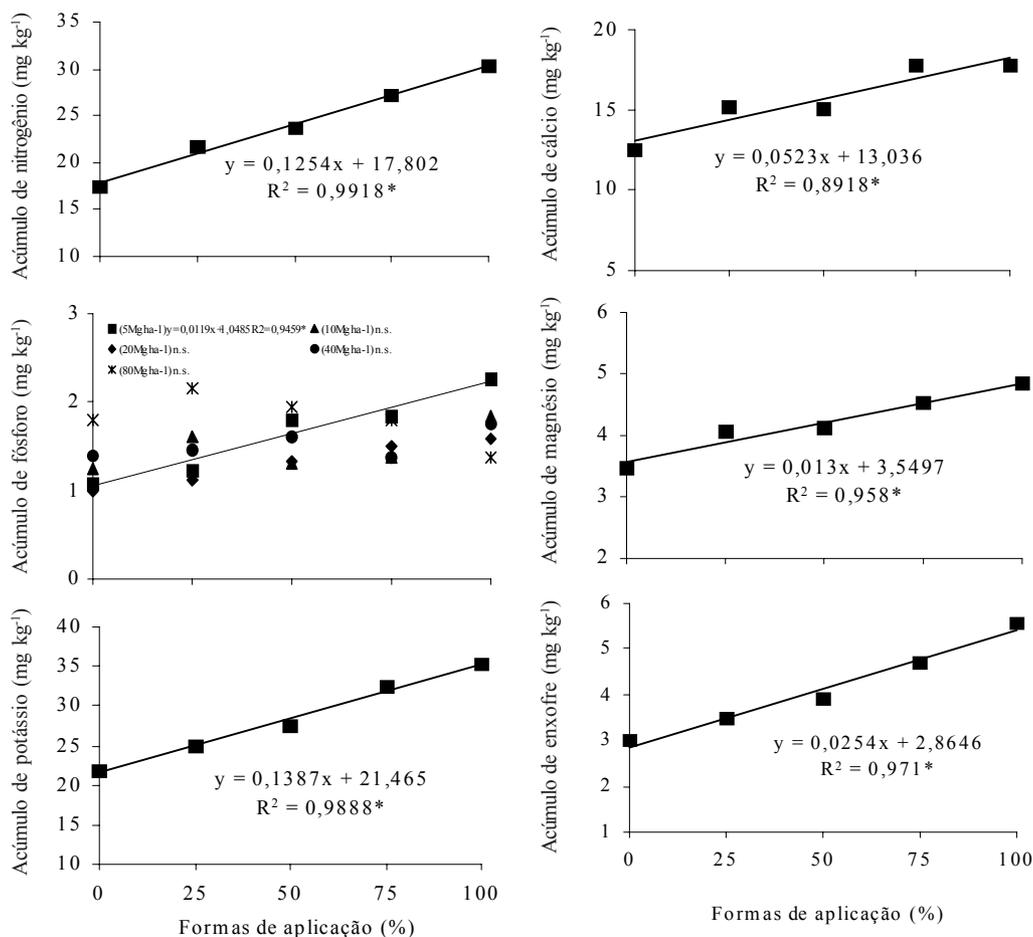


Figura 1. Acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea das plantas, em razão das formas de aplicação (0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25, 50, 75 e 100% do volume de solo; respectivamente) e níveis de lodo de esgoto

total de solo (Figura 1). Este acréscimo pode estar associado a um possível aumento na mineralização da matéria orgânica e maior disponibilização pelo maior contato com as partículas do solo. De forma similar, Simonete et al. (2003) constataram aumento no acúmulo de nutrientes com a aplicação de lodo de esgoto a um Argissolo Vermelho-Amarelo, na cultura do milho.

Este aumento no acúmulo de N, K, Ca, Mg e S, era esperado, uma vez que há aumento nos teores trocáveis de Ca, Mg e K, com a aplicação e maior incorporação do lodo de esgoto, conforme observado por Simonete et al. (2003), que notaram aumento proporcional na soma de bases a cada dose aplicada do resíduo.

O efeito não significativo dos níveis de lodo de esgoto, no desenvolvimento e nutrição das plantas, pode ser explicado pelo efeito salino provocado pela presença de sais, que se acumulam no solo, requerendo as raízes maior energia proveniente de outros processos metabólicos para absorver água, conforme observado por Rodgers & Anderson (1995).

Embora a condutividade elétrica do solo se tenha apresentado abaixo de $2.000\mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 2) para todos os tratamentos com níveis de lodo de esgoto e formas de aplicação antes da semeadura, valores acima do qual podem ser considerados salinos (Richards, 1954), ressalta-se que, de acordo com o tipo de solo e regime hídrico, os níveis de lodo empregados no presente trabalho podem ter ocasionado, mesmo temporariamente, acúmulo de sais e alguns efeitos no crescimento e nutrição da mamoneira. Efeitos prejudiciais às culturas do alho e alface foram observados por Bevacqua & Mellano (1994), com aplicação de doses de lodo de esgoto sobre a condutividade elétrica do solo. Ressalta-se que não se observou, visualmente, qualquer efeito de salinidade sobre as plantas de mamona cultivada no experimento.

CONCLUSÕES

1. O lodo de esgoto úmido, gerado pela ETE da SABESP-Jundiaí, promoveu aumentos na produção de fitomassa seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S, pela cultura da mamona, nas formas de aplicação de 0 (superfície), 25, 50, 75 e 100% incorporados ao volume de solo.

2. A aplicação (100%) dos níveis de lodo incorporado ao volume total de solo, promoveu a maior produção de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes, exceção para o P.

3. O acúmulo de macronutrientes e fitomassa seca da mamona aumentou com a aplicação de doses de lodo de esgoto, porém de forma não significativa.

LITERATURA CITADA

- Araújo, A.S.F. de; Monteiro, R.T.R.; Cardoso, P.F. Composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.6, p.549-554, 2005.
- Berton, R.S.; Camargo, O.A.; Valadares, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p.187-192, 1989.
- Berton, R.S.; Valadares, J.M.A.S.; Camargo, O.A.; Bataglia, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.4, p.685-691, 1997.
- Bevacqua, R.F.; Mellano, V.J. Cumulative effects of sludge compost on crop yields and soil properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.25, p.395-406, 1994.
- Cripps, R.W.; Matocha, J.E. Effects of sewage application to ameliorate iron deficiency of grain sorghum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.22, p.1931-1940, 1991.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 219p.
- Martins, R.S.; Bataglia, O.C.; Camargo, O.A.; Cantarella, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.3, p.563-574, 2003.
- Pal, R.; Bhattacharyya, P. Effect of municipal solid waste compost on seed germination of rice, wheat and cucumber. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v.49, n.4, p.407-414, 2003.
- Prado, R. de M.; Natale, W. Desenvolvimento inicial e estado nutricional do maracujazeiro em resposta à aplicação de lodo têxtil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.6, p.621-626, 2005.
- van Raij, B.; Quaggio, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 40p. Boletim Técnico, 81
- van Raij, B.; Quaggio, J.A.; Cantarella, H.; Furlan, A.M.C. Recomendações para adubação e calagem no Estado de São Paulo. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. Boletim Técnico, 100
- Richards, L.A. Diagnosis improvements of saline and alkaline soils. Washington: Department of Agriculture. 1954. 160p.
- Rodgers, C.S.; Anderson, R.C. Plant growth inhibition by soluble salts in sewage sludge-amended mine spoils. *Journal Environmental Quality*, Madison, v.24, p.627-630, 1995.
- Silva, J.E.; Resck, D.V.S.; Sharma, R.D. Alternativa agrônoma para o biossólido produzido no Distrito Federal. I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.487-495, 2002.
- Simonete, M.A.; Kiehl, J. de C.; Andrade, C.A.; Teixeira, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003.
- Tsutiya, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: Bettiol, W.; Camargo, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto, Jaguariúna, EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.69-105.