

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTE DE MAMONA TRATADA COM LODO DE ESGOTO¹

ALTINA LACERDA NASCIMENTO^{2*}, REGYNALDO ARRUDA SAMPAIO³, DELACYR DA SILVA BRANDÃO JÚNIOR³, GERALDO RIBEIRO ZUBA JUNIO⁴ LUIZ ARNALDO FERNANDES³

RESUMO - O lodo de esgoto, resíduo proveniente das estações de tratamentos de águas servidas, possui altos teores de matéria orgânica e de nutrientes e, quando estabilizado, apresenta enorme potencial para uso agrícola. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de lodo de esgoto no crescimento e na produtividade de sementes de mamona. O experimento foi desenvolvido no norte de Minas Gerais, em Cambissolo Háplico, utilizando a cultivar mamoneira AL Guarany 2002. Os tratamentos, distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, corresponderam a um tratamento com adubação química (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio e 40 kg ha⁻¹ de N, 40 dias após o plantio) e cinco doses de lodo de esgoto (0; 15; 30; 45 e 60 t ha⁻¹, em base seca). Seis meses após o plantio, foram feitas as avaliações do diâmetro do caule, da altura da planta e da produtividade de sementes. A produtividade de sementes e as características biométricas da mamona aumentaram com o incremento das doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo, sendo a dose a partir de 15 t ha⁻¹ suficiente para a substituição da adubação mineral da cultura sem risco de contaminação do solo com metais pesados.

Palavras-chave: Oleaginosas. Biossólido. Resíduo orgânico. *Ricinus communis* L.

PRODUCTIVITY OF CASTOR BEAN IN RESPONSE TO FERTILIZATION WITH SEWAGE SLUDGE

ABSTRACT - Sewage sludge, waste from the stations of wastewater treatment, has high contents of organic matter and nutrients and, when stabilized, it presents enormous potential for agricultural use. This study aimed to evaluate the effect of doses of sewage sludge on growth and yield of castor bean. The experiment was conducted in Cambisol, using the cultivar Guarany AL 2002. The treatments in a randomized block design with four replicates, corresponding to a treatment with chemical fertilizer (90 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 30 kg ha⁻¹ K₂O at planting and 40 kg ha⁻¹ N, 40 days after planting), and five doses of dry sewage sludge (0, 15, 30, 45 and 60 t ha⁻¹). At the end of the cycle, the assessments were made of stem diameter, plant height and productivity. The productivity of seeds and the biometric characteristics of castor bean increased with increasing doses of sewage sludge applied to soil, and the dose from 15 t ha⁻¹ is sufficient for replacement of mineral fertilization of culture without the risk of soil contamination with heavy metals.

Keywords: Oil seeds. Biosolids. Organic fertilizer. *Ricinus communis* L.

*Autora para correspondência.

¹Recebido para publicação em 31/12/2010; aceito em 18/07/2011.

²Mestranda em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; altinalacerda@yahoo.com.br

³Professor do Instituto de Ciências Agrárias – ICA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; rsampaio@ufmg.br; dsbrandaojr@ufmg.br; larnaldo@ufmg.br

⁴Mestre em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; juniozuba@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Na Agenda 21, documento assinado durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), estabeleceu-se a meta de 50% de atendimento da população brasileira com saneamento básico até 2015. De forma que haverá um crescimento proporcional de produção de lodo, cuja disposição final tem gerado problemas econômicos e de poluição ambiental para a maioria das Estações de Tratamentos de Esgotos (PEDROZA et al., 2003). Assim, têm se intensificado os esforços em desenvolver tecnologias e estratégias de reuso capazes de tirar proveito do conteúdo de nutrientes e transformar esse resíduo em produto útil, como é o caso da utilização agrícola.

O lodo de esgoto, quando higienizado por solarização, compostagem, vermicompostagem e caleação, recebe a denominação de biossólido. Segundo Silva et al. (2002), Corrêa et al. (2005) e Lemainski e Silva (2006a), o lodo de esgoto, por ser, geralmente, rico em nutrientes, pode ser utilizado para substituir, parcial ou totalmente, os fertilizantes minerais. Além disso, a matéria orgânica aumenta o conteúdo de húmus melhorando a capacidade de armazenamento e infiltração de água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão (AGGELIDES; LONDRA, 2000; MELO et al., 2004; SOUZA et al., 2005; GARCÍA-ORENES et al., 2005; ALVES et al., 2007; CAMPOS; ALVES, 2008).

As propriedades do lodo de esgoto são semelhantes às de outros adubos orgânicos, de forma que, em termos de resultados agrônômicos e respeitados os limites de metais pesados, orgânicos persistentes e microrganismos patogênicos, pode ser aplicado com sucesso em diversas culturas. Porém, algumas se adaptam mais que as outras ao seu uso, principalmente as culturas cujo ciclo permita beneficiar-se da liberação lenta do nitrogênio, como é o caso da mamona (TSUTYA, 2000). Além disso, a mamoneira apresenta-se como cultura adequada ao uso do lodo de esgoto por não ser o seu produto final destinado à alimentação humana e não se enquadrar entre as culturas que, segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2006), não podem ser adubadas com esse resíduo.

O alto custo dos fertilizantes químicos, consequência da alta demanda de energia para a sua produção, tem inviabilizado a aplicação de fertilizantes químicos para algumas lavouras. Nesse contexto, o uso de resíduos como adubos orgânicos, pode aumentar o lucro dos produtores e contribuir com a diminuição da emissão de gases que provocam o efeito estufa, além de que, o cultivo de mamona para a produção de biodiesel com alto custo energético, torna-se um enorme contra-senso.

O efeito benéfico do uso do lodo de esgoto na agricultura tem sido demonstrado em alguns estudos

em várias culturas (SILVA et al., 2002; GALDOS et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2004; VIEIRA et al., 2005; LEMAINSKI; SILVA, 2006b; GOMES et al., 2007; CHIARADIA et al., 2009), no entanto, em razão da composição química do lodo de esgoto variar com a origem do lodo, assim como, com as formas de tratamento do esgoto e com as formas de estabilização do lodo, informações disponíveis ainda estão aquém das necessidades para fornecer base segura para utilização do resíduo em substituição à adubação química, bem como, para determinação de doses que promovem maior eficiência em produtividade, sem causar contaminação ao ambiente. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de lodo de esgoto no crescimento e na produtividade de sementes de mamoneira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de março a agosto de 2009, em condições de campo, no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado no Campus Regional de Montes Claros/MG. A área experimental situa-se à latitude 16°51'38" S, longitude 44°55'00" W e altitude de 630 m. Apresenta solo classificado como Cambissolo Háplico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). As principais características químicas e físicas do solo antes da instalação do experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo da área experimental

Atributos ¹	0-20 cm	20-40 cm
pH em água	7,10	5,70
P remanescente (mg.L ⁻¹)	29,90	21,20
P Mehlich (mg.kg ⁻¹)	11,60	3,50
K (mg.kg ⁻¹)	254	374
Ca (cmolc.dm ⁻³)	7,50	6,10
Mg (cmolc.dm ⁻³)	2,30	1,90
Al (cmolc.dm ⁻³)	0,00	0,00
H + AL (cmolc.dm ⁻³)	1,19	2,59
Soma de Bases (cmolc.dm ⁻³)	10,45	8,96
CTC efetiva (cmolc.dm ⁻³)	10,45	8,96
Saturação por alumínio (%)	0,00	0,00
CTC potencial (cmolc.dm ⁻³)	11,64	11,55
Saturação por bases (%)	90,00	78,00
Matéria orgânica (dag.kg ⁻¹)	3,71	2,64
Areia grossa (dag.kg ⁻¹)	9,10	5,70
Areia fina (dag.kg ⁻¹)	16,90	30,30
Silte (dag.kg ⁻¹)	40,00	30,00
Argila (dag.kg ⁻¹)	34,00	34,00

¹ EMBRAPA (1997).

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados, com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos corresponderam a 1 tratamento com adubação química (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio e 40 kg ha⁻¹ de N, 40 dias após o plantio), conforme recomendação da 5ª aproximação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), e 5 doses de lodo de esgoto em bases seca (0; 15; 30; 45 e 60 t ha⁻¹) proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Juramento-MG, que é operada pela COPASA-MG e possui linha de tratamento composta por tratamento preliminar e reator anaeróbio UASB interligado em série a uma lagoa de pós-tratamento do tipo facultativa, e tratamento do lodo de esgoto por meio do processo de solarização em leito de secagem por período de três meses.

As doses de lodo de esgoto foram baseadas na concentração de nitrogênio disponível neste adubo,

Tabela 2. Características químicas do lodo de esgoto.

pH	C.O.	N ¹	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni	
	g kg ⁻¹mg kg ⁻¹								
4,4	62,4	2,7	2,8	5,6	5,5	1,9	10,6	24	34,5	160	64	0	5,16	0	10,84	

Tedesco et al. (1995).

¹N disponível - Resolução CONAMA 375, considerando fração de mineralização de 15% para o tempo de cultivo de seis meses (BRASIL, 2006).

Foram semeadas 3 sementes e, ao completar 15 dias de emergência, foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta em cada local de semente. A área foi mantida sem a presença de plantas espontâneas através de capina manual e realizou-se irrigação para suprimento de água à cultura.

Seis meses após o plantio, foram feitas as avaliações de diâmetro do caule, da altura e da produtividade de sementes das plantas da área útil da parcela. O diâmetro do caule foi medido rente ao solo e a altura da planta, medida desde a superfície do solo até o ápice do ramo mais alto. O cálculo da produtividade das sementes foi realizado por meio da obtenção do peso, em balança de precisão, das sementes provenientes de cachos de primeira e segunda ordem, sendo o resultado transformado em t ha⁻¹. O índice de eficiência agrônômica (IEA) foi obtido com base na produtividade do tratamento químico, tomada como padrão, e da testemunha, sem fertilização, a partir da equação: IEA = [(prod. LE - prod. Testemunha)/(prod. NPK - prod. testemunha)] x 100.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos que foram adubados com doses de lodo de esgoto, incluindo a testemunha sem adubação, foram comparadas com a média do tratamento que recebeu adubação química, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste Dunnett. Por outro lado, as médias referentes às doses de lodo de esgoto, incluindo a testemunha sem adubação, foram ajustadas a modelos de regressão, testando-se

2,7 kg t⁻¹, calculado de acordo com a resolução CONAMA 375 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006), considerando-se fração de mineralização de 15% em razão do tempo de cultivo de aproximadamente seis meses, e na recomendação da adubação da 5ª Aproximação da Recomendação de Corretivos e Fertilizantes de Minas Gerais, 40 kg ha⁻¹ (CFSEMG, 1999).

Utilizou-se como planta indicadora a cultivar de mamoneira AL Guarany 2002. O cultivo foi realizado no espaçamento de 1 x 2 m. As parcelas corresponderam a quatro linhas com 6 metros de comprimento distanciadas entre si em 2 metros (48 m²). Nas avaliações do experimento, foi considerada uma área útil central de 16 m², contendo 8 plantas.

O lodo de esgoto foi aplicado no sulco de plantio e incorporado ao solo com o auxílio de enxada. As características químicas do lodo de esgoto estão descritas na Tabela 2.

os coeficientes até 10% de probabilidade pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as doses de lodo de esgoto aplicadas e a composição química deste resíduo (Tabela 2), observa-se que a aplicação de doses de até 60 kg ha⁻¹ não apresentou riscos de contaminação do solo por metais, uma vez que a quantidade de metais adicionada ao solo foi bem inferior à carga acumulada teórica estabelecida pela resolução Conama 375 (BRASIL, 2006). Ressalta-se ainda que, tendo por base a maior dose aplicada, o elemento limitante seria o Cu, que atingiria a carga acumulada teórica permitida de 137 kg ha⁻¹ em 35 anos. Assim como no presente experimento, Chiaradia et al. (2009) relataram o Cu como sendo o elemento que primeiro limitaria a aplicação de lodo de esgoto no solo.

A análise de variância mostrou que, para a variável produtividade de sementes, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos do experimento. Quando comparada a produtividade média obtida nas parcelas que receberam adubação química com a produtividade das parcelas que receberam doses de lodo de esgoto (Tabela 3), nota-se que onde não foi aplicado lodo de esgoto apresentou menor rendimento. No entanto, a aplicação de 15 ou 30 t ha⁻¹ do resíduo orgânico gerou resultados iguais ao obti-

Tabela 3. Valores médios referentes às características de crescimento da planta e produtividade de sementes de mamona adubada com fertilizante químico ou com aplicação de doses de lodo de esgoto.

Determinações	Adubação química	Lodo de esgoto (t. ha ⁻¹)					CV (%)
		0	15	30	45	60	
Produtividade (t ha ⁻¹)	1,9 a	0,98 b	1,36 a	2,2 a	2,69 b	2,8 b	19,2
Altura (m)	1,78 a	1,39 b	1,51 b	1,75 a	1,93 a	1,86 a	6,71
Diâmetro da planta (mm)	3,55 a	2,8 b	3,2 a	3,6 a	4,2 b	4,03 b	6,58

Médias de tratamentos referentes às doses de lodo de esgoto com a mesma letra da adubação química, na horizontal, não diferem desta a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

do com a adubação mineral. Resultados superiores ao obtido com a adubação química recomendada para a cultura foram alcançados com a aplicação de doses de 45 ou 60 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Os índices de eficiência agrônômica dos tratamentos com 15, 30, 45 e 60 t ha⁻¹, tendo como referência o tratamento químico, são respectivamente 41, 133, 186 e 198% o que evidencia o potencial do lodo de esgoto na produtividade de sementes de mamona.

Com base na composição química do lodo (Tabela 2) e nas doses aplicadas (15, 30, 45 e 60 kg ha⁻¹) foram adicionados ao solo, respectivamente, 192,4, 384,88, 577,32, 769,76 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quantidade bem superior aos 90 kg ha⁻¹ recomendados por Ribeiro et al. (1999), mesmo considerando uma taxa de conversão de P orgânico para P mineral de 60%, citada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). O mesmo ocorreu para o K, cujas quantidades adicionadas ao solo foram, respectivamente, 202,36, 404,71, 607,08, 809,44 Kg ha⁻¹ de K₂O, enquanto o recomendado para a cultura no tipo de solo em que o experimento foi instalado é 30 kg ha⁻¹ de K₂O. A maior quantidade de P e K, bem como o fornecimento dos demais macro e micronutrientes (Tabela 2) nas parcelas adubadas com lodo de esgoto em relação ao tratamento químico pode ter proporcionado a diferença de produtividade observada nesse experimento.

Chiaradia et al. (2009) observaram que, quando o lodo de esgoto foi aplicado em quantidade suficiente para fornecer 1 ou 2 vezes o N exigido pela cultura, a produtividade da mamoneira foi superior ao resultado obtido com a adubação química e, quando aplicado em doses suficientes para suprir metade da dose recomendada de N, a planta atingiu produtividade de 93% em relação à adubação exclusivamente mineral. Os resultados obtidos por esses autores são superiores aos aqui constatados, uma vez que, pela equação de regressão ajustada, quando adicionado lodo de esgoto em dose suficiente para fornecimento do N requerido pela cultura, 15 t ha⁻¹, num período de seis meses (fator de mineralização de 15%), a produtividade seria de 1,51 t ha⁻¹, que é 79,47% da produtividade obtida com a adubação química. Caso considere-se o fator de mineralização de 30%, correspondente ao N disponibilizado ao

longo de todo o ano, a produtividade estimada seria de 1,26 t ha⁻¹, que é 66,34% da produtividade obtida com a adubação química. Entretanto, diferente do presente experimento, nas parcelas que receberam lodo de esgoto esses autores aplicaram também adubação química com P e K, que pode ter proporcionado maior rendimento de sementes em relação ao presente experimento. Isto significa que a aplicação de lodo de esgoto acrescido destes dois elementos implica em menor dose deste resíduo, reduzindo o risco de contaminação ambiental por substâncias indesejáveis.

Resultados expressivos com aplicação de lodo de esgoto também têm sido encontrados para outras culturas. Silva et al. (2002) constataram que, durante três anos consecutivos, o lodo de esgoto aplicado no solo forneceu quantidades suficientes de nutrientes para a cultura do milho, além de ser mais eficiente que a adubação mineral. Por outro lado, Nogueira et al. (2006), em solo semelhante ao utilizado no presente experimento, não observaram aumentos de produtividade na cultura do milho e feijão consorciados adubados com lodo de esgoto estabilizado de diferentes formas em relação à adubação química. Entretanto, esses autores aplicaram apenas a quantidade de lodo de esgoto para fornecimento do N requerido pelo milho, que pode não ter sido suficiente para promover aumentos na produtividade das culturas.

A produtividade da mamoneira apresentou crescimento linear à medida que se aumentou a dose de lodo de esgoto (Figura 1). A aplicação da dose de 60 t ha⁻¹ de lodo de esgoto praticamente triplicou a produção de sementes em relação ao tratamento que recebeu dose 0 do referido composto. E, com base na equação ajustada, na dose que fornece a quantidade de N requerido pela cultura (15 t ha⁻¹), a produtividade é 1,51 t ha⁻¹, valor 1,5 vezes superior ao observado na dose 0. Considerando o ajuste dos dados observados ao modelo linear, constata-se que resultado ainda maior poderia ser alcançado com aplicações de doses superiores às utilizadas no experimento. Porém, a aplicação de elevadas doses de lodo de esgoto deve estar associada a estudos criteriosos relacionados à qualificação e quantificação de microrganismos, elementos químicos e substâncias orgânicas

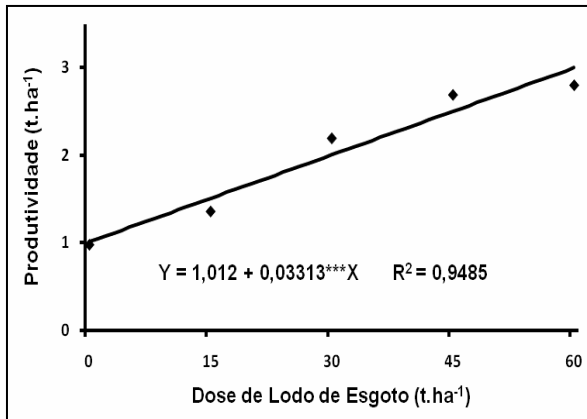


Figura 1. Produtividade de sementes de mamona (*Ricinus communis* L) com aplicação de doses de lodo de esgoto. ***, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.

persistentes presentes no lodo de esgoto, para que não ocorra extrapolação dos níveis máximos de contaminantes considerados seguros para o ambiente, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375, de 2006 (BRASIL, 2006).

A produtividade média observada nesse experimento variou de 0,98 a 2,8 t ha⁻¹. Esses valores se encontram acima da média nacional que foi de 0,77 t ha⁻¹ no ano de 2008. Entretanto, os baixos índices de produtividade de mamona no Brasil são resultantes da baixa produtividade na principal região produtora do país, o nordeste, que responde por 91,3% da produção nacional e tem média de produtividade de 0,54 t ha⁻¹ (BRASIL, 2009).

Diversos trabalhos mostram a melhoria da qualidade física do solo pela aplicação de lodo de esgoto (AGGELIDES; LONDRA, 2000; MELO et al., 2004; GARCÍA-ORENES et al., 2005; ALVES et al., 2007; CAMPOS; ALVES, 2008). Dessa forma, os aumentos observados na produtividade das plantas nos tratamentos que receberam maiores doses de lodo de esgoto em relação àqueles que receberam as menores doses do resíduo, assim como, em relação ao tratamento químico, devem estar relacionados, além do maior fornecimento de nutrientes, com a melhoria das condições físicas do solo proporcionadas pela adição de maiores doses de matéria orgânica. Segundo Meurer (2007), os dois fatores de natureza física (estrutura e textura) podem influir acentuadamente no crescimento das plantas. Propriedades ou características do solo, tais como: densidade, espaço poroso, umidade, taxa de infiltração de água, erodibilidade, dentre outras, estão intimamente associadas à estrutura e à textura do solo e podem tanto estimular quanto inibir o crescimento das plantas.

De acordo com os resultados da análise de variância, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos do experimento para as variáveis altura da planta e diâmetro do caule. Para a variável altura da planta as doses 0 e 15 t ha⁻¹ apresentaram alturas inferiores à da adubação química e as

plantas que receberam doses de 30, 45 ou 60 t ha⁻¹ de lodo de esgoto apresentaram alturas equivalentes àqueles que receberam a adubação mineral. Com relação à variável diâmetro do caule, plantas que receberam doses de 45 ou 60 t ha⁻¹ de lodo de esgoto apresentaram valores superiores ($p \leq 0,05$) ao observado nas plantas das parcelas que receberam adubação química (Tabela 3).

A análise de regressão para a altura da planta e diâmetro do caule revelou que, dentro do intervalo de doses de lodo de esgoto aplicadas no experimento, a dose de 60 t ha⁻¹ apresentou o melhor resultado (Figuras 2 e 3). Considerando que tais características biométricas estão diretamente relacionadas com o aumento do sistema radicular (TORRES NETTO et al., 2006; MODESTO et al., 2009), espera-se que essas plantas tenham possibilidades de melhor nutrição e maior resistência ao déficit hídrico pelo maior

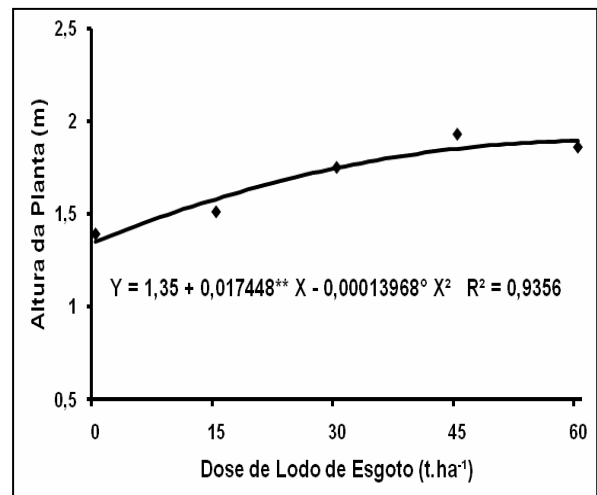


Figura 2. Altura da planta de mamoneira (*Ricinus communis* L.) tratada com lodo de esgoto. °, **, significativos a 10 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

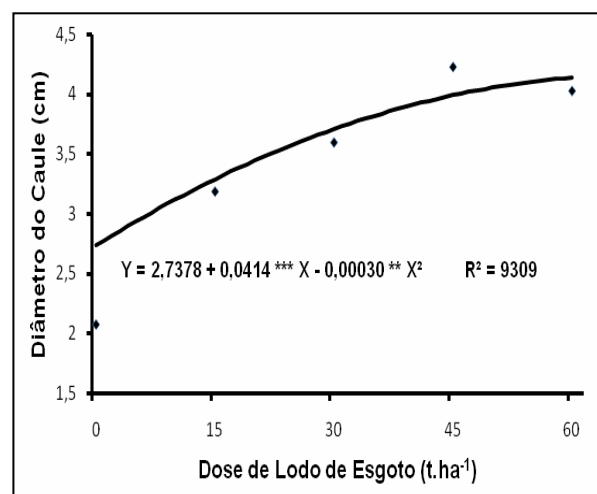


Figura 3. Diâmetro do caule de mamoneira (*Ricinus communis* L) tratada com lodo de esgoto. **, ***, significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Segundo Guimarães et al. (2009) o diâmetro do caule é uma característica importante, uma vez que, quanto maior o seu valor maior o vigor, robustez e resistência da planta. Esse mesmo autor, avaliando o crescimento inicial de pinhão manso em função de diferentes fontes e doses de adubos, observou que a quantidade mais elevada de lodo de esgoto, 340 kg ha⁻¹ de N, foi a que apresentou resposta mais significativa para o diâmetro do caule em relação às quantidades inferiores; constatando-se um efeito de 43,58% superior à testemunha (sem adubação). Também Backes et al. (2009), para a mesma variedade de mamona aqui utilizada (AL Guarany 2002), constataram aumentos lineares na altura da planta pela aplicação de lodo de esgoto em doses de até 32 t ha⁻¹. Por outro lado, Prates et al. (2011), em solo semelhante ao do presente experimento, não constataram aumentos no diâmetro de caule e altura de plantas de pinhão manso adubadas com lodo de esgoto em doses de até 19,2 t ha⁻¹, que é bem inferior à máxima aplicada nesse experimento (60 t ha⁻¹).

CONCLUSÃO

A produtividade de sementes e as características biométricas da mamona aumentam com o incremento das doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo, sendo a dose a partir de 15 t ha⁻¹ suficiente para a substituição da adubação mineral da cultura sem risco de contaminação do solo com metais pesados.

REFERÊNCIAS

- AGGELIDES, S. M.; LONDRA, P. A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. **Bioresource Technology**, v. 71, n. 3, p.253-259, 2000.
- BACKES, C. et al. Efeito do lodo de esgoto e nitrogênio na nutrição e desenvolvimento inicial da mamoneira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 90-98, 2009.
- ALVES, M. C. et al. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 617-625, 2007.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1389-1397, 2008.
- CHIARADIA, J. J. et al. Produtividade e nutrição de mamona cultivada em área de reforma de canavial tratada com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 701-709, 2009.
- CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.
- CORRÊA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Biosolids effectiveness to yield ryegrass based on their nitrogen content. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 274-280, 2005.
- BRASIL. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **LSPA - Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 out. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2.006**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/>. Acesso em: 01 nov. 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1999. 412 p.
- GALDOS, M. V. et al. Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 569-577, 2004.
- GARCÍA-ORENES, F. et al. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. **Soil & Tillage Research**, v. 82, n. 1, p. 65-76, 2005.
- GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 459-465, 2007.
- GUIMARÃES, A. S. et al. Fontes e doses crescentes de adubos orgânicos e mineral no crescimento inicial de pinhão manso. **Mens agitat**, Boa Vista, v. 4, n. 1, p. 17-22, 2009.
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Utilização do bio-sólido da CAESB na produção de milho no

- Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 741-750, 2006a.
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Avaliação agronômica e econômica da aplicação de biofósforo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1477-1484, 2006b.
- MELO, V. P. et al. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biofósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 67-72, 2004.
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, cap. 2, p. 65-90.
- MODESTO, P. T. et al. alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1489-1498, 2009.
- NASCIMENTO, C. W. A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2004.
- NOGUEIRA, T. A. R. et al. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 6, n. 1, p. 122-131, 2006.
- PEDROZA, J. P. et al. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biofósforos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 483-488, 2003.
- PRATES, F. B. S. et al. Crescimento e teores de macronutrientes em pinhão manso adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 101-112, 2011.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o biofósforo produzido no Distrito Federal. I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 487-495, 2002.
- SOUZA, Z. M. et al. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em latossolos adubados por cinco anos com biofósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 117-123, 2005.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. 174 p.
- TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; GOMES, M. M. A. Efeitos do confinamento radicular nas medidas biométricas e assimilação de CO₂ em plantas de *coffea canephora* Pierre. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 295-303, 2006.
- TSUTUYA, M. T. Alternativas de disposição final de biofósforos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. cap. 4, p. 69-105.
- VIEIRA, R. F. et al. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 9, p. 919-926, 2005.