



Biossólido como substrato na produção de mudas de pinhão-manso

Reginaldo de Camargo¹, Alirio C. D. Maldonado¹, Polianna A. Silva¹ & Thais R. da Costa¹

RESUMO

A utilização do lodo de esgoto na agricultura como adubo orgânico, é tida hoje, como a alternativa mais promissora para disposição final deste resíduo, em razão da sua sustentabilidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), a partir de substratos contendo esterco bovino e diferentes concentrações de biossólido, como fontes de matéria orgânica e de nutrientes e o tratamento das sementes com fungicida. As sementes tratadas receberam o fungicida Moncerem® PM. Todos os tubetes continham 40% de esterco bovino e as doses de biossólido foram crescentes (0, 10, 20, 30 e 40%), complementados com vermiculita. Foram avaliados: emergência aos 14 dias, altura de planta, diâmetro de caule, peso seco da parte aérea e de raiz e acúmulo dos metais pesados Cd, Cr, Pb e Ni. O tratamento de sementes teve efeito negativo na emergência aos 14 dias e, conseqüentemente, prejudicou o posterior crescimento das plantas. De maneira geral, a adição de até 10% de biossólido ao substrato apresentou os melhores resultados de crescimento da muda. Com relação aos metais pesados apenas o níquel foi acumulado crescentemente na planta, à medida em que se aumentaram as doses de biossólido no substrato.

Palavras-chave: óleo, *Jatropha curcas* L., sustentabilidade

Biosolid as substrate for production of physic nut seedlings

ABSTRACT

The use of sewage sludge in agriculture as an organic fertilizer nowadays is the most promising alternative for final disposal of this residue due to its sustainability. The objective of this work was to evaluate production of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seedlings using a substrate containing cattle manure and different concentrations of biosolid, as sources of organic matter and nutrients and the treatment of the seeds with fungicide. The treated seeds received the fungicide Moncerem® PM. All the polytubes contained 40% of cattle manure and the biosolid doses were 0, 10, 20, 30 and 40%, complemented with vermiculite. The variables evaluated were: emergence on the 14th day, plant height, stem diameter, dry weight of the aerial parts and root and the accumulation of the heavy metals Cd, Cr, Pb and Ni. The seed treatment had a negative effect on the emergence on the 14th day and consequently harmed the subsequent plant growth. Generally, the substrate containing 10% of biosolid presented the best results of seedling growth. Regarding the heavy metals, only Ni was increasingly accumulated in the plant, as the biosolid doses increased in the substrate.

Key words: oil, *Jatropha curcas* L., sustainability

¹ Av. Amazonas, s/n, Bloco 2E, Bairro Umarama, ICIAG, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, CEP 38400-000, Uberlândia, MG. Fone: (34) 3218- 2225. E-mail: rcamargo@umarama.ufu.br; aliriocoromoto@yahoo.com.br; polyalves@yahoo.com.br; thais_agro42@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A utilização do lodo de esgoto na agricultura como adubo orgânico é reconhecida, hoje, como uma das alternativas mais promissoras para disposição final deste resíduo, em virtude de sua sustentabilidade. Porém, antes de ser utilizado em qualquer atividade agrícola, ele deve ser tratado e estabilizado para reduzir ou eliminar patógenos e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação do lodo e, conseqüentemente, seu potencial de produção de odores.

A utilização do biossólido na produção de mudas de pinhão-mansão é uma alternativa bastante interessante, visto que o mesmo já foi objetivo de estudo para diversas outras espécies vegetais e se obtiveram ótimos resultados, como Faustino et al. (2005), Lima et al. (2005), Trigueiro & Guerrini (2003).

De acordo com Jorge et al. (1991), o biossólido é comprovadamente um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo porém não pode ser utilizado puro na produção de mudas devido, provavelmente, à sua baixa porosidade. Além de matéria orgânica o biossólido é um material rico em nutrientes, principalmente em nitrogênio e fósforo, com grande potencial para utilização agrícola como condicionador e fertilizante, em especial na recuperação de áreas degradadas em virtude da atividade mineradora (Brofas et al., 2000). A aplicação agrícola do lodo de esgoto tratado vem sendo comprovada por trabalhos com diferentes culturas. Gomes et al. (2007) verificaram, por exemplo, que a produção de grãos de milho aumentou em função das doses de lodo de esgoto até a aplicação de 26 t ha⁻¹ a qual proporcionou a máxima eficiência agrônômica para a produção de milho. Resultado semelhante foi obtido por Barbosa et al. (2007), os quais encontraram melhores respostas de produtividade de milho na dose de 36 t ha⁻¹.

O Brasil, país com vasta extensão agricultável e com elevada diversidade de solos e clima apresenta condições reais para se tornar um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, tendo potencialidade para o cultivo de variadas espécies de plantas oleaginosas. Com as atuais oportunidades que se abrem para o biodiesel, o cultivo do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) tem lugar de destaque nas discussões sobre oleaginosas potenciais.

O pinhão-mansão é uma oleaginosa da família Euphorbiaceae e, de acordo com Arruda et al. (2004), possui alto potencial produtivo, é bem adaptado ao semiárido e está sendo apontado como importante alternativa para fornecimento de óleo com vistas à fabricação de biodiesel. Mas se verifica, de um lado, o aumento na demanda por mudas para a formação de lavouras desta espécie; de outro, os produtores esbarram na falta de tecnologia adaptada para a cultura. Em muitos casos, a propagação do pinhão-mansão é feita através de grãos comercializados como sementes para formação de mudas. Quanto ao aspecto fitossanitário, este procedimento pode acarretar sérios prejuízos à lavoura. Analisando a qualidade sanitária de sementes de pinhão-mansão provenientes dos Vales do Jequitinhonha e do Mucuri, em Minas Gerais, Neves et al. (2009) concluíram que, pela diversidade de fungos encontrados, é necessário estabelecer estratégias para se manter a boa qualidade sanitária das sementes, visto que os fungos

associados podem reduzir sua capacidade germinativa e causar tombamento de plântulas. Segundo os autores *Alternaria* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Fusarium* sp. detectados nas sementes de pinhão-mansão são potencialmente patogênicos e esta associação deve ser mais estudada, inclusive contemplando possíveis métodos de tratamento de sementes. Na ausência de fungicidas com registro para tratamento de sementes de pinhão-mansão, viveiristas têm utilizado produtos com indicação para outras culturas, dentre eles o pencicuron (Monceren®).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de mudas de *Jatropha curcas* L. a partir de substratos contendo esterco bovino e diferentes concentrações de biossólido, como fontes de matéria orgânica e de nutrientes e o tratamento das sementes com fungicida, uma vez que não existem produtos químicos recomendados para a espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia – UFU, localizada no município de Uberlândia, MG.

Obteve-se o biossólido ou lodo seco inativado através do tratamento térmico do lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Aclimação do Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE, localizado no município de Uberlândia, MG, como resultado do trabalho de Maldonado (2004).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise de metais pesados no biossólido. Nota-se que seus teores estão sempre abaixo do recomendado pelo EPA (Environmental Protection Agency), exceto para o cobre mas, mesmo assim, ainda mantém os níveis abaixo do teto máximo permitido por este órgão. Na Tabela 2 constam os resultados das análises química e física do lodo seco inativado, utilizado neste experimento.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial de 5 x 2 correspondendo, respectivamente, às concentrações de biossólido e ao tratamento ou não das sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) com fungicida, sendo cada parcela representada por 10 tubetes.

Tabela 1. Teores dos metais pesados no biossólido utilizado e concentrações permitidas

Metal	Concentrações (mg kg ⁻¹)			
	Lodo seco	Recomendado EPA	Recomendado SANEPAR	Máximo EPA
Mercúrio (Hg)	0,33	17	16	57
Selênio (Se)	0,02	-	-	-
Níquel (Ni)	346	420	300	420
Cádmio (Cd)	5	39	20	85
Chumbo (Pb)	192	300	750	840
Cromo (Cr)	74,5	1200	1000	3000
Cobalto (Co)	12,5	-	-	-
Cobre (Cu)	1564,33	1500	1000	4300
Zinco (Zn)	1060	2800	2500	7500

Fonte: Maldonado (2004)

Tabela 2. Teores de elementos verificados na análise química e física do biossólido

Determinações	Umidade natural	Base seca (110 °C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,0	-
Densidade	1,1 g cm ⁻³	-
Umidade perdida a 60 – 65 °C	2,0%	-
Umidade perdida a 65 – 110 °C	1,2%	-
Umidade total	3,2%	-
Inertes	-	-
Matéria orgânica total (combustão)	55,0%	57,1%
Matéria orgânica compostável	40,7%	42,2%
Matéria orgânica resistente à compostagem	14,4%	15,0%
Carbono total (orgânico e mineral)	30,5%	31,7%
Carbono total	22,6%	23,4%
Resíduo mineral total	36,4%	42,9%
Resíduo mineral insolúvel	14,0%	14,6%
Resíduo mineral solúvel	27,4%	28,4%
Nitrogênio total	4,0%	4,1%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	2,1%	2,3%
Potássio (K ₂ O) total	4,0%	4,1%
Cálcio total	1,0%	1,1%
Magnésio total	0,1%	0,1%
Enxofre total	0,4%	0,5%
Relação C/N (C total e N total)	7/1	7/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	6/1	6/1
Cobre total	1104 mg kg ⁻¹	1552 mg kg ⁻¹
Manganês total	144 mg kg ⁻¹	150 mg kg ⁻¹
Zinco total	1026 mg kg ⁻¹	1064 mg kg ⁻¹
Ferro total	24824 mg kg ⁻¹	25758 mg kg ⁻¹
Boro total	25 mg kg ⁻¹	26 mg kg ⁻¹
Sódio total	687 mg kg ⁻¹	715 mg kg ⁻¹

Fonte: Maldonado (2004)

Diferentes concentrações de biossólido foram avaliadas para a produção de mudas de pinhão-mansão em tubetes. Todos os tubetes continham 40% de esterco bovino. As doses de lodo de esgoto foram crescentes (0, 10, 20, 30 e 40%), complementados com vermiculita de granulometria superfina. Para as sementes que foram tratadas, o tratamento foi realizado com o produto comercial Moncerem® PM - fungicida protetor, na dosagem de 1,5 g de produto por kg de sementes.

As sementes, colhidas em janeiro de 2009 foram fornecidas pela COVAL (Cooperativa Agropecuária do Vale da Alimentação Ltda.), do município de Santa Vitória, MG. O tratamento das sementes que receberam o fungicida foi realizado no dia da semeadura. As sementes foram colocadas em saco plástico e umedecidas com pequena quantidade de água, agitando-se o saquinho para que as sementes ficassem úmidas de maneira uniforme; em seguida, o fungicida, previamente pesado, foi adicionado ao saco plástico e novamente agitado por tempo suficiente para que todas as sementes recebessem o produto uniformemente.

Utilizaram-se tubetes de 120 mL, sendo que em cada tubete duas sementes foram semeadas a uma profundidade de 1,5 cm; após 14 dias realizou-se o desbaste, de modo a permanecer apenas uma plântula por tubete. A adubação de plantio foi comum a todas as combinações de substratos com 5 kg m⁻³ de superfosfato simples, 1 kg m⁻³ de cloreto de potássio e 2 kg m⁻³ de calcário. Para a adubação de cobertura foi utilizada uma solução de uréia (1,5 g L⁻¹), a qual foi aplicada com um regador,

no volume de 1 L m⁻² aos 20, 35 e 50 dias após o semeio. Após cada adubação de cobertura as mudas foram irrigadas para lavagem do excesso de solução acumulada nas folhas, a fim de evitar a queimadura das mesmas. A duração do experimento foi de 60 dias, contados a partir de 12 de março de 2009 (data da semeadura).

A irrigação foi feita cotidianamente, três vezes ao dia, a primeira rega pela manhã, a segunda no início da tarde e a última no fim da tarde; cronometrava-se o tempo necessário para que uma proveta fosse cheia até a marca de 1 L e, a partir do tempo marcado, cada grade era irrigada com 1 L de água.

Decorridos 14 dias da semeadura determinou-se a percentagem de emergência de plântulas, contando-se apenas as plântulas consideradas normais, ou seja, aquelas que apresentavam os cotilédones totalmente acima da superfície do substrato (mesmo que ainda envolvidos pelo endosperma), e que estavam visualmente sem infecções, podridões ou danos.

Aos 60 dias realizou-se a avaliação da altura de planta com uma régua graduada em milímetros, considerando-se a distância entre a base do caule da planta, em contato com o substrato e a última folha no ápice do caule.

Mediu-se o diâmetro do caule das plantas utilizando-se um paquímetro digital, que foi posicionado e apoiado na borda dos tubetes. O aparelho foi ajustado para apresentar os resultados em milímetros. Com um estilete, as plantas foram cortadas na altura da borda do tubete separando-se, assim, a parte aérea do sistema radicular. A parte aérea era diretamente acondicionada em sacos de papel, previamente perfurados. As raízes foram lavadas com bastante cuidado em balde contendo água, para que se perdesse a menor quantidade possível de material; por fim, as raízes também foram acondicionadas em sacos de papel perfurados e identificados; em seguida, todos os saquinhos foram acondicionados em estufa de circulação de ar forçado, mantendo a temperatura a 60 °C, até atingir a massa seca constante, fato verificado após 72 h, aproximadamente. Os sacos de papel foram retirados da estufa e seu conteúdo pesado em balança com precisão de duas casas decimais.

Realizou-se a análise foliar visando determinar os teores dos seguintes metais pesados na planta: cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni) e chumbo (Pb). A análise de tais elementos foi realizada no Laboratório de Análises de Solos e Calcário (LABAS), pertencente à UFU e a metodologia utilizada foi a digestão nitroperclórica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior porcentagem de emergência aos 14 dias foi verificada para as sementes que não foram tratadas com fungicida, até a dose de 20% de biossólido, conforme a Tabela 3; a partir da dose de 30% o biossólido exerceu influência a ponto do tratamento de sementes ser indiferente não havendo, portanto, diferença significativa entre os resultados obtidos para as sementes com ou sem fungicida, resultado que sugere efeito negativo do fungicida às sementes. Esta suposição se respalda na observação dos demais parâmetros avaliados.

Tabela 3. Porcentagem de emergência de plântulas de pinhão-mansô aos 14 dias após a sementeira, em função de diferentes doses de biossólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de biossólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Tratadas	55,00 b	35,00 b	21,65 b	11,65 a	11,65 a	27,00
Não tratadas	88,35 a	83,35 a	66,65 a	21,65 a	26,65 a	57,35
Média	71,80	59,20	44,15	16,65	19,15	

CV = 27,28%

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Não existem, ainda, fungicidas recomendados para o tratamento de sementes de pinhão-mansô; portanto, o produto utilizado não é registrado para a cultura e, desta forma, o efeito negativo observado pode ser reflexo de fitotoxicidez; logo, sugerem-se testes com outras doses deste fungicida ou com outros princípios ativos, diferentes do pencycuron, presente no Moncerem® PM. Avaliando efeitos no milho, Goulart (1993), concluiu que os tratamentos que continham o princípio ativo pencycuron também se mostraram fitotóxicos ao milho, retardando a emergência. Poletine et al. (2006) concluíram, trabalhando com mamona, que a mistura carboxyn + thiram propiciou a maior produtividade entre os produtos avaliados.

A partir dos desdobramentos da interação observa-se que os substratos que não receberam a adição do biossólido apresentaram as maiores porcentagens de emergência quando tratadas ou não (55 e 88,35% respectivamente). Ao se aumentar a dose de biossólido, ocorre redução na porcentagem de emergência das plântulas, de modo que, para as sementes tratadas, a cada 1% de biossólido adicionado há uma redução de 0,22% na emergência ($y = -0,22x + 9,80$; $R^2 = 0,899^{**}$) e, para as sementes não tratadas, a cada 1% de biossólido acrescentado ocorre redução de 0,37% na emergência de plântulas, aos 14 dias ($y = -0,37x + 18,87$; $R^2 = 0,869^{**}$).

O diâmetro médio de Sauter das partículas do biossólido utilizado foi de 0,0936 mm (Maldonado, 2004), sendo esta uma granulometria muito fina. Portanto, pode-se inferir que, quanto maior sua concentração na composição do substrato menor sua macroporosidade; conseqüentemente, menor a capacidade de trocas gasosas. De acordo com Oliveira et al. (2005) o processo de germinação é alterado por fatores como a umidade, temperatura, luz, oxigênio e substrato; logo, é claro, que se ocorrer deficiência de oxigênio, os processos de germinação e emergência serão prejudicados.

Resultados semelhantes obtiveram Trigueiro & Guerrini (2003) em que, testando substratos para produção de mudas de eucalipto, os autores observaram que o substrato que continha a proporção de 80% de biossólido para 20% de casca de arroz carbonizada foi extremamente prejudicial à germinação e sobrevivência das plantas de eucalipto, em virtude das características deste substrato apresentarem baixa quantidade de macroporos e alta densidade aparente.

Nota-se que as plantas cujas sementes não receberam o fungicida, apresentaram maior altura, Tabela 4, revelando o

efeito negativo do fungicida usado no tratamento de sementes e refletindo em atraso no desenvolvimento das mudas.

Tabela 4. Altura (cm) de plantas de pinhão-mansô 60 dias após a sementeira em função de diferentes doses de biossólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de biossólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Tratadas	19,52	22,98	17,52	18,61	16,33	18,99 b
Não tratadas	21,44	25,51	22,78	19,17	19,70	21,72 a
Média	20,48	24,25	20,15	18,89	18,02	

CV = 8,92%

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O tratamento cuja dose de biossólido foi de 10% mostrou a maior altura de plantas, com média de 24,25 cm (Tabela 4). Doses acima desta se mostram prejudiciais ao crescimento das plantas, visto haver um decréscimo na altura média.

Acredita-se que o efeito de redução na macroporosidade do substrato nas maiores doses de biossólido, pode ter afetado a capacidade de infiltração de água e a menor retenção de oxigênio, prejudicando o máximo crescimento das plantas.

Mesmo observando a ocorrência de decréscimos na altura de plantas neste experimento, quando foram usadas doses de biossólido de 20, 30 e 40%, observam-se os valores de altura de plantas, ainda foram superiores aos relatados por Costa et al. (2008), os quais avaliaram diferentes doses e fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-mansô; portanto, a presença de biossólido em baixas concentrações parece ser uma alternativa promissora.

Observando os dados da Tabela 5, verifica-se que as sementes que não receberam o fungicida apresentaram maior diâmetro médio de caule. Confirma-se o efeito negativo do fungicida usado no tratamento de sementes refletindo em atraso no crescimento das mudas.

Tabela 5. Diâmetro médio do caule de plantas de pinhão-mansô 60 dias após a sementeira em função de diferentes doses de biossólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de biossólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Tratadas	9,08	9,25	7,86	7,31	7,04	8,11 b
Não tratadas	9,65	9,77	9,08	8,08	8,04	8,93 a
Média	9,37	9,51	8,47	7,70	7,54	

CV = 5,98%

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação à composição do substrato, os tratamentos que não receberam o biossólido apresentaram os maiores diâmetros de caule (Tabela 5). Através da equação, pode-se afirmar que a cada 1% de biossólido que é acrescentado ao substrato, reduz-se 0,055 mm no diâmetro do caule das plantas ($y = -0,0547x + 9,612$; $R^2 = 0,895^{**}$).

De acordo com Daniel et al. (1997) e Carneiro (2003), o parâmetro diâmetro de colo é o mais indicado para avaliar a capacidade de sobrevivência da muda no campo e, também, o mais usado para auxiliar na determinação das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas; portanto, o mais indicado seria, neste caso, a adição de até 10% de bio sólido, por refletirem nos maiores diâmetros de caule.

Trigueiro & Guerrini (2003), testando substratos para produção de mudas de eucalipto, observaram que aos 90 dias após a semeadura, o substrato comercial Multiplant®, o qual contém 60% de composto de casca de *Pinus*, 15% de vermiculita e 25% de húmus e terra vegetal), resultou em maiores diâmetros de colo, que substratos que continham relação de bio sólido/casca de arroz carbonizado 80/20, 70/30, 60/40, 50/50 e 40/60.

A Tabela 6 apresenta o resultado do teste de médias para o parâmetro peso seco da parte aérea por planta de pinhão-manso. Observa-se que as plantas cujas sementes não receberam o fungicida apresentaram os maiores valores.

Tabela 6. Peso seco da parte aérea (g) por planta de pinhão-manso 60 dias após a semeadura em função de diferentes doses de bio sólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de bio sólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Tratadas	1,22	1,35	0,84	0,84	0,70	0,99 b
Não tratadas	1,33	1,65	1,45	1,06	1,00	1,30 a
Média	1,28	1,50	1,15	0,95	0,85	

CV = 16,32%

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação à produção de biomassa da parte aérea (Tabela 6) verificou-se, na ausência do tratamento de semente, o maior acúmulo de matéria seca. Independente do tratamento da semente houve decréscimo no peso seco da parte aérea principalmente na composição de 40% de bio sólido no substrato. Através da equação, verifica-se que, ao aumentar 1% de bio sólido na composição do substrato, reduz-se 0,014 g na produção de fitomassa da parte aérea ($y = -0,014x + 1,423$; $R^2 = 0,7268\%^{**}$).

Guimarães et al. (2006), trabalhando com diferentes resíduos orgânicos na produção de mudas de mamoneira corroboram com o resultado encontrado neste trabalho e sugeriram que o esterco bovino propiciou os melhores resultados para matéria seca de parte aérea, maiores números de folhas, altura e diâmetro de caule; os autores afirmam, ainda, que o lodo de esgoto é um material rico em nutrientes, mas não proporciona as condições físicas ao substrato, devido à sua fina granulometria.

Para o parâmetro peso seco de raízes nota-se que não houve diferença significativa para o fator tratamento de sementes, Tabela 7, fato que pode estar associado à perda considerável de raízes no momento da lavagem para retirada do substrato podendo, assim, ser resultado de erro experimental.

Tabela 7. Peso seco da raiz (g) por planta de pinhão-manso 60 dias após a semeadura em função de diferentes doses de bio sólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de bio sólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Tratadas	0,65	0,58	0,30	0,24	0,26	0,41 a
Não tratadas	0,58	0,46	0,44	0,30	0,27	0,41 a
Média	0,62	0,52	0,37	0,27	0,27	

CV = 21,05%

Média seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Analisando-se a equação $y = -0,095x + 0,598$; $R^2 = 0,9381^{**}$, a cada 1% de bio sólido acrescentado ao substrato, reduz-se 0,095 g da fitomassa do sistema radicular. Nota-se que, na ausência do bio sólido, foi obtida a maior média de peso seco de raiz por planta demonstrando que a adubação química e a adição de esterco bovino foram suficientes para suprir a necessidade requerida para o desenvolvimento do sistema radicular.

Resultados apresentados por Lima et al. (2004), mostram que o substrato para produção de mudas de mamona deve propiciar tanto o fornecimento de nutrientes quanto a aeração adequada. Lima et al. (2005) testando diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de amendoim, observaram os melhores resultados de crescimento das mudas em substratos que continham maior percentual de casca de amendoim, o que demonstra a necessidade de um componente no substrato capaz de conferir a aeração suficiente ao bom desenvolvimento das mudas.

Observando a Tabela 8 nota-se que não houve diferença significativa para o fator tratamento de sementes.

Tabela 8. Teores de níquel (Ni) em mg dm⁻³ encontrados em folhas de pinhão manso, 60 dias após a semeadura em função de diferentes doses de bio sólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de bio sólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Tratadas	13,11	28,27	29,09	33,66	41,70	29,17 a
Não tratadas	12,56	30,41	31,48	35,39	45,28	31,02 a
Média	12,84	29,34	30,29	34,53	43,49	

CV = 9,74%

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os teores de níquel aumentaram sempre que se aumentou a dose de bio sólido, segundo a equação $y = 0,664x + 16,797$; $R^2 = 0,8886$, o que não ocorreu para os outros metais pesados avaliados (Cd, Cr e Pb), indicando que a absorção de níquel pelas plantas de pinhão-manso é diferenciada quando comparada com a dos outros metais. Resultados semelhantes foram encontrados por Revoredo & Melo (2006), ao observarem que, a partir do aumento dos teores de níquel no solo tratado com lodo de esgoto, também ocorreu aumento na absorção desse metal pesado pelas plantas de sorgo.

Segundo Adriano (1986), o teor de Ni na matéria seca de plantas varia de 0,1 a 5,0 mg kg⁻¹, dependendo de fatores, como

a espécie, parte da planta, estágio fenológico, conteúdo no solo e acidez do solo, entre outros. Neste experimento, porém, os teores de Ni que foram verificados na matéria seca das plantas de pinhão-manso ultrapassaram esta faixa (12,84; 29,34; 30,29; 34,53 e 43,49 mg dm⁻³, quando as doses de biossólido foram, respectivamente, 0, 10, 20, 30 e 40%). Apesar disto, não houve qualquer sintoma visível de toxicidade pelo Ni. A toxidez de Ni se expressa quando sua concentração na matéria seca das plantas é maior que 50 mg kg⁻¹, excetuando-se as espécies acumuladoras (as quais apresentam grande tolerância) e as hiperacumuladoras (Paiva, 2000).

Observando a Tabela 9, nota-se que os teores de cádmio, cromo e chumbo, respectivamente, não variaram significativamente na planta à medida que a dose de biossólido aumentou. Ainda não foram estabelecidos os limites permitidos de metais pesados que possam ser encontrados na parte aérea de pinhão-manso, bem como a dinâmica da absorção desses elementos é desconhecida para esta espécie, porém, comparando-se os teores encontrados de Cd, Cr e Pb na parte aérea do pinhão com aqueles presentes no lodo, apresentados na Tabela 2 (5; 74,5 e 192 mg dm⁻³, respectivamente de Cd, Cr e Pb), observa-se que foi absorvida pequena quantidade dos mesmos; no entanto, não se deve afirmar que esses valores são altos ou baixos, visto não haver padrão algum para comparações.

Tabela 9. Teores de cádmio (Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb) em mg dm⁻³ encontrados em folhas de pinhão manso, 60 dias após a semeadura em função de diferentes doses de biossólido e tratamento de sementes

Sementes	Porcentagem de biossólido no substrato (%)					Média
	0	10	20	30	40	
Cádmio						
Tratadas	0,19	0,16	0,27	0,20	0,30	0,22 a
Não tratadas	0,21	0,25	0,24	0,23	0,18	0,22 a
Média	0,20	0,21	0,26	0,22	0,24	
CV = 36,82%						
Cromo						
Tratadas	1,33	0,45	1,40	2,30	1,98	1,49 a
Não tratadas	3,55	2,42	1,35	1,51	3,04	2,37 a
Média	2,44	1,44	1,38	1,91	2,51	
CV = 90,28%						
Chumbo						
Tratadas	3,06	1,30	4,29	4,17	4,66	3,50 a
Não tratadas	2,92	1,72	3,51	3,72	2,02	2,78 a
Média	2,99	1,51	3,90	3,95	3,34	
CV = 58,06%						

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CONCLUSÕES

1. O tratamento de sementes exerceu efeito negativo na emergência aos 14 dias e, conseqüentemente, prejudicou o posterior crescimento das plantas.
2. A testemunha e o substrato contendo 10% de biossólido apresentaram os melhores resultados de crescimento da muda.
3. O biossólido se mostrou como alternativa promissora na produção de mudas de pinhão manso.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Ciências Agrárias da UFU e à FAPEMIG, que tornaram possível a execução do projeto.

LITERATURA CITADA

- Adriano, D. C. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer-Verlag, 1986. 533p. In: Revoredo, M. D.; Melo, W. J. de. (ed.) Disponibilidade de níquel em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com sorgo. Bragantia, v.65, n.4, p.679-685, 2006.
- Arruda, F. P.; Beltrão, N. E. de M.; Andrade, A. P.; Pereira, W. E.; Severino, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) como alternativa para o semi-árido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- Barbosa, G. M. C.; Tavares Filho, J.; Brito, O. R.; Fonseca, I. C. B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.3, p.601-605, 2007.
- Brofas, G.; Michopoulos, P.; Alifragis, D. Sewage sludge as an amendment for calcareous bauxite mine spoils reclamation. Journal of Environment Quality, v.29, p.811-816, 2000.
- Carneiro, J. G. A. Produção e controle da qualidade de mudas florestais. In: Trigueiro, R. de M.; Guerrini, I. A. (ed.) Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. Scientia Forestalis, v.16, n. 64, p.150-162, 2003.
- Costa, T. R. da; Camargo, R. de; Pires, S. C.; Melo, B. de; Carvalho, H. de P. Avaliação de substratos para produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em tubetes. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras E Biodiesel, 5, 2008, Lavras. Anais...Lavras: UFLA, 2008. CR-Rom.
- Daniel, O.; Vitorino, A. C. T.; Alovisi, A. A.; Mazzochin, L.; Tokura, A. M.; Pinheiro, E. R. Souza, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Accia mangium* Willd. Revista Árvore, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- Faustino, R.; Kato, M. T.; Florêncio, L.; Gavazza, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.278-282, 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, v.11, n.5, p.459-465, 2007.
- Goulart, A. C. P. Tratamento de sementes de milho (*Zea mays* L.) com fungicidas. Revista Brasileira de Sementes, v.15, n.2, p.165-169, 1993.
- Guimarães, M. M. B.; Severino, L. S.; Beltrão, N. E. de M.; Costa, F. X.; Xavier, J. de F.; Lucena, A. M. A. de. Produção de muda de mamoneira em substratos contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizante mineral. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. Anais... Aracaju: EMBRAPA, 2006. CD-Rom.

- Jorge, J. A.; Camargo, O. A.; Valadares, J. M. A. S. Condições físicas de um Latossolo vermelho-escuro quatro anos após a aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.15, p.237-240, 1991.
- Lima, R. L. S.; Severino, L. S.; Silva, M. I. L.; Jerônimo, J. F.; Vale, L. S.; Paixão, F. J. R. da; Beltrão, N. E. de M. Substratos para produção de mudas de mamona. I. Esterco bovino associado a quatro fontes de matéria orgânica. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade - Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-Rom
- Lima, R. L. S.; Severino, L. S.; Silva, M. I. L.; Vale, L. S.; Beltrão, N. E. de M. Crescimento inicial de mudas de mamoneira em substrato contendo lodo de esgoto e casca de amendoim. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.9, n.1/3, p.887-891, 2005.
- Maldonado, A. C. D. Secagem de lodo de reator anaeróbio em secador rotativo com recheio de inertes. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 133p. Dissertação Mestrado
- Neves, W. S. dos; Parreira, D. F.; Ferreira, P. A. Lopes, A. Avaliação fitossanitária de sementes de pinhão-manso provenientes dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. *Revista Trópica*, v.3, n.2, p.17-23, 2009.
- Oliveira, I. V. M.; Cavalcante, I. H. L.; Beckmann, M. Z.; Martins, A. B. G. Temperatura na germinação de sementes de Sapota Preta. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, n.2, p.1-7, 2005.
- Paiva, H. N. Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e ipê roxo (*Tabebuia impertiginosa* (Mart.) Standl.). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 283p. Tese Doutorado
- Poletine, J. P.; Maciel, C. D. de G.; Telli, F. B.; Zanotto, D. M.; Amaral, J. G. C. do. Avaliação de fungicidas para tratamento de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. Anais... Aracaju: EMBRAPA, 2006. v.2, CD-Rom.
- Revoredo, M. D.; Melo, W. J. de. Disponibilidade de níquel em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com sorgo. *Bragantia*, v.65, n.4, p.679-685, 2006.
- Trigueiro, R. de M.; Guerrini, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis*, v.64, p.150-162, 2003.