

Efeitos do Lodo de Esgoto Aplicado na Cultura de Bananeiras “Grande Naine”

Luiz Antônio Silveira Melo¹
Marcos Antônio Vieira Ligo²

Introdução

O uso agrícola do lodo de esgoto, após este receber tratamentos adequados para eliminação ou redução dos agentes patogênicos, pode ser uma alternativa ao problema de sua disposição em aterros sanitários e uma opção econômica aos produtores rurais, por ser um resíduo rico em matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e micronutrientes, substituindo parcial ou totalmente a adubação mineral. Porém, o lodo de esgoto, para ser usado na agricultura, pode apresentar dois principais inconvenientes. Um deles é a presença de metais pesados e compostos orgânicos persistentes em teores que podem causar efeitos indesejáveis ao ambiente, devendo, por isso, atender às exigências do Conama (CONAMA, 2006). O outro refere-se à distância entre a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) e a área agrícola a ser tratada, que pode onerar o custo do transporte. Quanto a isto, Sugimoto (2005) relatou que até um raio de 150 km o custo do transporte do lodo é inferior ao gasto na aquisição de fertilizantes minerais. Entretanto, atualmente o frete para transporte de lodo é pago por grande parte das ETEs, com tendência do problema ser minorado em razão do crescente número de municípios com tratamento de esgotos. Afinal, conforme relatou Vieira (2007), as 400 toneladas de lodo de esgoto produzidas diariamente pela ETE do Distrito Federal são suficientes para fertilizar até 5.000 hectares por ano,

deixando de gastar cerca de R\$ 3,8 milhões na compra de uréia, super fosfato triplo e cloreto de potássio.

No Brasil há vários casos de sucesso com o uso de lodo em culturas de eucalipto, grãos e cana-de-açúcar, entre outras. Em cana-de-açúcar, Yoneya (2007) relatou o caso de um produtor do município de Capivari, SP, que, aplicando 15 toneladas de lodo por hectare, obteve aumento do número de cortes de cinco para sete e melhora da rebrota, com redução de 50% no custo de fertilizantes e economia de 20% nos custos totais.

A bananicultura tem potencial para receber lodo de esgoto, tanto pela necessidade em nutrientes como pela área cultivada. Na cultura da banana são muito importantes todos os macronutrientes, os micronutrientes B e Zn e de menor importância são Fe, Cu e Mn (MOREIRA, 1999). Esses nutrientes são todos encontrados em lodos de esgotos, em teores suficientes para suprir a necessidade das plantas, exceto para K. No Brasil, a área cultivada com bananeiras em 2004 foi de aproximadamente 490 mil hectares, produzindo perto de 6,6 milhões de toneladas de frutas (AGRIANUAL, 2005). O cultivo comercial dessa fruteira dá-se em todo o território nacional e a região Nordeste teve a maior área de

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências Biológicas, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5 - Caixa Postal 69, Cep.13.820-000 Jaguariúna, SP.
²Ecólogo, Doutor em Ciências, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 - Caixa Postal 69, Cep.13.820-000, Jaguariúna, SP.

produção em 2004, de 183 mil hectares, seguida da região Sudeste, com 131 mil hectares; nesse ano o Estado de São Paulo foi o maior produtor nacional, com cerca de 1,1 milhão de toneladas em área de 48,8 mil hectares (AGRIANUAL, 2005). A produtividade média nacional é muito baixa e o aumento da produção está ligado ao crescimento da área cultivada, contribuindo para isso vários fatores, entre eles a baixa tecnologia de produção empregada (FIORAVANÇO, 2003).

Por isso considerou-se importante estudar os efeitos de doses de lodo de esgoto no desenvolvimento e na produtividade da cultura da bananeira, além de avaliar os efeitos na qualidade das frutas e do solo, em relação à presença de metais pesados contidos no lodo, em comparação à adubação indicada para a cultura.

Material e Métodos

O experimento desenvolveu-se na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, com bananeiras do cultivar Grande Naine, em condições de sequeiro e sem tratamentos fitossanitários. As parcelas foram adubadas convencionalmente, seguindo as recomendações para a cultura no Estado de São Paulo (TEIXEIRA et al., 1996) e com lodo de esgoto, sendo que o ensaio iniciou-se em novembro de 2000, com o plantio de mudas micropropagadas, no espaçamento de 2,0 X 2,5m. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições com 24 covas em cada parcela, testando-se doses de lodo da ETE de Barueri, SP, calculadas em função do nitrogênio disponível para as plantas e adotando o valor de 30% como o potencial de mineralização do N total durante a fase de formação da cultura.

Os tratamentos foram: adubação mineral mais esterco de curral e três doses de lodo acrescidas de potássio. As quantidades foram determinadas por análises do solo, do lodo e do esterco de curral, obtendo-se também, para os dois últimos, os teores de metais pesados (Tabela 1). O tratamento convencional recebeu, no plantio, esterco de curral (5 t.ha⁻¹, em base seca) e P (225 kg.ha⁻¹, de superfosfato simples); na fase de formação foram feitas aplicações nas linhas: uma com P (225 kg.ha⁻¹, de superfosfato simples) aos 90 dias do plantio e três com N e K (uréia e cloreto de potássio) aos 40 dias (155; 123 kg.ha⁻¹), aos 90 dias (400; 300 kg.ha⁻¹) e aos 150 dias (225; 183 kg.ha⁻¹). Nos tratamentos com lodo, esse resíduo foi aplicado no plantio, de uma só vez, e as doses, com base no material seco, foram 9, 18 e 36 toneladas de lodo por hectare, equivalentes a meia, uma e duas vezes a dose de nitrogênio recomendada no tratamento convencional, complementando-se esses tratamentos com duas aplicações de 300 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio, aos

90 e 150 dias após o plantio das mudas. Avaliaram-se crescimento das plantas, produtividades, teores de nutrientes e metais pesados nas bananas e teores de metais pesados no solo. Aos dados de crescimento e produtividade aplicaram-se análises de variância e as médias significativas foram comparadas pelo teste de Duncan. As análises de solo, do lodo e do esterco na fase pré plantio, bem como das frutas, foram realizadas pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, do Instituto Agrônomo de Campinas, SP; as análises de solo na fase pós-plantio foram realizadas pelo Laboratório de Análises de Solos, Águas e Plantas, da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Para análises das frutas foram retiradas três unidades de cada cacho, por ocasião da colheita. Essas amostras, de frutas inteiras, foram lavadas com solução de detergente neutro diluído, solução 0,1 mol L⁻¹ de HCl, água de torneira e água deionizada e em seguida foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65-70°C, até peso constante; a seguir foram moídas e armazenadas em recipientes plásticos. Para avaliação do conteúdo de metais pesados, amostras das frutas foram submetidas à digestão nítrico-perclórica e a determinação dos teores totais de metais pesados foi realizada por espectrometria de emissão atômica por indução de plasma (ICP-AES).

A amostragem de solo foi feita nas linhas da região central de cada parcela, com trado holandês, na camada de 0-20 cm de profundidade, em abril de 2002, ou seja, 30 dias após o término da emissão de cachos. A análise de fertilidade na fase de pré-plantio foi feita de acordo com o método descrito por Raij e Quaggio (1983) e na fase pós-plantio pelo método descrito por Silva et al. (1988). Os teores totais de metais pesados nas amostras de solo, de esterco e de lodo foram determinados por espectrometria de absorção atômica, após digestão nítrico-perclórica.

Resultados e Discussão

As bananeiras tiveram crescimento semelhante em todos os tratamentos (Fig. 1) não havendo diferenças significativas entre os comprimentos dos pseudocaules. As produtividades médias, respectivamente para os tratamentos convencional e lodo nas doses 9, 18 e 36 t.ha⁻¹, foram de 23,7; 28,3; 28,2 e 30,9 toneladas de cachos por hectare (Fig. 2), diferindo estatisticamente do convencional todas as doses aplicadas de lodo (Teste de Duncan P < 0,1). Esses dados mostraram que a aplicação de lodo de esgoto, em todas as doses, apresentou efeito positivo na produção de bananas, considerando que a menor dose de lodo foi a mais vantajosa na produtividade, proporcionando, em média, cerca 4,5 t.ha⁻¹ a mais que o tratamento convencional.

Tabela 1. Teores médios de nutrientes e de metais pesados totais no lodo de esgoto da ETE de Barueri, SP, e no esterco de curral.

Elemento	Unidade	Lodo	Esterco
N	g/kg	46	11
P	g/kg	14	5
K	g/kg	9	5
B	mg/kg	31	16
Ca	g/kg	24,5	8,6
Mg	g/kg	3,2	2,8
Mn	mg/kg	231	236
Fe	mg/kg	30	6
Cu	mg/kg	829	64
Zn	mg/kg	2706	187
Cd	mg/kg	10,3	0,4
Cr	mg/kg	674	11,5
Ni	mg/kg	340	3,2
Pb	mg/kg	178	12,1

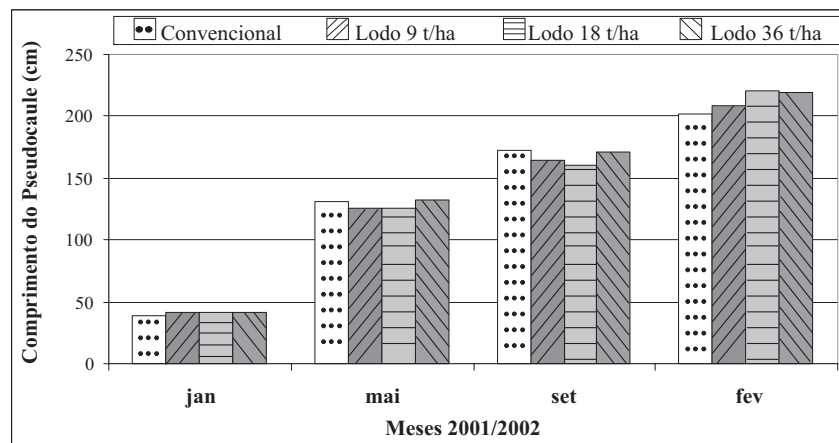


Fig. 1. Comprimento médio de pseudocaules das bananeiras no tratamento convencional e nos tratamentos com lodo, do 2º ao 15º mês do plantio, em 2001/2002. Os comprimentos dos pseudocaules não tiveram diferenças significativas entre os tratamentos a $P < 0,05$.

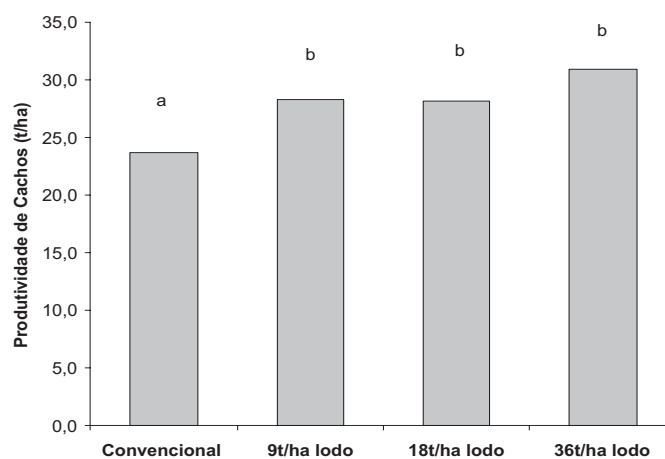


Fig. 2. Produtividades médias de bananas, em toneladas de cachos por hectare, nos tratamentos convencional e com lodo. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos – teste de Duncan $P < 0,1$

Em todos os tratamentos, as frutas apresentaram teores similares de nutrientes e metais pesados (Tabela 2). O baixo nível de Cd em frutas, observado na maior dose de lodo, possivelmente ocorreu por causa do teor mais elevado de Zn no solo desse tratamento (Tabelas 2 e 3), provocando anta-

gonismo na absorção do Cd (BERTON, 2000). Nos tratamentos com lodo as doses crescentes não provocaram aumento proporcional nas concentrações dos metais pesados em frutas.

Tabela 2. Teores médios de nutrientes e de metais pesados na matéria seca das frutas, no tratamento convencional e nos tratamentos com lodo.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	g/kg					mg/kg								
Convencional	10	1,2	19	0,5	1,4	10	28	21	4	9,8	0,1	1,7	4,1	1,4
Lodo, 9 t.ha ⁻¹	9	1,0	19	0,4	1,2	10	18	23	4	9,5	0,2	0,9	1,8	0,6
Lodo, 18 t.ha ⁻¹	9	1,1	18	0,5	1,3	11	19	19	4	9,8	0,3	1,0	1,7	1,1
Lodo, 36 t.ha ⁻¹	10	1,2	20	0,5	1,3	11	23	23	5	9,9	0,1	0,6	2,9	0,5

Não houve diferença significativa dos teores médios dos elementos entre os tratamentos a $P < 0,05$

Tabela 3. Teores médios de nutrientes e de metais pesados nos solos do tratamento convencional e dos tratamentos com lodo.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	g/kg	mg/dm ³	cmol./dm ³	mg/dm ³										
Convencional	1,1 ^a	73 ^a	63 ^a	2,6 ^a	1,2 ^a	0,2 ^a	13 ^a	44 ^a	1 ^a	3 ^a	<0,01 ^a	<0,1 ^a	0,02 ^a	3,1 ^a
Lodo, 9 t.ha ⁻¹	1,3 ^a	27 ^a	65 ^a	2,1 ^a	1,3 ^a	0,2 ^a	14 ^a	61 ^a	4 ^a	17 ^a	0,05 ^a	<0,1 ^a	1,48 ^a	3,0 ^a
Lodo, 18 t.ha ⁻¹	1,9 ^a	127 ^{ab}	56 ^a	2,5 ^a	1,3 ^a	0,3 ^a	14 ^a	125 ^b	16 ^b	62 ^b	0,18 ^b	<0,1 ^a	5,49 ^b	3,6 ^a
Lodo, 36 t.ha ⁻¹	2,6 ^a	221 ^b	57 ^a	3,6 ^a	1,3 ^a	0,3 ^a	16 ^a	179 ^c	27 ^c	110 ^c	0,31 ^c	<0,1 ^a	9,61 ^c	3,9 ^a

Valores seguidos por diferentes letras na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Duncan a $P < 0,05$.

A legislação brasileira é incompleta quanto ao estabelecimento de limites máximos de metais pesados em frutas *in natura* em geral e os que mais se aproximam no presente caso, de acordo com o Decreto 55.871/65 (BRASIL, 1965), são: para cádmio, o limite em suco de frutas é de 0,5 ppm e em "outros alimentos" é 1 ppm; para cromo, em frutas em conserva e "outros alimentos" é 0,1 ppm; para níquel, em sucos de frutas é 3 ppm e em "outros alimentos" é 5 ppm e para chumbo em frutas é 0,5 ppm. Deve ser ressaltado que os valores das concentrações dos metais apresentados na Tabela 3 são expressos em base seca da fruta, o que aumenta substancialmente o teor dos metais, uma vez que a banana apresentou em média 80% de umidade. Diante disto, apesar de falta de comparação adequada com teores críticos de metais em frutas, exceto para Pb, considerou-se que todos os tratamentos (convencional e doses de lodo) apresentaram limites satisfatórios para a presença de Cd, Ni e Pb nas bananas. Entretanto para Cr nas frutas, após a correção da umidade os valores encontrados nos tratamentos com lodo e no convencional foram superiores aos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Os valores para cromo, no entanto, não representariam perigo, uma vez que esse metal não é tão tóxico quanto o cádmio, sendo até mesmo considerado essencial para os animais (MERTZ et al., 1974). Os teores de Cr extraíveis do solo, apresentados na Tabela 3, encontram-se abaixo do limite de detecção do método analítico. Esses resultados estão de acordo com Anjos e Mattiazio (2001), que evidenciaram que o extrator DTPA tem baixa eficiência na recuperação do Cr adicionado ao solo e não apresenta uma boa correlação com os teores encontrados no tecido da planta de milho.

No solo, 17 meses após o plantio, os teores de P no tratamento com 36 t.ha⁻¹ de lodo superou o do convencional, mas os demais macronutrientes tiveram teores similares entre os tratamentos. Nos tratamentos com lodo, os metais pesados cujos teores no solo superaram o convencional foram Fe, Cu, Zn, Cd e Ni, nas doses de 18 e 36 t.ha⁻¹ (Tabela 3). Entretanto, em todos os tratamentos os teores de metais no solo estiveram abaixo dos valores de alerta para o Estado de São Paulo, que são, em mg/kg, 60 para Cu, 300 para Zn, 3 para Cd, 75 para Cr, 30 para Ni e 100 para Pb, e até mesmo abaixo das concentrações máximas permitidas em diversos países europeus (CETESB, 2001).

Conclusões

- O crescimento das bananeiras foi semelhante em todos os tratamentos.
- O lodo de esgoto, em todas as doses, favoreceu a produtividade de bananas.
- A produtividade de bananas não aumentou proporcionalmente às doses crescentes de lodo de esgoto.
- A produtividade de bananas na menor dose de lodo (9 t.ha⁻¹) superou a adubação convencional em 4,5 t.ha⁻¹, sendo esta considerada a melhor dose do ponto de vista econômico e ambiental.

- Em todos os tratamentos as frutas apresentaram teores de Cu, Zn, Cd, Ni e Pb abaixo dos limites máximos permitidos.

- Os teores de metais pesados no solo estiveram abaixo dos valores de alerta para o Estado de São Paulo e das concentrações máximas permitidas em diversos países, em todos os tratamentos.

Referências

- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Water quality and pond soil AGRIFANUAL 2006: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2005. 504 p.
- ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. extratores para Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em latossolos tratados com biossólido e cultivados com milho. Scientia Agrícola, v. 58, n. 2, p. 337-344, 2001.
- BERTON, R. S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). Impacto do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 259-268.
- BRASIL. Decreto nº 55871/65. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 abr. 1965. Disponível em: <<http://legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=16063&word>> . Acesso em: 12 dez. 2007.
- CETESB. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, 2001. 245 p. (CETESB. Série Relatórios Ambientais).
- CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res06/res37506.pdf>> . Acesso em: 26 jun. 2007.
- FIORAVANÇO, J. C. Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. Informações Econômicas, v. 33, n. 10, p. 15-27, 2003.
- MERTZ, W.; TOEPFER, E. W.; ROGINSKY, E. E.; POLANSKY, M. M. Present knowledge of the role of chromium. Federal Proceedings, v. 33, p. 2275-2280, 1974.
- MOREIRA, R. S. Banana: teoria e prática de cultivo. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1999. CD-ROM.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Métodos de análises de solos para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agrônomico, 1983. 31 p. (IAC. Boletim Técnico, 81).
- SILVA, F. C. da; EIRA, P. A. da; BARRETO, W. de O.; PEREZ, D. V.; SILVA, C. A. Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo: métodos usados na Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1988. 40 p. (Embrapa Solos. Documentos, 3)
- SUGIMOTO, L. Tratamento com lodo de esgoto faz nascer 'oásis' em área desértica. 2005. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/outubro2005/ju3...> . Acesso em: 19 jun. 2007.
- TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, P. R. Banana. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomico: Fundação IAC, 1996. p. 131-132. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- VIEIRA, C. L. Distrito Federal transforma em fertilizante 400 toneladas diárias de lodo de esgoto. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/04/12/materia.2007-...>> . Acesso em: 19 jun. 2007.
- YONEYA, F. Lodo é opção barata de fertilizante. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/materia_impresao.php?mat...> . Acesso em: 19 jun. 2007.

Comunicado Técnico, 45

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Meio Ambiente
Endereço: Rodovia SP 340 km 127,5
 Caixa Postal 69, Tanquinho Velho
 13.820-000 Jaguariúna/SP
Fone: (19) 3311-2700
Fax: (19) 3311-2640
E-mail: sac@cpnma.embrapa.br

1ª edição eletrônica
 2008

Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: *Ariovaldo Luchiar Jr.*
Secretária-Executiva: *Luiz Antonio Silveira Melo.*
Secretário: *Sandro Freitas Nunes.*
Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme.*
Membros: *Heloisa Ferreira Filizola, Ladislau Araújo Skorupa, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson*

Expediente

Tratamento das ilustrações: *Alexandre R. da Conceição*
Editadora eletrônica: *Alexandre R. da Conceição*