



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D.
ALTERNATIVA AGRONÔMICA PARA O BIOSSÓLIDO PRODUZIDO NO DISTRITO FEDERAL. II -
ASPECTOS QUALITATIVOS, ECONÔMICOS E PRÁTICOS DE SEU USO
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 26, núm. 2, 2002, pp. 497-503
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218325025>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ALTERNATIVA AGRONÔMICA PARA O BIOSSÓLIDO PRODUZIDO NO DISTRITO FEDERAL. II – ASPECTOS QUALITATIVOS, ECONÔMICOS E PRÁTICOS DE SEU USO⁽¹⁾

J. E. SILVA⁽²⁾, D. V. S. RESCK⁽²⁾ & R. D. SHARMA⁽²⁾

RESUMO

A utilização agronômica do biossólido tem sido vista como a forma mais viável para sua disposição; entretanto, além do conhecimento técnico de suas propriedades como fertilizante, aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso são importantes para o produtor. O biossólido produzido pela Companhia de Saneamento de Brasília (CAESB) apresentou uma grande variabilidade entre as concentrações dos nutrientes a cada amostra coletada mensalmente no período entre agosto/1995 e julho/1996 e entre as estações de tratamento de origem do material. A variabilidade, maior para os macronutrientes (Ca, N, P, K, Mg e S) e menor para os micronutrientes e metais pesados, determina a necessidade de ajuste no cálculo das quantidades do material a cada aplicação. Apesar de fornecido gratuitamente, os usuários pagam pelo transporte do biossólido, o qual, pelo seu elevado conteúdo de água, só é viável até determinada distância. Nas condições deste trabalho, a distância máxima foi de 122 km. A simulação de secagem do produto mostrou que, reduzindo o conteúdo de água da pasta de 90 dag kg⁻¹ para 70 dag kg⁻¹, a distância de transporte aumenta de 122 para 365 km, ampliando a área de abrangência de seu uso. A aplicação de 54 t ha⁻¹ de biossólido úmido (90 dag kg⁻¹) apresentou a melhor relação benefício/custo (retorno de R\$ 1,12 para cada R\$ 1,00 investido no material), comparada às demais aplicações e às adubações com fertilizantes minerais (todas com retornos abaixo de R\$ 1,00 para cada R\$ 1,00 investido; a maior dose de biossólido teve retorno negativo). Embora tenha apresentado melhor desempenho comparativo, o que pode qualificá-la, preliminarmente, como dose para recomendação, a aplicação de 54 t ha⁻¹ de biossólido úmido requer a movimentação e manipulação de um grande volume de material, o que pode ser um fator de limitação de seu uso.

Termos de indexação: lodo de esgoto, biossólido, nutrientes, transporte, aspectos econômicos.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em fevereiro de 2000 e aprovado em fevereiro de 2002.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo da Embrapa Cerrado. Rod. BR 020, Km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF). E-mail: jesilva@cpac.embrapa.br

SUMMARY: *AGRONOMIC ALTERNATIVE USE FOR THE BIOSOLID GENERATED IN THE FEDERAL DISTRICT. II – QUALITATIVE, ECONOMIC AND PRACTICAL ASPECTS OF ITS USE*

The agronomic use of biosolid is considered an adequate alternative to its disposal and, although a technical knowledge about its fertilizing properties is already available, information on its qualitative, economical and practical aspects for its use on the field is also needed. The biosolid produced by the “Companhia de Saneamento de Brasília” (CAESB) showed an appreciable variability in nutrient concentration among each monthly sampling from August, 1995 to July, 1996 and among the sludge treatment plants (ETEs) where the biosolid is generated. The variability, which is higher for macronutrients (Ca, N, P, K, Mg and S) and lower for micronutrients and heavy metals, requires a dosage adjustment at each application. The biosolid is available to users free of charge but there is a transportation fee, which, due to the biosolid's high water content, is viable only up to certain distance; within the conditions of this study, the maximum distance was 122 kilometers. By simulation, a reduction of the water content from 90 dag kg⁻¹ to 70 dag kg⁻¹ increased the distance of transportation from 112 to 365 kilometers, expanding the potential area of utilization. The field application of 54 t ha⁻¹ of biosolid (90 dag kg⁻¹ of water) showed the highest benefit/cost ratio (R\$ 1.12 of return for each R\$ 1.00 invested) when compared to the other biosolid and mineral fertilizer applications (all of them with returns below R\$ 1.00 for each R\$ 1.00 invested; the highest dose of biosolid showed a negative return). Besides its best comparative performance, which can qualify it as a preliminary dose for recommendation, the application of 54 t ha⁻¹ of biosolid (90 dag kg⁻¹ of water) requires transportation and manipulation of a large volume of material, which can be a limiting factor to its use.

Index terms: sewage sludge, biosolid, nutrients, transportation, economic aspects.

INTRODUÇÃO

O biossólido, produto resultante do tratamento do esgoto, acumula-se nos pátios das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), localizadas em áreas urbanas, ocupando espaço, nem sempre disponível, e elevando o custo de operação dessas unidades pelo armazenamento do material. Além disso, por ação da chuva, o material acumulado pode escorrer para os cursos de água, causando sua poluição e anulando o efeito inicial pretendido pelo tratamento dos esgotos urbanos. Daí, a necessidade de encontrar alternativas viáveis do ponto de vista social, econômico e ambiental para sua reciclagem, tornando-o um produto útil à sociedade.

Dentre as alternativas de reciclagem do biossólido, a utilização agrícola como fonte de nutrientes mostrou-se viável para várias culturas (Crohn, 1996; Biscaia & Miranda, 1996; Lourenço et al., 1996; Brown et al., 1997; Deschamps & Favaretto, 1997; Ozores-Hampton et al., 1997; Sloan et al., 1997), inclusive para o milho cultivado em solo de cerrado (Silva et al., 1997; Silva et al., 2001). Há, entretanto, algumas dúvidas por parte dos produtores quanto à utilização do biossólido relativas à estabilidade das concentrações de seus nutrientes e, ao custo do produto em relação aos fertilizantes convencionais.

Até o presente, em Brasília, o biossólido é fornecido gratuitamente pela processadora de esgoto, a Companhia de Saneamento de Brasília. Aos

produtores, cabe apenas o pagamento do frete de transporte entre a usina de produção e a propriedade. Deve-se considerar que o material oferecido pelas usinas processadoras apresenta elevado conteúdo de água, requerendo a aplicação de grandes quantidades para produzir a equivalência aos fertilizantes comerciais no suprimento de nutrientes.

Por se tratar de um produto de utilização recente na agricultura, ainda não há um estudo completo de avaliação econômica da aplicação do biossólido, tornando-se importante para o produtor conhecer pelo menos a vantagem ou a relação benefício/custo do uso do biossólido comparado ao fertilizante comercial na produção das culturas, por exemplo, milho, tendo de pagar apenas pelo frete.

Para responder a esses questionamentos, neste trabalho, são discutidos a variabilidade das concentrações dos nutrientes na pasta de lodo de esgoto no período de um ano, o efeito da redução do conteúdo de água do produto na ampliação da área de abrangência de uso e a relação benefício/custo da sua aplicação na produção de milho com base nos resultados obtidos por Silva et al. (2001).

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da variabilidade da concentração dos nutrientes no biossólido foi realizada pela análise de amostras do material colhido mensalmente nas

ETEs Sul e Norte, do Plano Piloto de Brasília, no período entre agosto/95 e julho/96. As análises foram feitas conforme os procedimentos descritos em EMBRAPA (1997).

Para estabelecer alguns parâmetros que pudessem fornecer indicativos numéricos da utilização do material, determinou-se o valor agregado ao biofóssido apenas pelas quantidades de fósforo e nitrogênio, contidas em uma massa de 12 t de lodo úmido (90 dag kg⁻¹ de água), comparando-o ao frete em uma caçamba de 12 t de capacidade de carga.

A distância máxima de transporte do biofóssido úmido (90 dag kg⁻¹ de água) foi calculada pela equação 1, desenvolvida empiricamente, a partir da premissa de que, para que haja vantagem de uso, o valor total dos nutrientes fósforo e nitrogênio contidos em uma definida massa do material deve ser igual ou superior ao custo do frete para o seu transporte entre a usina geradora e o local de aplicação:

$$X \leq (P_N \cdot Q_N + P_{P_2O_5} \cdot Q_{P_2O_5}) / (2 \cdot C_{km}) \quad (\text{Eq. 1})$$

em que X = distância em quilômetros entre o terminal de carregamento e o local de descarga do biofóssido; P_N e Q_N, são, respectivamente, preço da tonelada de N e quantidade de N (em toneladas); P_{P₂O₅} e Q_{P₂O₅}, idem para P₂O₅; C_{km} é o custo do quilômetro rodado pago aos transportadores. No presente caso, o custo do frete de uma caçamba com capacidade de 12 t foi de R\$ 0,50/km; como o retorno também é pago pelo usuário, multiplicou-se C_{km} por 2 na equação 1. Os preços de N e P₂O₅, estimados a partir dos preços de suas fontes comerciais, uréia e superfosfato triplo, foram, respectivamente, de R\$ 844,00 t⁻¹ e R\$ 1175,00 t⁻¹.

As quantidades dos nutrientes foram calculadas, multiplicando-se a concentração de cada um deles pela massa do material transportado. As concentrações de N e P₂O₅ determinadas em amostras do material seco com 10 dag kg⁻¹ de água (EMBRAPA, 1997) atingiram 53,5 g kg⁻¹ e 40,07 g kg⁻¹, respectivamente. A partir desses valores, calcularam-se as concentrações dos nutrientes na massa de biofóssido a 90 dag kg⁻¹ de água por meio da equação C₁ = C₂/F (derivada de C₁M₁ = C₂M₂), em que C₁ é a concentração a 90 dag kg⁻¹ de água, C₂, concentração a 10 dag kg⁻¹ de água e F, o coeficiente de redução de massa. O coeficiente F é igual à relação M₁/M₂, sendo M₁ a massa do biofóssido no maior conteúdo de água (90 dag kg⁻¹) e M₂, no menor (10 dag kg⁻¹). No processo de secagem do biofóssido, o conteúdo de água reduziu de 90 dag kg⁻¹ para 10 dag kg⁻¹ e o valor de F, determinado em cinco amostras, foi igual a 8,87 ± 0,59. Para facilidade de cálculo, o valor foi arredondado para 9,0. As demais concentrações mostradas no quadro 2 foram calculadas pela fórmula C₂ = C₁F, em que C₁ representa a concentração do nutriente na massa do biofóssido com 90 dag kg⁻¹ de água e F, o coeficiente de redução de massa simulado para valores 3, 5 e 7.

O efeito da secagem do biofóssido na ampliação da área de abrangência de uso foi feito por meio da equação 1 para determinar as distâncias máximas de transporte, cujos fretes poderiam ser cobertos pela soma dos valores de N e P₂O₅ contidos na massa do lodo de esgoto com diferentes conteúdos de água.

A análise da relação benefício/custo de utilização do biofóssido foi baseada nos resultados de Silva et al. (2001), considerando apenas os custos dos fertilizantes e do biofóssido. O custo dos insumos (colocados na propriedade) foi extraído dos Boletins de Inventário do Setor de Patrimônio e Compras da Embrapa Cerrados, Planaltina (DF). No caso do biofóssido, foi computado apenas o custo do frete obtido junto aos transportadores que oferecem esses serviços; na época, o quilômetro rodado custava R\$ 0,50 (cinquenta centavos), com a mesma taxa para o retorno.

A receita bruta da produção do milho foi obtida, multiplicando-se a produção de cada ano e em cada nível de insumos pelo preço pago ao produtor no mês de junho do ano de referência, de acordo com Preços Agrícolas (1999). Os demais fatores, como plantio, tratos culturais e colheita, foram considerados constantes em todos os tratamentos.

No primeiro ano, para calcular o custo total dos insumos, foram somados os custos do calcário, P₂O₅, N e K₂O aplicados; nos anos subsequentes, apenas N e K₂O, pois não houve aplicação de outros insumos. Os custos dos fertilizantes, de acordo com os Boletins de Inventário do Setor de Patrimônio e Material da Embrapa Cerrados, foram, em 1995, de: calcário – R\$ 10,00 t⁻¹; superfosfato triplo – R\$ 470,00 t⁻¹; uréia – R\$ 380,00 t⁻¹; cloreto de potássio – R\$ 250,00 t⁻¹; os preços da uréia e cloreto de potássio foram, respectivamente, em 1996: R\$ 410,00 t⁻¹ e R\$ 310,00 t⁻¹ e 1997: R\$ 370,00 t⁻¹ e R\$ 290,00 t⁻¹. Os custos de aplicação do lodo e do calcário foram estimados em R\$ 10,00 ha⁻¹, para cada operação. Todas as parcelas (inclusive a testemunha) foram trabalhadas com arado de disco para incorporação do calcário e biofóssido, razão por que não foi considerado o custo dessa operação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade da concentração dos nutrientes no biofóssido

As concentrações dos nutrientes no biofóssido variaram entre as amostras coletadas mês a mês (Quadro 1). Dentre os macronutrientes, o Ca apresentou a maior amplitude de variação (média das duas ETes), seguido, em ordem decrescente, pelo K, S, N, P e Mg. Dentre os micronutrientes, a maior amplitude de variação foi apresentada pelo Mn, seguido do Fe, Zn e Cu. Como a coleta foi realizada apenas num período de 12 meses, não foi possível

estabelecer um padrão de comportamento de variação das concentrações. Ao que tudo indica, as variações ocorrem diariamente, o que torna difícil garantir o teor dos nutrientes contidos em uma massa do biossólido transportada pelo produtor.

Por esse motivo, as doses recomendadas podem não reproduzir os resultados obtidos experimentalmente. É importante ressaltar que cada massa ou volume do material coletado em determinado dia poderá conter teores de nutrientes diferentes dos apresentados no quadro 1, o que poderá alterar as respostas das culturas. Para resolver esse problema, o ideal seria realizar o cálculo das doses a serem aplicadas com base na análise do conteúdo dos nutrientes no biossólido; problemas operacionais e econômicos inviabilizam esta alternativa, sendo mais prático calcular a dose, usando-se a média das concentrações dos nutrientes ao longo do ano.

A amostragem realizada neste trabalho cobriu o período de apenas 12 meses, o que é insuficiente para verificar os padrões sazonais nas concentrações dos nutrientes. Para isso, seria interessante que o trabalho de monitoramento dessas concentrações fosse retomado de forma contínua, em frequência mensal, para a geração de uma base de dados e constituição de uma série histórica para o estudo de tendências e suas possíveis relações com as

mudanças no comportamento urbano. Na figura 1, está mostrada a variação das concentrações de N, P e K no biossólido durante 12 meses.

Conteúdo de água, valor e transporte do biossólido

O elevado conteúdo de água na pasta do biossólido (90 a 95 dag kg⁻¹) que é oferecida aos produtores requer que altas doses sejam aplicadas para obter equivalência aos fertilizantes comerciais. O transporte de grande volume de material gera um custo elevado a ser pago pelo produtor, o que pode limitar a utilização do biossólido. Resolvendo a equação 1, tomando como exemplos apenas o N e o P₂O₅ contidos em uma massa de 12 t de biossólido, verifica-se que a soma dos valores desses nutrientes supera o custo do frete até uma distância máxima de 122 km:

$$X \leq (844,00 \times 0,071 + 1175,00 \times 0,053) / (2 \times 0,50) = 122 \text{ km}$$

Além de 122 km, o frete do biossólido úmido (90 dag kg⁻¹ de água) torna-se maior que o valor de N e P₂O₅ contidos no biossólido. No caso de Brasília, a abrangência de um círculo de 122 km de raio a partir das ETE's cobre todo o Distrito Federal e algumas áreas adjacentes de outros estados, o que, pelo menos nesse aspecto, torna o biossólido um

Quadro 1. Concentração dos nutrientes no biossólido, no período de um ano de coleta mensal de amostras nas ETE-Norte e ETE-Sul

Elemento	Origem	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de variação	Máximo	Mínimo
N (g kg ⁻¹)	ETE-Norte	53,9	10,1	18,70	73,4	42,4
	ETE-Sul	55,6	7,8	14,03	73,0	47,8
P (g kg ⁻¹)	ETE-Norte	20,5	3,9	18,28	27,9	14,8
	ETE-Sul	21,4	2,1	10,01	24,4	17,2
K (g kg ⁻¹)	ETE-Norte	3,7	1,2	33,45	6,2	1,8
	ETE-Sul	3,5	0,7	19,19	4,4	2,0
Ca (g kg ⁻¹)	ETE-Norte	32,0	12,9	40,33	53,7	12,5
	ETE-Sul	29,8	9,5	31,89	45,9	16,6
Mg (g kg ⁻¹)	ETE-Norte	3,9	0,5	13,13	4,7	3,1
	ETE-Sul	4,2	0,5	12,95	5,0	3,2
S (g kg ⁻¹)	ETE-Norte	5,2	1,2	23,63	8,0	3,8
	ETE-Sul	5,2	1,2	23,77	7,3	3,5
Cu (µg g ⁻¹)	ETE-Norte	189,17	13,13	6,94	208,00	170,00
	ETE-Sul	175,00	24,97	14,27	223,00	145,00
Fe (µg g ⁻¹)	ETE-Norte	16.325,58	2.372,46	14,53	23.472,00	14.568,00
	ETE-Sul	18.428,08	2.386,24	12,95	23.118,00	15.457,00
Mn (µg g ⁻¹)	ETE-Norte	80,58	11,50	14,27	96,00	60,00
	ETE-Sul	84,25	13,13	15,58	106,00	67,00
Zn (µg g ⁻¹)	ETE-Norte	975,67	102,15	10,47	1.159,00	847,00
	ETE-Sul	685,50	78,73	11,48	854,00	557,00

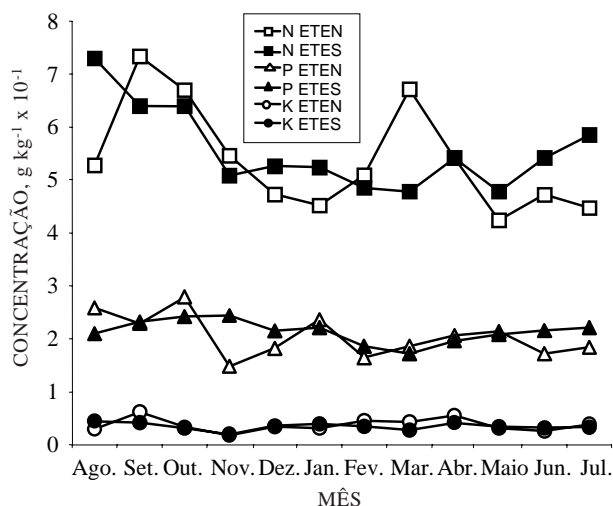


Figura 1. Variação na concentração de N, P e K no biossólido das ETES Norte e Sul.

insumo com potencial para uso agrícola. A vantagem inicial do biossólido, enquanto fertilizante, é limitada pela distância de transporte do material entre a usina fornecedora e o local de aplicação.

Uma das possibilidades para aumentar a área de abrangência de uso do biossólido é promover a remoção do excesso de água. A simulação de secagem do material (Quadro 2) mostra que a redução do conteúdo de água acarreta diminuição do volume ou massa da pasta de biossólido e aumento dos teores dos nutrientes.

Os benefícios da secagem do material podem ser demonstrados aplicando-se a equação 1 a uma mesma massa de biossólido com conteúdos decrescentes de água. Conseqüentemente, para um mesmo volume de carga, transportam-se muito mais nutrientes, viabilizando o frete a áreas mais distantes (Quadro 3).

Quadro 2. Simulação da secagem do biossólido e aumento da concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P_2O_5)

Conteúdo de água na pasta do biossólido	Coeficiente de redução de massa ⁽¹⁾	Concentração	
		N	P_2O_5
dag kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
90	1	5,94	4,45
70	3	17,83	13,35
50	5	29,72	22,26
30	7	41,61	31,16
10	9	53,50	40,07

⁽¹⁾ Valor pelo qual se deve dividir a massa do biossólido a 90 dag kg⁻¹ para obter a massa correspondente após a secagem a um novo conteúdo de água.

Verifica-se que, reduzindo o conteúdo de água de 90 para 70 dag kg⁻¹, a distância máxima a que o biossólido pode ser transportado pelo valor do frete aumenta de 122 para 365 quilômetros, aumentando em três vezes o raio da área de abrangência de seu uso. Embora sejam produtos de simulação, esses resultados mostram as possibilidades de ampliação do mercado do biossólido, pois o material com menor conteúdo de água pode ser mais atrativo para os produtores. Além disso, reduzem-se os riscos de vazamentos, escorrimientos e contaminação de vias públicas durante o transporte do material.

Entretanto, deve-se considerar que a desidratação por secagem, prensagem ou outro processo qualquer consome energia e, portanto, criará um custo adicional ao produto, o que poderá inviabilizar seu fornecimento gratuito.

Quadro 3. Simulação da distância de transporte do biossólido com diferentes conteúdos de água em caçamba de 12 t de capacidade

Teor de água do biossólido	Massa de nutriente transportada		Valor do nutriente na massa transportada		Valor total de N e P_2O_5	Distância máxima da fonte
	N	P_2O_5	N ¹	P_2O_5 ⁽¹⁾		
dag kg ⁻¹	t		RS			km
90	0,071	0,053	59,92	62,27	122,19	122
70	0,210	0,160	177,24	188,00	365,24	365
50	0,350	0,270	295,40	317,25	612,65	612
30	0,500	0,370	422,00	434,75	856,75	856
10	0,642	0,480	541,85	564,00	1.105,00	1.105

⁽¹⁾ Custo dos fertilizantes: N = R\$ 844,00/t e P_2O_5 = R\$ 1.175,00/t.

Relação benefício/custo da aplicação experimental do biofóssido na produção de milho

Tomando como base o efeito residual sobre a cultura do milho, observado durante o período experimental (Silva et al., 2001), determinaram-se o custo de produção (com a utilização do biofóssido e fertilizantes N, P₂O₅ e K₂O) e o valor da receita bruta da colheita de milho totalizados para os três anos. A produção total e a relação benefício/custo estão apresentadas no quadro 4.

A relação benefício/custo indica o retorno de cada real aplicado no biofóssido, nos fertilizantes e no calcário usados no cultivo de milho. Dessa forma, observa-se que, no grupo da adubação mineral completa, houve um retorno de R\$ 0,56 por real aplicado nos dois primeiros tratamentos (SFT1 e SFT2) e de apenas R\$ 0,34 no tratamento SFT3. No grupo da aplicação do lodo, houve um retorno de R\$ 1,12 por real investido no tratamento LEB1 (54 t ha⁻¹), decrescendo para R\$ 0,24 no tratamento LEB2 (108 t ha⁻¹) e com prejuízo (retorno negativo) de R\$ 0,10 no tratamento LEB3 (216 t ha⁻¹) para cada real aplicado no biofóssido. Verifica-se, portanto, que, embora a produção física tenha aumentado com o aumento da dose de biofóssido de 54 para 216 t ha⁻¹, a análise da relação benefício/custo mostra que doses muito elevadas podem não ser economicamente vantajosas, até mesmo com o benefício do efeito residual.

Os resultados obtidos com a dose de 54 t ha⁻¹ de biofóssido úmido, após os três anos sem outra aplicação, evidenciam o potencial do material na produção de milho, entretanto, mesmo na menor dose, a quantidade é muito elevada e, provavelmente, não exequível para áreas muito extensas, dificultando sua adoção por grandes produtores. Apesar disso, ela constitui um parâmetro técnico de melhor referência, haja vista a grande disparidade das doses usadas pelos produtores. Doses menores

poderão ser mais convenientes para o agricultor, mas, para tanto, há necessidade de um refinamento na determinação da recomendação, inclusive para obter melhor indicação quanto à economicidade de utilização do material.

Para exemplificar o potencial de utilização do biofóssido, a aplicação de 54 t ha⁻¹ em toda a área cultivada com milho (23.473 ha) no Distrito Federal na safra 1998/1999 requereria aproximadamente 16 anos da produção diária do biofóssido verde (200 t dia⁻¹).

CONCLUSÕES

1. Os teores dos nutrientes no biofóssido da CAESB apresentaram variação no período de 12 meses, sendo as maiores alterações observadas para o Ca, seguido do K, N, S, P e Mg.

2. Na forma em que é fornecido aos agricultores, o biofóssido tem o seu uso limitado pelo custo do frete; no caso do biofóssido da CAESB, o transporte só é vantajoso em uma área limitada por um círculo de raio máximo de 122 km a partir da Estação de Tratamento.

3. A secagem ou redução do conteúdo de água do biofóssido pode contribuir para expandir a área de abrangência de seu uso.

4. A aplicação de 54 t ha⁻¹ de biofóssido úmido (90 dag kg⁻¹) apresentou a melhor relação benefício/custo (retorno de R\$ 1,12 para cada R\$ 1,00 investido no material), comparada às demais aplicações e às adubações com fertilizantes minerais, todas com retornos abaixo de R\$ 1,00 para cada R\$ 1,00 investido, apresentando a maior dose de biofóssido retorno negativo.

Quadro 4. Relação benefício/custo da aplicação do lodo na produção de milho durante três anos, para uma distância de transporte de 122 km

Tratamento	Nível de P ₂ O ₅	Produção total	Receita bruta ⁽¹⁾	Custo do insumo ⁽²⁾	Relação benefício/custo
	kg ha ⁻¹	kg	R\$		
TEST	0	6.711	1.116,05	-	-
SFT1	115	11.652	1.922,85	515,91	1,56
SFT2	230	12.870	2.132,31	650,78	1,56
SFT3	460	14.184	2.347,20	920,78	1,34
LEB1 (54 t ha ⁻¹)	240	14.086	2.278,73	549,00	2,12
LEB2 (108 t ha ⁻¹)	480	15.276	2.473,73	1.098,00	1,24
LEB3 (216 t ha ⁻¹)	960	19.046	3.090,58	2.196,00	0,90

⁽¹⁾ Preços da saca de 60 kg de milho, no mês de junho dos anos 1996, 1997 e 1998 foram extraídos de: Preços Agrícolas, 1999.

⁽²⁾ Custos: os custos dos fertilizantes foram fornecidos pelo Setor de Patrimônio e Material da Embrapa Cerrados.

5. Embora tenha apresentado melhor desempenho comparativo, o que a qualifica como referência técnica preliminar de recomendação, a aplicação de 54 t ha⁻¹ de bio sólido úmido requer a movimentação e a manipulação de um grande volume de material, o que pode ser um fator de limitação de uso.

LITERATURA CITADA

- BISCAIA, R.C.M. & MIRANDA, G.M. Uso do lodo de esgoto calado na produção de milho. *Sanare*, 5:86-89, 1996.
- BROWN, S.; ANGLE, J.S. & CHANEY, R.L. Correction of limed biosolid induced manganese deficiency on a long term field experiment. *J. Environ. Qual.*, 26:1375-1384, 1997.
- CROHN, D.M. Planning biosolids land application rates for agricultural systems. *J. Environ. Eng.*, 122:1058-1066, 1996.
- DESCHAMPS, C. & FAVARETTO, N. Efeito do lodo complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura de feijoeiro e do girassol. *Sanare*, 8:33-38, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo, 2.ed., Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA – CNPS, Documentos 1)
- LOURENÇO, R.S.; ANJOS, A.R.M.; LIBARDI, P.L. & MEDRADO, M.J.S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da Bracatinga. *Sanare*, 5: 90-92, 1996.
- OZORES-HAMPTON, M.; HANLON, E.; BRIAN, H. & SCHAFFER, B. Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentrations in tomato and squash grown in MSW compost-amended calcareous soil. *Compost Sci. Util.*, 5:40-45, 1997.
- PREÇOS agrícolas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1999. 40p (Caderno de estatística, 150)
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. & FEITOZA, L. Utilização do lodo de esgoto como fonte de fósforo e nitrogênio para o milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD ROM.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o bio sólido da CAESB: I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:487-495, 2002.
- SLOAN, J.J.; DOWDY, R.H.; DOLAN, M.S. & LINDEN, D.R. Long term effects of biosolids applications on heavy metal bioavailability in agricultural soils. *J. Environ. Qual.*, 26:966-975, 1997.

