

VIABILIDADE ENERGÉTICA DO USO DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

Núria Rosa Gagliardi QUINTANA¹, Osmar de Carvalho BUENO¹

Resumo

O lodo de esgoto, subproduto do tratamento de esgotos, apresenta quantidade de matéria orgânica e macro e micronutrientes capaz de beneficiar o desenvolvimento da vegetação e a recuperação de solos. Além disso, este biofertilizante utilizado em substituição parcial ao fertilizante mineral diminuiria os custos da fertilização. Assim, além das implicações ambientais e econômicas, os ganhos energéticos trazidos pela aplicação do lodo de esgoto podem ser um caminho para balanços positivos na produção agrícola. Dessa forma, este trabalho analisa o estado da arte dos estudos em reciclagem agrícola do lodo de esgoto apontando-o como possível ferramenta de sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Palavras- chave: lodo de esgoto, crise energética, balanço energético, sustentabilidade.

Abstract

Energetic viability of sewage sludge use in agriculture

Agriculture, like any economic activity, suffers the current energy crisis. It's happen because agricultural systems must be energy sustainable. Several investigators argue reduction of fossil energy input related to fertilizer application for to increase the energy efficiency of agriculture. In fact, the energy expenditure of various cultures indicates high energy consumption of a nonrenewable resource, such as chemical fertilizers. The agricultural application of sewage sludge is well regarded by some producers, because this by-product presents organic matter, macro and micronutrients that can benefit the development of vegetation and soil reclamation. Additionally, this biofertilizer used in partial substitution of mineral fertilizer would decrease the cost of fertilization. So, in addition to environmental and economic gains energy brought by the application of sewage sludge can be a path to positive balances in agricultural production. Thus, this paper examines state of art in agricultural recycling of sewage sludge pointing it as a possible tool for sustainable agricultural systems.

Key words: sewage sludge, energy crisis, energetic balance, sustainability.

¹Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

INTRODUÇÃO

Os estudos com lodo de esgoto, subproduto gerado nas estações de tratamento de esgotos urbanos indicam que ele possui alguns nutrientes essenciais às plantas, é rico em matéria orgânica, e atua como um condicionador do solo, melhorando sua estrutura (BARBOSA & TAVARES FILHO, 2006).

O uso de áreas agrícolas para disposição do lodo de esgoto caracteriza uma boa alternativa, não só no aspecto ambiental, mas também na diminuição de custos e garantia de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que se tornarão cada vez mais escassos no futuro (GONÇALVES, 2005).

Contudo, estudos acerca do potencial deste resíduo na redução de uso do petróleo necessário à produção dos fertilizantes industriais ainda não é explorado.

Acredita-se que essa análise em breve far-se-á necessária, pois a utilização de balanços de energia será um importante instrumento de definição de novas técnicas e manejos agropecuários na medida em que proporcionar economia de energia com

conseqüente aumento de eficiência e redução de custo de produção. (CAMPOS & CAMPOS, 2004).

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo analisar as pesquisas relacionadas com a reciclagem agrícola do lodo de esgoto e em seguida mostrar que este biofertilizante pode configurar como possível ferramenta de sustentabilidade em balanços energéticos positivos dos agroecossistemas.

CRISE ENERGÉTICA

A disponibilidade de energia a baixo custo permitiu difundir o emprego de novas técnicas tais como maquinarias, fertilizantes e pesticidas, que possibilitaram o alcance de altos níveis de rendimentos. No entanto, todo aumento de produtividade, veio acompanhado de um aumento no consumo de energia direta e indireta (COSTANTINI, 1982).

Com o crescente consumo de energia em todos os setores, tornou-se notória a extrema dependência da sociedade moderna em relação ao petróleo como fonte principal de energia (MORATELLI & BAILO, 2006).

O maior problema decorrente da crise energética é a necessidade de aumento na produtividade conciliada com redução no consumo de combustíveis fósseis e seus derivados (COSTANTINI, 1982).

Panesar & Fluck (1993) afirmam que a energia é um dos principais fatores de produção agrícola. De fato, a agricultura tem-se caracterizado pelo elevado consumo de derivados do petróleo e de recursos não-renováveis. Nesse contexto, a produção primária vem se tornando cada vez mais vulnerável e dependente das indústrias produtoras de insumos e processadoras da produção (CAMPOS, 2001).

CLASSIFICAÇÃO DA ENERGIA

A FAO (1976) classifica os recursos energéticos em renováveis: produtos resultantes da atividade fotossintética; e não-renováveis: caracterizados pelos combustíveis fósseis.

Para Junqueira et al. (1982), a energia consumida na agricultura é classificada em: a) energia não utilizada diretamente no processo produtivo: energia gasta pelo trabalhador rural para seu bem-estar e nos trabalhos pós-

colheita; b) energia utilizada diretamente no processo produtivo, mas não convertida em energia do produto final: é utilizada em operações agrícolas que tornam a produção possível ou mais eficiente, mas, que não fazem parte do produto final; e c) energia convertida em produto final: energia gasta na manutenção e no crescimento de animais e plantas ou que será armazenada na forma de alimento ou de material combustível.

Carmo et al. (1988) classificaram a energia de acordo com sua origem, nas categorias Biológica (energia humana, animal, resíduos de animais e da agroindústria, sementes, mudas, alimentos para animais, adubação verde e cobertura morta), Fóssil (produtos e subprodutos do petróleo, incluindo, adubos químicos e agrotóxicos); e “Industrial” (máquinas e equipamentos agrícolas à tração mecânica e animal e a energia elétrica).

Comitre (1993) propôs divisão semelhante, tendo duas grandes matrizes de energia: Direta e Indireta. Na energia Direta consideraram-se as subdivisões: biológica, elétrica e fóssil. A Energia Indireta enquadra a energia industrial, composta por máquinas,

calcário, adubo formulado, inseticida e herbicida.

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

A análise energética complementa, juntamente com outras abordagens, estudos mais aprofundados sobre os agroecossistemas, principalmente no tocante à sustentabilidade (BUENO, 2002).

Seu objetivo principal é traduzir em equivalentes energéticos, os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando assim, a construção de indicadores que permitam intervenção no sistema produtivo para a melhoria de sua eficiência (BUENO et al., 2000).

Giampietro et al. (1992) consideram que as análises energéticas são uma promissora abordagem metodológica para avaliar e investigar os problemas relacionados a sustentabilidade e eficiência de sistemas agrícolas.

Ao estudar a eficiência energética visando à sustentabilidade da agricultura dinamarquesa, por exemplo, Schroll (1994), observou que aquela decrescia à medida que problemas ambientais apareciam.

ENERGIA E LODO DE ESGOTO

A literatura revela, em todos os campos de especialização de agricultura, uma série de esforços no sentido de poupar energia em certas operações e evitar excessos de insumos (CAMPOS, 2001).

Mello (1986) verificou que os insumos químicos para fertilização e defesa da produção representam os maiores custos energéticos agrícolas no estado de Santa Catarina.

Segundo Schroll (1994), uma das maneiras de aumentar a eficiência energética de um agroecossistema, seria reduzir a entrada de energia fóssil, especialmente àquela relacionada à aplicação de fertilizantes.

De fato, o Nitrogênio é o nutriente que mais consome energia durante o processo de fabricação (SILVA & GRAZIANO, 1977).

Boyeldieu (1975) adverte que a valorização de resíduos, principalmente os orgânicos, deve ser considerada em razão do melhor aproveitamento de adubos e corretivos.

O emprego de lodo de esgoto como fertilizante reduziria 60% do consumo de fertilizantes fosfatados atualmente utilizados (FRANK, 1998).

GERAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

As Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), ao submeterem as águas servidas a processos que possibilitem seu retorno ao ambiente, geram resíduo denominado lodo de esgoto (QUINTANA, 2006). Como o estoque irregular desse material representa risco, recomenda-se a disposição de lodos em aterros sanitários.

Contudo, com o aumento da produção de lodo de esgoto e diante dos problemas ambientais que podem ser causados por seu acúmulo, surge a necessidade de utilizá-lo de forma econômica e sem agressões ao meio ambiente (GONÇALVES, 2005).

Entre as opções disponíveis como a incineração, deposição oceânica e florestal, a utilização agrícola como fertilizante tem sido considerada promissora, uma vez que propõe uma maneira de transformar esse resíduo em um produto comercial (TAKAMATSU, 2004).

INFLUÊNCIAS DO LODO DE ESGOTO NAS PROPRIEDADES DO SOLO

A aplicação de lodo de esgoto nos solos pode contribuir para o aumento da concentração de nutrientes essenciais, como N e P, e para o melhoramento dos atributos físicos de solos altamente intemperizados (LAMBAIS & CARMO, 2008).

Como a degradação das condições físicas do solo e o aumento do risco de erosão estão fortemente relacionados com os cultivos intensivos devido ao decréscimo gradual da matéria orgânica contida no solo, o lodo de esgoto pode ser alternativa para contenção dessa degradação, pois serve também como condicionador do solo devido às propriedades benéficas químicas e físicas. Nestas propriedades destacam-se altos teores de matéria orgânica, incluindo húmus, além da capacidade de aumentar a estabilidade de agregação do solo (GONÇALVES, 2005).

Segundo Malta (2001), o lodo de esgoto altera as propriedades físicas do solo, melhorando sua densidade, porosidade e capacidade de retenção de água. Além disso, melhora seu nível de fertilidade, elevando o pH, diminuindo o teor de alumínio trocável, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a capacidade de fornecer nutrientes

para as plantas; e ainda, por conter em sua constituição teores elevados de matéria orgânica e de outros nutrientes, promove o crescimento de organismos do solo, fundamentais para a ciclagem dos elementos.

PRODUTIVIDADE DO LODO DE ESGOTO COMO BIOFERTILIZANTE

Muitos autores ressaltam o benefício da aplicação do lodo no desenvolvimento da vegetação. (BEZERRA et al., 2006).

Ao avaliar a eficiência do lodo de esgoto como fonte de fósforo em comparação ao superfosfato triplo, aplicados em doses equivalentes, Silva et al. (2002) notaram que aquele foi mais eficiente do que este.

Galdos et al. (2004) realizaram experimento com duração de dois anos agrícolas, para determinar as alterações que a aplicação de lodo de esgoto gerou sobre os teores de fósforo, entre outros elementos, num Latossolo Vermelho eutroférico cultivado com milho. Observaram que a produção foi maior nos tratamentos com este tipo de fertilização, onde os teores de fósforo

no solo foram semelhantes aos do tratamento com adubo químico.

Este biofertilizante, além de fósforo, oferece também nitrogênio e outros nutrientes para as plantas, contribuindo com o seu desenvolvimento (SABBEY, 1974).

Nascimento et al. (2004), ao estudarem o efeito da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto gerado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) sobre o crescimento das plantas de milho e feijão cultivadas em casa de vegetação, concluíram que doses crescentes aumentaram a produção de matéria seca em ambas.

Rocha et al. (2004) avaliaram o estado nutricional e o crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com lodo de esgoto. Na ocasião, notaram que a aplicação deste resíduo influenciou positivamente na nutrição das plantas, proporcionando produção de madeira igual à obtida no tratamento que só recebeu adubação mineral, quando a dose aplicada de lodo de esgoto foi de 12t ha⁻¹.

Trannin (2004), observou que o lodo de esgoto melhorou a fertilidade do solo, o estado nutricional e a produtividade do milho.

AValiação EconôMica DO LODO DE ESGOTO COMO BIOFERTILIZANTE

A fertilização é considerada um dos processos mais caros da produção na agricultura.

De acordo com Alves Filho et. al. (2003), na implantação e condução de pastagens cultivadas de inverno, os fertilizantes representaram o maior custo.

Uma possível solução para este fato seria a disposição agrícola do lodo de esgoto, prática vantajosa aos agricultores na medida em que reduz os custos de produção e mantém a produtividade da lavoura (TRANNIN et al., 2005).

Guedes et al. (2006), afirmam que a utilização de lodo de esgoto como fertilizante permite ganhos ao produtor, pelos mesmos motivos, ou seja, aumento da produtividade das culturas e redução do uso de fertilizantes minerais.

De fato, Quintana et al. (2009) ao estudarem a aplicação de lodo de esgoto em lavoura de milho, concluíram que a adubação com este, proporcionou maior rentabilidade quando comparada à fertilização com adubo industrial. Isso ocorreu porque as aplicações de lodo de

esgoto permitiram aumentos na produtividade do milho e diminuição dos custos com fertilizantes industriais.

Dessa forma, o uso de áreas agrícolas para disposição do LE caracteriza uma boa alternativa, não só no aspecto ambiental, mas também na diminuição de custos e garantia de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que se tornarão cada vez mais escassos no futuro (GONÇALVES. 2005).

CONCLUSÕES

Os sistemas de produção agrícola precisam ser energeticamente sustentáveis, uma vez que são sistemas abertos e a quantidade de energia que entra no sistema deve ser preferencialmente, igual ou menor à que sai (MACHADO FILHO et al. 2001).

Segundo os autores, uma das maneiras de aumentar a eficiência energética seria reduzir a entrada de energia fóssil, especialmente àquela relacionada à aplicação de fertilizantes.

A energia direta utilizada em um processo produtivo não inclui somente o combustível fóssil consumido, mas também outras formas de energia derivadas do petróleo, tais como as

contidas nos lubrificantes, nos adubos e nos defensivos agrícolas (CAMPOS, 2001).

Um fator de estrangulamento muito forte no consumo energético geral tem sido a utilização massiva de fertilizantes derivados do petróleo nos agroecossistemas (CAMPOS & CAMPOS, 2004).

De fato, Seixas & Marchetti (1982) estimaram que a agricultura brasileira utiliza 58% de sua energia na forma de fertilizantes.

Da mesma forma, Siqueira et al. (1999), concluíram que, para a implantação e manejo da aveia e do nabo, o maior consumo de energia foi com combustível e fertilizantes.

Em balanços de energia determinados por Tsatsarelis (1993) para o cultivo de trigo na Grécia, o autor concluiu que grande parte da energia total inserida foi representada pelos fertilizantes industriais, incluindo aplicação.

Assim, o lodo de esgoto, potencial complemento dos fertilizantes químicos, pode também contribuir com a redução de uso do petróleo (QUINTANA et al., 2008).

As pesquisas com lodo de esgoto como potencial biofertilizante surgiram

no Brasil em meados da década de 1980. Desde então, o lodo tem se consagrado como alternativa viável para aumento de produtividade da lavoura além de contribuir para recuperação de solos.

Mais recentemente, notam-se novas pesquisas comprovando a eficácia deste subproduto como alternativa econômica na substituição parcial dos fertilizantes industriais.

Contudo, estudos relacionados à eficiência energética do lodo ainda não surgiram. Portanto, justificam-se mais estudos.

Em 2004, Campos & Campos já afirmavam que “sendo uma ciência em desenvolvimento, caracterizada inclusive por possibilitar escolha de métodos de forma subjetiva, é necessário que haja maior exploração por parte dos pesquisadores brasileiros preocupados com a questão da sustentabilidade dos agroecossistemas”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, D. C., NEUMANN, M., RESTLE, J., SOUZA, A. N. M. de, PEIXOTO, L. A. de O. Características agrônômicas produtivas, qualidade e custo de produção de forragem em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) fertilizada com dois

tipos de adubo. **Cienc. Rural**, v. 33, n.1, p.143-149, jan./fev. 2003.

BARBOSA, G. M. de C.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565-580, out./dez. 2006.

BEZERRA, F.B., OLIVEIRA, M. A. C. L. de, PEREZ, D. V., ANDRADE, A. G. de, MENEGUELLI, N. do A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.3, p.469-476, mar. 2006

BOYELDIEU, J. Rendement énergétique de la production agricole: les bilans d'énergie. **Agriculture**, Paris, v.386, p.124- 128,1975.

BUENO, O. de C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: **AVANCES EM INGENIERÍA AGRÍCOLA**, 2000, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2000 p. 477-482.

BUENO, O. de C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP**; Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Botucatu; 2002.

CAMPOS, A. T. **Balanço energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite**. 2001. 236f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura)

- Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

CAMPOS, A. T. & CAMPOS, A. T. de. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1977-1985, nov-dez, 2004.

CARMO, M.S., COMITRE, V., DULLEY, R.D. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. **Agric. São Paulo**, v.35, n.1, p.87-97, 1988.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto – SP**. 1993. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Capinas, SP, 1993.

COSTANTINI, E.O.C. Bilancio energetico e bilancio economico delle colture nella painurampadana. **Genio Rurale**, v.45, p.11-17, 1982.

FAO. **El estado mundial de la agricultura y La alimentacion**. Roma: FAO, 1976. 158 p.

FRANK, R. The use of biosolids from wastewater treatment plants in agriculture. **Enviromental Management**, New York, v.9, n. 4, p. 165-169, Apr. 1998.

GALDOS, M.V.; MARIA, I.C. de; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo

de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.569-577, 2004.

GIAMPIETRO, M, CERRETELLI, G., PIMENTEL, D. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. **Agric., Ecosyst. Environ.**, v.38, n.3, p.219-44, 1992.

GONÇALVES, F. T. de A. **Dinâmica do nitrogênio em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com café**; Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical/ Gestão dos Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Campinas; 2005.

GUEDES, M. C., ANDRADE, C. A. de, POGGIANI F., MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **R. Bras. Ci. Solo**, 30: 267-280, 2006.

JUNQUEIRA, A. A. B.; CRISCUOLO, P. D.; PINO, F. A. O uso da energia na agricultura paulista. **Agric. em São Paulo**, São Paulo, v. 29, tomos I e II, p. 55-100, 1982.

LAMBAIS, M. R., CARMO, J. B. do. Impactos da aplicação de biossólidos na microbiota de solos tropicais. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 1129-1138, 2008.

MACHADO FILHO, L. C. P., SILVEIRA, M. C. A. C. da, HÖTZEL, M. J., MACHADO, L. C. P. **Produção agroecológica de suínos – uma alternativa sustentável para a pequena propriedade no Brasil**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE, 2., 2001, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2001. p.1-18.

MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ**. 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado) Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 2001.

MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. 1986. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 1986.

MORATELLI, R. F., BAILO, F. H. R. **Contraste de custos das operações mecanizadas na cana-de-açúcar por um sistema de autodirecionamento via satélite versus um sistema tradicional de demarcação**. In: Encontro de iniciação científica da UFMS, X, 2006, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM, 2006.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.385-392, 2004.

PANESAR, B.S., FLUCK, R.C. Energy productivity of a production system: analysis and measurement. **Agric. Syst.**, v.43, n.4, p.415-37, 1993.

QUINTANA, N. R. G. **Análise econômica da aplicação de biossólido na agricultura**. 2006. 2006. 111 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

- QUINTANA, N.R.G., BUENO, O. de C., CARMO, M. S. do, MELO, W. J. de. Estimativa do Poder Calorífico do Lodo de Esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 6. 2008, Salvador. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 2008. CD_ROM.
- QUINTANA, N. R. G., CARMO, M. S. do, MELO, W. J. de Viabilidade econômica do uso de lodo de esgoto na agricultura, estado de São Paulo. **Revista Informações Econômicas**, v.39, n.6, p.31-36, jun. 2009.
- ROCHA, M. T. & SHIROTA, R. Disposição final de lodo de esgoto. **Revista de estudos ambientais**, v.1, n.3, p.1-24, set/dez 1999.
- ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biosólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.623-639, 2004.
- SABBEY, B.R. **The use of sewage sludge as a fertilizer. Environmental Engineering Series.** London, 72:108-112, 1974.
- SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.51, n.3, p.301- 310, 1994.
- SEIXAS, J.; MARCHETTI, D. **Produção e consumo de energia na agricultura.** Planaltina: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1982. 15p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 3).
- SILVA, J.G., GRAZIANO, J.R. A crise de energia: repensar também a pesquisa agrônômica. **Ciênc. Cult. (São Paulo)**, v.29, n10, p.1110-6, 1977.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no distrito federal. II – Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.497-503, 2002.
- SIQUEIRA, R.; GAMERO, C. A.; BOLLER, W. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.80-89, 1999.
- TAKAMATSU, A. A. **Microbiologia Ambiental. Lodo.** Disponível em: <<http://www.geocities.com/RainForest/2038/envmicro/Sludgep.htm>> Acesso em 20 de agosto 2004.
- TRANNIN I. C. B. **Avaliação agrônômica de um biossólido industrial e de seus efeitos sobre atributos do solo.** 2004. 171p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- TRANNIN, I. C. B; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.261-269, mar. 2005.
- TSATSARELIS, C.A. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.43, n.2,p.109-118, 1993.