



Vol. 2, No. 1, 1-11, 2009
ISSN 0718-378X

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

USO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO, ESTUDO DE CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Simone Bittencourt ¹
Cleverson Vitório Andreoli ²
Gil Alceu Mochida ³
Lia Márcia K. Marin de Souza ⁴

*Agricultural use of municipal sludge. Case study of the
Metropolitan Area of Curitiba, Brazil.*

ABSTRACT

The sanitation company of Paraná- Sanepar destines its sludge, which is produced in sewage treatment plants, to agricultural use, aiming to provide the most correct final disposition in sanitary, environmental and social aspects, improve the soil conditions, increase agricultural productivity and reduce agriculturists' production costs. This destination is the one which suits better to the concept of integrated sustainable development due to it leads the organical matter back to the soil, avoid contamination issues and hydric resources degradation, and also contributes to food and fiber production. Sanepar has a very strict control which guarantee the sludge quality for agriculturists, regarding odor, heavy metals contamination and pathologic microorganisms. In 2007, adaptation period to the Conama 375/06 e Sema 001/07 resolutions, the sewage treatment plants of Curitiba Metropolitan Region destinated 8.903 tonnes of sewage sludge (average humidity 64%) to application to 295 ha of corn, beans and soy crops, green fertilizing, pos-harvest and implantation of peach orchards. 29 agriculturists were supplied and that generated a R\$467,90 per hectare economy, concerning the reduction of chemical fertilizers and calcium carbonate.

Keywords: Sanitation Company Of Paraná – Sanepar; Sewage sludge, Agricultural use, Agricultural and economical benefits.

¹ Eng. Agrônoma, Msc.; Analista da Sanepar.

² Eng. Agrônomo, Dr.; Gerente de Pesquisa da Sanepar.

³ Eng. Civil, Analista da Sanepar.

⁴ Eng. Agrônomo, Msc.; Analista da Sanepar.

USO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO, ESTUDO DE CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Simone Bittencourt¹

Cleverson Vitório Andreoli²

Gil Alceu Mochida³

Lia Márcia K. Marin de Souza⁴

¹Eng. Agrônoma, Msc.; Analista da Sanepar.

²Eng. Agrônomo, Dr.; Gerente de Pesquisa da Sanepar.

³Eng. Civil, Analista da Sanepar.

⁴Eng. Agrônomo, Msc.; Analista da Sanepar.

R. Engenheiros Rebouças, 1376. 80215-900. Curitiba, PR. E-mail: sbittencourt@sanepar.com.br

Resumo

A Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar destina o lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto ao uso agrícola, visando proporcionar a disposição final adequada sob os aspectos sanitário, ambiental e social, melhorar as condições dos solos, gerar aumento de produtividade agrícola e reduzir os custos de produção dos agricultores. Esta forma de destinação é a que melhor se enquadra no conceito de desenvolvimento sustentável integrado, pois promove o retorno da matéria orgânica e nutrientes ao solo, evita problemas de contaminação e degradação dos recursos hídricos e contribui para a produção de alimentos e fibras. A Sanepar realiza um rigoroso controle, garantindo a qualidade do lodo destinado aos agricultores, quanto aos odores, à contaminação por metais pesados e microrganismos potencialmente patogênicos. Em 2007, período de adaptação às determinações das resoluções Conama 375/06 e Sema 001/07, as ETEs da Região Metropolitana de Curitiba destinaram 8.903 toneladas de lodo de esgoto (umidade média de 64%) para aplicação em 295 ha, no cultivo de milho, feijão, soja, adubação verde, pós-colheita e implantação de pomar de fruticultura de caroço. Foram atendidos 29 agricultores que obtiveram uma economia média de R\$ 467,90 por hectare, na redução de uso de adubos químicos e calcário.

Palavras-chave: Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar; lodo de esgoto, uso agrícola, benefícios agronômicos e econômicos.

Introdução

A adequada destinação final do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto constitui-se em uma necessidade de saúde pública, de preservação ambiental e de responsabilidade social.

Desta forma, a Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar emprega o uso agrícola do lodo de esgoto visando fomentar o desenvolvimento sustentável integrado ao promover o retorno da matéria orgânica e nutrientes ao solo, evitando problemas de contaminação e degradação dos recursos hídricos e contribuindo para a produção de alimentos e fibras.

O uso de lodo de esgoto na agricultura possibilita:

- ✓ Melhorar as condições físico-químicas e biológicas dos solos por meio da adição de matéria orgânica e nutrientes existentes no lodo.
- ✓ Tornar o solo mais resistente à erosão.
- ✓ Diminuir os efeitos negativos dos períodos de estiagem durante a safra, pois o solo adquire maior capacidade de retenção de umidade.
- ✓ Fornecer nutrientes para as plantas.
- ✓ Aumentar a produtividade agrícola.
- ✓ Reduzir os custos de produção dos agricultores, pois diminui-se o uso de adubos químicos.
- ✓ Contribuir para o desenvolvimento da agricultura familiar.
- ✓ Reduzir os impactos ambientais decorrentes da inadequada disposição final de lodo de esgoto.

Além disso, a aplicação do lodo higienizado por estabilização alcalina prolongada minimiza ou mesmo substitui a operação de correção de pH do solo com a aplicação de calcário, prática agrícola necessária para correção da acidez observada na maior parte dos solos paranaenses, trazendo vantagens agronômicas e econômicas aos agricultores.ç



Figura 1. Lodo de esgoto pronto para utilização, lavoura adubada com lodo e diferença no porte de soja com e sem lodo de esgoto (Região Metropolitana de Curitiba – PR)

O uso do lodo de esgoto na agricultura é uma das principais alternativas de destino final em nível mundial. A agenda 21 em seu capítulo 21, que trata da gestão dos resíduos do saneamento, apresenta como diretrizes principais: a redução da produção, a reciclagem, a adoção de outras formas de disposição e a ampliação da oferta destes serviços.

Em 2007, a Organização Mundial de Saúde - OMS em suas diretrizes para o destino seguro de resíduos do tratamento de esgoto, recomenda a utilização agrícola do lodo de esgoto como forma de minimizar as pressões causadas pelo aumento populacional, pela escassez e degradação de recursos hídricos, resultantes do destino inadequado de resíduos, e pela crescente demanda por alimentos e fibras. Segundo a OMS (Silva, 2007), o uso seguro de lodo de esgoto na agricultura traz benefícios à sociedade, por meio do aumento do cultivo de alimentos e da conservação de recursos naturais. Este estudo destaca ainda que o uso agrícola é o destino mais adequado, devido à reciclagem de nutrientes, necessários ao desenvolvimento das plantas e devido à diminuição da degradação do solo e da água.

A Sanepar desenvolve o Programa de Utilização Agrícola de Lodo de Esgoto em conformidade com a Resolução Conama 375/2006 e o Decreto n^o 4954 de 14 de janeiro de 2.004, no nível federal, e a Resolução Sema 001/07, no Estado do Paraná, que definem os critérios e procedimentos para o uso agrícola deste insumo. Os critérios adotados pela normatização paranaense são semelhantes aos parâmetros Europeus e significativamente mais restritivos que os adotados nos EUA, enquadrando-se como uma das normas mais restritivas do mundo.

O presente estudo de caso tem por objetivo apresentar a experiência da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar na destinação agrícola do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto da Região Metropolitana de Curitiba, no ano de 2007, período de adequação às determinações da Resolução Conama 375/06 e da Resolução Sema 001/07.

Método

As estações de tratamento de esgoto (ETEs) da Região Metropolitana de Curitiba - RMC, tem uma produção estimada de 5.076 t/ano de sólidos totais (ST) de lodo de esgoto (SANEPAR, 2007), o qual após passar por um processo de tratamento é destinado ao uso agrícola.

O tratamento do lodo de esgoto inicia pelo desaguamento, realizado por meio de prensas, centrífugas ou leitos de secagem. Utiliza-se o processo de estabilização alcalina prolongada para higienização, o qual consiste na adição de cal e armazenamento mínimo de 30 dias, período em que o pH é mantido acima de 12. Utilizam-se misturas de cal virgem em dosagens de 30 a 50%

em relação aos sólidos totais de lodo. O processo é altamente eficiente na inativação dos ovos e larvas de helmintos (EPA, 1994; THOMAZ-SOCCOL et al., 1999; FERNANDES et al., 1996).

O método de higienização torna o lodo um corretivo de acidez do solo, trazendo vantagens agrônômicas e econômicas aos agricultores que utilizam-no em substituição ao calcário. Além disso, o lodo é fonte de matéria orgânica (MO) e de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), com efeitos benéficos ao solo e ao desenvolvimento das culturas agrícolas (ANDREOLI, PEGORINI e FERNANDES, 2001).

Os lotes de lodo higienizados são objeto de avaliação de: potencial agrônômico, sanidade, metais pesados e estabilidade, de modo a garantir que o material disponibilizado para os agricultores apresente a qualidade exigida pela normatização vigente (BRASIL, 2006; PARANÁ, 2007).

A região agrícola prioritária para aplicação do lodo de esgoto gerado nas ETEs da RMC compreende 20 municípios do entorno (Figura 2). Desta região prioritária são excluídas as áreas localizadas em bacias hidrográficas de mananciais de abastecimento público, assim como, as demais restrições locais estabelecidas pelas Resoluções Sema 001/07 (PARANÁ, 2007) e Conama 375 (BRASIL, 2006).



Figura 2. Municípios que constituem a região prioritária para uso agrícola do lodo de esgoto gerado pelas ETEs da Região Metropolitana de Curitiba

Avaliou-se a aptidão das terras da região para o uso agrícola de lodo (SOUZA et al, 2008), na qual as classes de aptidão foram definidas de acordo com o grau de limitação gerado pelo

impedimento mais significativo à aplicação de lodo. As limitações estão relacionadas à drenagem, à erosão e ao impedimento a mecanização do solo (Figura 3).

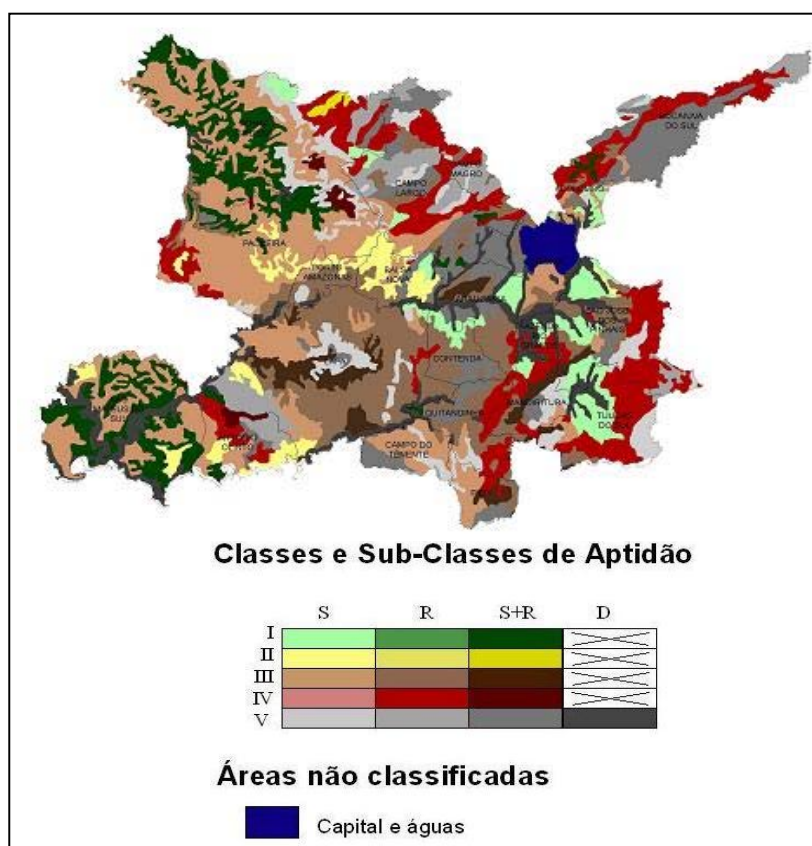


Figura 3. Aptidão das terras para uso agrícola de lodo de esgoto na região prioritária de atuação.

Cultivam-se na região culturas consideradas aptas para utilização de lodo de esgoto (BRASIL, 2006; PARANÁ, 2007), como feijão, milho, soja e outros cereais, em um potencial de cerca de 415.058 ha (EMATER, 2006).

Divulgou-se o uso agrícola de lodo de esgoto nos municípios da região em parceria com o Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural - Emater e com instituições locais

ligadas à agricultura e realizou-se o cadastro de agricultores interessados, priorizando o atendimento à agricultura familiar.

As áreas cadastradas foram avaliadas por um engenheiro agrônomo quanto à aptidão para utilização do lodo, momento em que também foram coletadas amostras para análise de solos. Elaborou-se a recomendação agrônômica, especificando a dosagem a ser aplicada, de acordo com as características do lodo, do solo, da área e com as necessidades nutricionais da cultura a ser cultivada bem como, a complementação de adubação, caso necessária.

Adotou-se para a determinação da taxa de aplicação máxima de lodo (ST), o menor valor calculado considerando um dos seguintes critérios: a) necessidade de nitrogênio da cultura, b) pH ideal para a cultura e c) limite de carga total acumulada de metais no solo.

O período do presente estudo de caso, de abril a dezembro de 2007, foi considerado como sendo um período de transição e adaptação as determinações das Resoluções Sema 001/07 e Conama 375/06, as quais estabeleceram o mês de fevereiro de 2008 como prazo limite para adequações aos novos critérios.

Desta forma, o cálculo da taxa de aplicação máxima de lodo de esgoto foi realizado com base em ANDREOLI, PEGORINI e FERNANDES (2001). Considerou-se como N disponível para a cultura no primeiro cultivo, 50% da quantidade de N fornecida pelo lote de lodo.

Para determinar o pH ideal para a cultura utilizou-se a cálculo de necessidade de correção de acidez do solo para elevação da saturação de bases ao nível exigido pela cultura, segundo IAPAR (2003). Realizou-se também o cálculo de acúmulo de metais pesados no solo considerando-se a quantidade do elemento no lodo e o seu conseqüente acréscimo sobre o teor no solo.

Anteriormente ao recebimento do lodo, o agricultor recebeu orientações técnicas e assinou a recomendação agrônômica comprometendo-se a seguir adequadamente as exigências e orientações de uso.

Resultados

No período do presente estudo, foram aplicadas 8.903 toneladas de lodo de esgoto, com uma umidade média de 64%, em 47 áreas agrícolas dos municípios de Antônio Olinto, Lapa, Campo Largo, Contenda, Mandirituba e São Mateus do Sul, compreendidos em uma região prioritária composta por 20 municípios (Figura 2). O estabelecimento de parcerias com instituições locais e o interesse dos agricultores foram fatores decisivos para a atuação nestes municípios.

Foram atendidos 29 agricultores que aplicaram o lodo de esgoto em pós-colheita e implantação de pomar de fruticultura de caroço, adubação verde, no cultivo de milho, feijão e soja. A área

agrícola mais próxima estava localizada a 33 km e a mais distante a 180 km da ETE, sendo que o atendimento às áreas mais distantes ocorreu principalmente em períodos de escassa demanda para uso do lodo em áreas mais próximas as ETEs.

No período do estudo, foram destinados à agricultura lotes de lodo de esgoto de duas ETEs da RMC (tab. 1). Os lotes utilizados apresentavam-se aptos em relação à parâmetros de sanidade, substâncias inorgânicas e estabilidade, de acordo com os limites definidos pela legislação vigente (BRASIL, 2006; PARANÁ, 2007).

Tabela 1. Características das ETEs da RMC e dos lotes de lodo destinados ao uso agrícola no ano de 2007

ETE	Tratamento de Esgoto	Desaguamento do Lodo	Umidade média do Lodo (%)	Número de lotes utilizados	Quantidade de lodo aplicada (t)
Atuba Sul	Anaeróbio	Prensas	57	5	1.383
Belém	Aeróbio	Prensas e Centrífugas	66	17	7.520

A tabela 2 mostra as características agrônômicas dos lotes de lodo destinados ao uso agrícola. O lodo de esgoto varia em sua composição de acordo com a origem e método de tratamento, dessa forma o conteúdo médio de matéria orgânica dos lotes apresentou-se abaixo dos valores de 31,74 a 60 % verificados por ROCHA e SHIROTA (1999) e NASCIMENTO (2004). A relação C/N média dos lotes verificada é compatível com a relação C/N da matéria orgânica do solo que varia em geral, entre 10/1 e 12/1 (MELLO et al, 1981).

Tabela 2. Características dos lotes de lodo das ETEs da RMC, destinados ao uso agrícola no ano de 2007

Parâmetros (%)	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Ca (CaO)	Mg (MgO)	MO	C/N	ST	Umidade
Média	1,81	0,63	0,21	24,90	1,36	29,71	10,72	35,80	64,20
Maximo	3,11	1,18	0,37	43,40	9,63	61,46	18,45	63,47	77,45
Mínimo	1,00	0,04	0,10	11,00	0,000469	8,82	7,69	22,55	36,53
Desvio Padrão	0,69	0,28	0,08	8,13	2,71	13,23	3,40	10,91	10,91
Coef. Variação	38,22	44,81	37,43	32,65	199,56	44,53	31,67	30,49	17,00

O conteúdo de Ca e Mg foi elevado em comparação aos verificados por ROCHA e SHIROTA (1999), NASCIMENTO (2004) e TSUTYA (2000) que variaram entre 0,05 a 7,29 %. Este fato deve-

se ao método de higienização utilizado no qual adiciona-se cal ao lodo. A variação nos valores de Mg foi devido ao uso de cal dolomítica, composta por CaO e MgO, na higienização de 3 dos 22 lotes utilizados.

Os lotes de lodo foram aplicados num total de 295 ha, em propriedades agrícolas com área média de 5,67 ha (tab. 3). Nestas áreas, além dos benefícios gerados devido à adição de matéria orgânica, que melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, a aplicação do lodo resultou em uma economia média de R\$ 467,90 por hectare. Esta economia foi devido ao fornecimento de nutrientes N, P e K e da correção de acidez de solo promovida pela aplicação do lodo de esgoto, que forneceu em média 87,2 % do calcário (PRNT 75%); 91,1% do N; 56,9 % do P e 43,6 % do K demandados pelas culturas e solos do estudo de caso.

Tabela 3. Área média das propriedades agrícolas, taxa de aplicação, quantidades de N, P e K e de calcário fornecidas pelo lodo de esgoto, necessidade de complementação de adubação e valor total economizado nos custos de produção devido ao uso do lodo de esgoto.

Estatística	Área da propriedade	Taxa de aplicação de Lodo	Calcário (PRNT 75%)		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Economi
			QE	AC	QE	AC	QE	AC	QE	AC	
	ha	t/ha	t/ha		Kg/ha						R\$/ha
Média	5,67	172,6	4,8	0,7	94,6	9,3	30,3	22,9	22,2	28,7	467,89
Máximo	20,00	622,5	10,8	6,0	122,0	53,6	104,5	59,2	48,0	55,0	758,75
Mínimo	0,50	16,0	1,9	0,0	46,4	0,0	4,0	0,00	8,7	0,0	263,51
Desvio Padrão	4,63	152,3	2,1	1,3	21,6	14,2	20,3	14,2	9,9	14,2	119,05
Coef. Variação	81,67	88,2	43,4	190,7	22,8	153,2	67,1	49,4	44,6	49,4	25,44

Q.E. - Quantidades equivalentes no lodo

A.C. - Adubação Complementar

Não houve predominância de fator limitante na determinação de taxa de aplicação de lodo. A limitação por N e por necessidade de correção de acidez do solo ocorreram na mesma proporção, devido à variabilidade dos solos da região. O critério acúmulo de metais no solo não foi limitante em nenhuma das recomendações agrônômicas realizadas, pois o teor destes elementos no lodo estavam em média 93% abaixo dos limites estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2006; PARANÁ, 2007).

Considerações finais

A aplicação do lodo de esgoto na área agrícola de atuação do presente estudo de caso tem-se tornado cada vez mais atraente, devido às melhorias proporcionadas ao solo, ao aumento de produtividade dos cultivos e a redução nos custos de produção. Fatos que resultaram em efeitos sociais e econômicos positivos na região de influência da atividade.

Verificou-se um aumento da demanda pelo produto e de aceitabilidade dos agricultores. Um dos fatores que demonstraram que o lodo de esgoto tornou-se uma alternativa eficaz na agricultura foi o aumento do número de agricultores que solicitaram o produto. Para o primeiro semestre de 2008, houve uma demanda de 40 agricultores para aplicação de lodo em 1.785 ha, resultando numa estimativa de 53.550 toneladas de lodo (umidade média de 64%).

Durante o período do presente estudo de caso foram identificados critérios inconsistentes nas determinações das Resoluções Sema 001/07 e Conama 375/06; verificando-se a necessidade de realização de estudos futuros.

Referências Bibliográficas

- Andreoli, C. V.; Pegorini, E.S.; Fernandes, F. Disposição do lodo no solo. In: Andreoli, C.V.; Sperling M. Von; Fernandes F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: UFMG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; SANEPAR, 2001.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 4954 de 14 de janeiro de 2.004. Aprova e regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Disponível em: <http://www.oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consulta>. Acesso em mar. 2005.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: fev. 2007.
- Emater – Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. Perfil da Realidade Agrícola Municipal, 2006.
- EPA – Environmental Protection Agency . Environmental regulation and technology controll of pathogens and vector attaction in sewage sludge . Under 40 CFR. Part 503 . 625/R-92/013, 1992.
- Fernandes, F.; Andraus, S.; Andreoli, C.V. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE-Belém com vista a seu uso agrícola. SANARE, v.5, n.5, p. 46-58, 1996.
- IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Sugestão de adubação e calagem para culturas de

- interesse econômico no estado do Paraná. Londrina. IAPAR, Circular n.128, 2003. 30 p.
- Mello, F. A F.; Brasil Sobrinho, M.O.C.; Arzolla, S.; Silveira, R.J.; Cobra Netto, A; Kiehl, J. C. Fertilidade do solo. Livraria Nobel S. A. São Paulo, 1981.
- Nascimento, C. W. A.; Barros, D. A. S., Melo, E.E.C.; Oliveira, A.B. Alterações químicas e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26: 385-392, 2004
- Paraná. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA 001/07. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Edição 7395, 23 de janeiro de 2.007.
- Rocha, M.T.; Shiota, R. Disposição final de lodo de esgoto. Revista de Estudos Ambientais, v.1, n.3, set/dez, 1999.
- Sanepar. Companhia de Saneamento do Paraná. Plano diretor de resíduos de sistemas de esgotamento sanitário para o Paraná. Curitiba, 2007.
- Silva, H. WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture and aquaculture. In: LEBLANC, R. LAUGHTON, P. RAJESH, T. Wastewater Biosolids Sustainability – technical, managerial and public synergies. New Brunswick – Canadá. June 24-27, 2007.
- Souza, M.L.P.; Ribeiro, A.N.; Andreoli, C.V.; Souza, L.C.P.; Bittencourt, S. Aptidão das terras do estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto. Revista DAE, São Paulo, n 177, maio 2008. p. 20 – 29.
- Tsutya, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em Estações de Tratamento de Esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (orgs) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 69-105.
- Thomaz-Soccol, V.; Paulino, R.C.; Castro, E. Aspectos sanitários do uso agrícola do lodo de esgoto : helmintos e protozoários. In “ Reciclagem agrícola de lodos – transformando problemas em soluções. P. 156-179, Editora SANEPAR-ABES, Curitiba, 1999.