



II-035 – AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DO LODO SÉPTICO ATRAVÉS DE ENSAIOS DE RESPIROMETRIA

Giancarlo Lupatini⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina, área de concentração em Tecnologias de Saneamento Ambiental. Engenheiro da Assessoria em Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Rodrigo Azevedo Castro

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná. Consultor em projetos de tratamento de resíduos e áreas contaminadas.

Cinthia Monteiro Hartmann

Engenharia Civil e Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheira da Assessoria em Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Thiago Edwiges

Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Cleverson Vitorio Andreoli

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências do Solo e Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná. Professor da UniFAE – Centro Universitário. Engenheiro da Assessoria em Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiros Rebouças, 1376 - Rebouças - Curitiba - PR - CEP 80215-900 - Brasil - Tel. +55 (41) 3330-3126 - Fax +55 (41) 3333-9952 – e-mail: giancarlol@sanepar.com.br, g.lupatini@gmail.com.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a biodegradabilidade do lodo de fossa séptica através de ensaios de respirometria tendo em vista verificar a possibilidade do tratamento deste tipo de resíduo através de sistema controlado de tratamento no solo denominado *landfarming*. A metodologia utilizada para avaliação da biodegradação do lodo séptico foi baseada na quantificação da produção de CO₂ através da incubação “*in vitro*” de diferentes doses de lodo séptico para 20 gramas de solo (camada reativa) com duas repetições para cada dose durante o período de 28 dias. Foram investigadas 07 dosagens de lodo séptico: 0, 50, 200, 400, 800, 1200 e 1600 ton/ha ST. Os valores positivos de respiração bruta, líquida e adicional indicam a possibilidade do tratamento do lodo de fossa séptica em camada reativa de sistema *landfarming*. Neste caso, as aplicações devem ser realizadas em doses crescentes para a especialização da flora microbiana do solo com concomitante acompanhamento da respiração para determinação dos “*inputs*” de lodo séptico no sistema. Para as leituras de 21 e 28 dias foram obtidos valores nulos ou negativos de respiração líquida e adicional, indicando a necessidade de realimentação de resíduo quinzenalmente para uma fase inicial com uma dosagem pré-estabelecida. Como recomendação aos estudos, recomenda-se a verificação de parâmetros como a quantificação microbiana do lodo.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo séptico, tratamento de lodo, *landfarming*, biodegradabilidade, respiração do solo.

INTRODUÇÃO

Atualmente cerca de 79 milhões de brasileiros fazem a própria gestão dos esgotos gerados através do uso de fossas sépticas e fossas rudimentares. Devido à ausência de orientações e de alternativas técnicas e gerenciais confiáveis, tanto por parte da iniciativa privada quanto do setor público, a gestão do lodo de fossa séptica é, em geral, realizada de forma inadequada. Em algumas regiões, esse lodo é lançado nas próprias estações de tratamento de esgoto (ETEs), quando existentes, que aceitam esse tipo de resíduo. A maioria do lodo produzido, no entanto, é disposta sem qualquer critério técnico – no solo, em rios e até como adubo na agricultura, colocando em risco a saúde da população e a qualidade ambiental.



Entre as alternativas para tratamento de resíduos a técnica do *landfarming* tem se demonstrado com uma alternativa para minimização de impactos ambientais, permitindo altas taxas de degradação de resíduos de modo ambientalmente seguro. Esta tecnologia de tratamento de resíduos também é conhecida como tratamento ou aplicação no solo sem uso benéfico.

A operação deste tipo de sistema consiste na incorporação do resíduo ao solo (minimização de odores e atração de vetores) e o revolvimento constante da camada reativa, tendo em vista a aeração do processo, estimulando a atividade microbiana aeróbica e o aumento nos níveis de degradação dos resíduos.

O sistema de *landfarming* tem sido amplamente utilizado para degradação de hidrocarbonetos, provenientes da indústria do petróleo, conforme demonstram; HARRIS (1976), METTING (1993) e CONCAWE (1980). Até o momento a utilização de lodo de esgoto em sistemas de *landfarming* se resume a aplicação do lodo juntamente com outros tipos de resíduos, não existindo sistemas exclusivos para o tratamento de lodos sépticos.

A respiração do solo é um dos indicadores da atividade microbiana aeróbica destacando-se como parâmetro para avaliar o potencial de biodegradação (mineralização) de resíduos conforme demonstra CASTRO et al. (1998). NANNIPIERI (1978) e SOPPER (1993) ressaltam também outras vantagens associadas à utilização da respiração do solo como indicador entre os quais destacam-se: a facilidade de determinação e a melhor correlação com a atividade microbiana do solo quando comparada com a contagem de populações.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a biodegradabilidade do lodo de fossa séptica através de ensaios de respirometria tendo em vista verificar a possibilidade do tratamento deste tipo de resíduo através de sistema controlado de tratamento no solo denominado *landfarming*.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para avaliação da biodegradação do lodo séptico foi baseada na quantificação da produção de CO₂ através da incubação “*in vitro*” de diferentes doses de lodo séptico para 20 gramas de solo (camada reativa) com duas repetições para cada dose durante o período de 28 dias. Foram investigadas 07 dosagens de lodo séptico: 0, 50, 200, 400, 800, 1200 e 1600 ton/ha ST.

O solo utilizado nas incubações foi inicialmente peneirado em malha com abertura de 2 mm e seco em estufa a temperatura de 105 °C. As frações de solo e lodo correspondentes a cada dosagem foram homogeneizadas corrigindo-se a umidade da mistura para o equivalente a 70% da capacidade de campo.

O sistema de incubação seguiu a metodologia descrita por Castro (1998 e 2000) através da utilização de frascos de cor âmbar para acondicionamento da mistura solo e lodo séptico. A mistura foi depositada no fundo dos frascos sendo então incubada com tubo de ensaio contendo 5 ml de NaOH (0,5 N). Após a incubação, os frascos foram hermeticamente fechados com tampa apropriada. A aeração das incubações foi feita através da abertura semanal dos frascos para as determinações titulométricas.

O método utilizado para determinação da respiração do solo consistiu na microdestilação do CO₂ com NaOH 0,5 N e posterior titulação do NaOH residual com H₂SO₄ (0,025 N) conforme metodologia de CARVALHO et al. (1994a e b), ALMEIDA e CARVALHO (1994a e b) e PETROBRAS (1997). O CO₂ atmosférico (branco), foi capturado em frascos vazios utilizados na incubação, inserindo dentro dos mesmos, tubos de ensaio com hidróxido de sódio 0,5 N.

Com base nos valores de produção de CO₂ foram traçadas as curvas de respiração do lodo séptico (mg CO₂ /100g solo x 7 dias) para os seguintes períodos: 07, 14, 21 e 28 dias (curvas de doses). A respiração líquida foi obtida descontando-se da respiração bruta, o valor da respiração dos respectivos controles (respiração do lodo isoladamente). A respiração adicional proporcionada pelas condições específicas do solo para degradação do lodo séptico foi obtida descontando-se da respiração líquida, o valor da respiração do solo (dosagem de 0 ton/ha).

Para minimizar a interferência da parcela de respiração do solo na quantificação da produção de CO₂ da mistura lodo séptico e solo buscou-se um solo com baixa concentração de matéria orgânica. O solo



selecionado caracteriza-se como saprólito, horizonte C/D em decomposição, tendo como material de origem o predomínio de argilitos da Formação Guabirotuba. O lodo séptico utilizado nos ensaios de respirometria foi de origem domiciliar, sendo o mesmo submetido a processo de desaguamento através de *bags* de polipropileno para elevação do teor de sólidos. Os parâmetros analíticos e metodologias para caracterização do solo e lodo séptico são relacionados na tabela 1.

Tabela 1: Metodologia para caracterização do solo e do lodo séptico utilizados nos ensaios de respirometria.

Caracterização físico-química do solo	
Elementos	Metodologia
pH	CaCl ₂
Carbono	Walkley e Black
P, K	Melich 1
Ca, Mg, Al	KCl
H + Al	Índice pH SMP
SB	Soma de bases trocáveis
T, V%	CTC a pH 7,0 ; Porcentagem de saturação de bases da CTC a pH 7,0
m%	Porcentagem da saturação de alumínio
Granulometria	Método da Pipeta
Caracterização físico-química do lodo séptico	
pH	H ₂ O (1 : 2,5)
N-total	Semi-micro Kjeldahl
P	Colorimetria
Ca, Mg	Compleximetria
K	Fotometria de Chama
Carbono	Walkley e Black
N-total	Semi-micro Kjeldahl
Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn	Resolução CONAMA 375/06: U.S. EPA - SW-846, 3050B e 3051.
ST, STF, STV	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21th Edition, American Water Works Association, 2005.

RESULTADOS

Caracterização do solo e do lodo séptico

As tabelas 2 a 6 apresentam os resultados da caracterização do solo e do lodo séptico utilizado nos ensaios de respirometria.

Tabela 2: Classificação textural do solo.

Areia	Silte	Argila
	%	
53,5	43,1	3,4

Tabela 3: Caracterização química do solo.

pH CaCl ₂	C g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
						cmol _c dm ⁻³				%	
4,55	1,27	2,46	0,09	0,36	0,34	1,20	3,18	0,79	3,97	19,9	60,3

Tabela 4: Teores de sólidos do lodo séptico.

Amostra	Sólidos Totais %	STF %	Relação STV/ST
Lodo séptico bruto	4,46	79,20	0,21
Lodo séptico desaguado	38,29	81,72	0,18



Tabela 5: Caracterização química do lodo séptico desaguado.

Amostra	pH	M.O.	N	C	P	K	Ca	Mg
				g Kg ⁻¹				
Lodo séptico	7,77	219,10	3,79	50,34	2,45	1,89	19,41	9,71

Tabela 6: Concentração de metais no lodo séptico desaguado.

AMOSTRA	Zn	Hg	Ni	Pb	Cr	Cd	Cu
				mg Kg ⁻¹			
Lodo séptico	319,71	0,69	14,99	69,94	39,96	<0,005	119,89
Conama 375/06	2800	17	--	300	1000	39	1500

Ensaio de Respirometria

As Figuras 1 a 4 apresentam as curvas de respiração (bruta, líquida e adicional) para as diversas dosagens de lodo séptico ao longo do período de monitoramento dos experimentos.

Figura 01: Respirações bruta, líquida e adicional para sete dias de experimento.

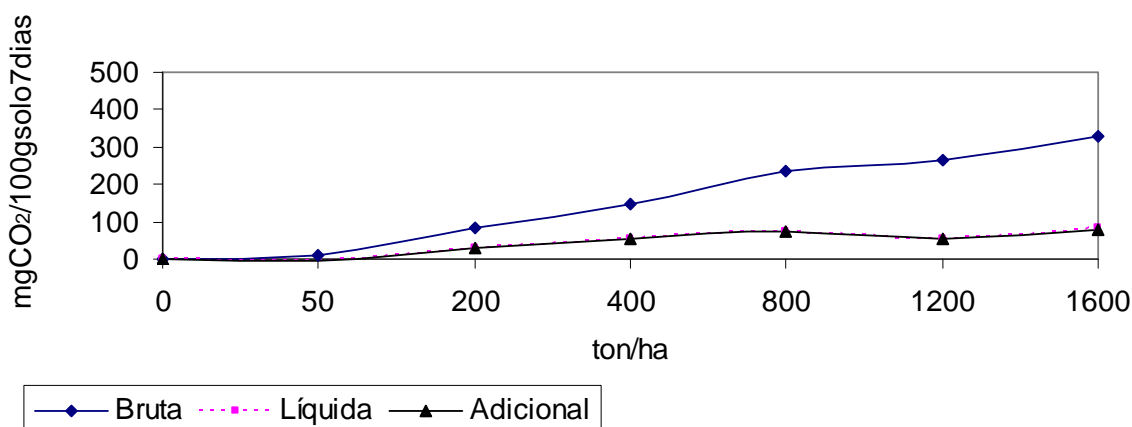


Figura 02: Respirações bruta, líquida e adicional para quatorze dias de experimento.

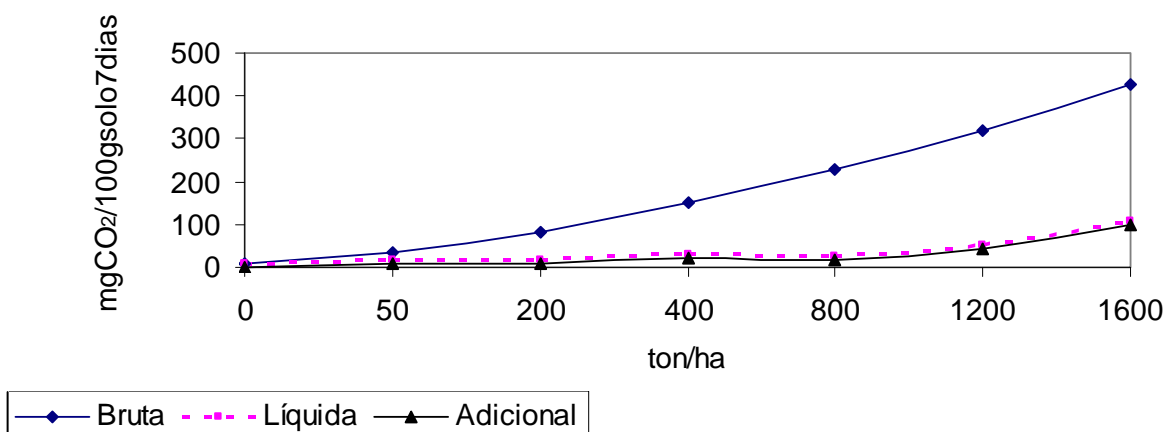




Figura 03: Respirações bruta, líquida e adicional para vinte e um dias de experimento.

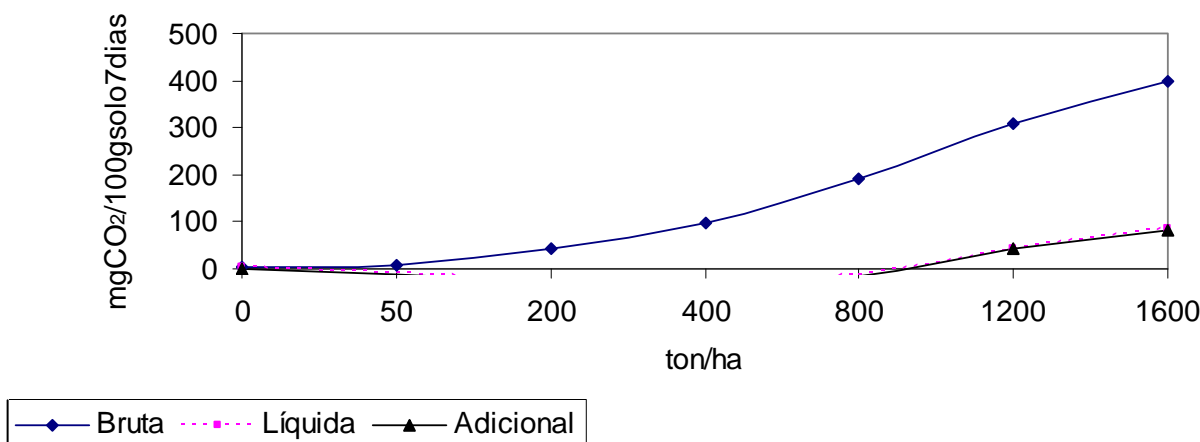
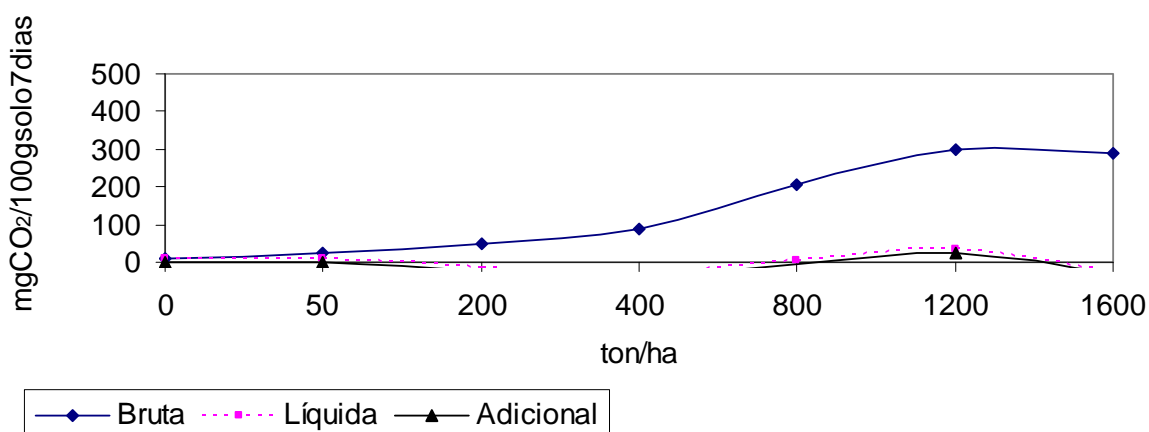


Figura 04: Respirações bruta, líquida e adicional para vinte e oito dias de experimento.



CONCLUSÕES

As curvas de dose indicaram taxas positivas de evolução de CO₂ para as respirações bruta, líquida e adicional para os períodos iniciais de 7 e 14 dias. Os valores positivos obtidos inicialmente indicam que existe a possibilidade de tratamento do lodo séptico estudado em camada reativa de sistema de *landfarming*. Neste caso, as aplicações devem ser realizadas em doses crescentes para a especialização da flora microbiana do solo com concomitante acompanhamento da respiração para determinação dos “inputs” de lodo séptico no sistema.

Para as leituras de 21 e 28 dias foram obtidos valores nulos ou negativos de respiração líquida e adicional, indicando que o sistema deve ser reabastecido de resíduo quinzenalmente para uma fase inicial e para uma dose pré-estabelecida. Neste caso faz-se necessário a quantificação do carbono no lodo de fossa séptica para a determinação da dose.

As respirações líquida e adicional foram de maneira geral, muito semelhantes. Este resultado estava previsto visto que o solo utilizado para incubação e desenvolvimento dos ensaios de respirometria apresentava baixos teores de carbono.

O resíduo incubado isolado apresenta elevadas taxas de respiração, indicando o potencial de biodegradação. Não significa que se disposto para tratamento isoladamente irá apresentar os mesmos resultados, já que com a incubação são geradas condições para este processo. Os resultados obtidos indicam a necessidade de



acompanhamento da respiração por períodos mais longos para se verificar a evolução da biodegradação do resíduo.

Não foi observado o comportamento de curva que indique toxicidade para o resíduo resultando em inibição das atividades microbianas. Tal evidência confirma os baixos valores de metais na análise do lodo séptico desaguado.

Como recomendação aos estudos, recomenda-se verificar parâmetros como a quantificação microbiana do lodo. Este parâmetro é importante para se verificar em escala real o potencial de competição quando da nova aplicação de lodo no sistema e se haverá interferência nas taxas de degradação em função da nova aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, M.H.L., CARVALHO, F.J.P.C.. Metodologia empregada para monitoramento das áreas de biorremediação e do landfarming da Repar. 1º Mesa Redonda sobre Química Analítica Ambiental da PETROBRÁS. 1994a.
2. ALMEIDA, M.H.L., CARVALHO, F.J.P.C. (1994b). Metodologia empregada na caracterização e determinação da dosagem da aplicação de resíduos para disposição no solo. 1º Mesa Redonda sobre Química Analítica Ambiental da PETROBRÁS. 1994b.
3. APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association & WPCF - Water Pollution Control Federation, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 st ed. Washington, DC.
4. 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. 2009.
5. HARRIS, J. O. Petroleum Wastes in the Soil in Land Application of Waste Materials. Published the Soil Conservation Society of America, Ankeny. Iowa. p. 313. 1976.
6. CARVALHO, F.J.P.C., SOUZA, S.L., CASTRO, R.A., RESENDE, E.E.B, RITTES, J.R.F., DYMINSKY, D.S. (1994a). Estabelecimento de metodologia para determinação “in vitro” da demanda de corretivos da camada reativa do solo do landfarming da REPAR – Refinaria Presidente Getúlio Vargas, – Petrobrás. Anais da 46ª SBPC. 1994a.
7. CARVALHO, F.J.P.C., SOUZA, S.L., CASTRO, R.A., RESENDE, E.E.B, RITTES, J.R.F., DYMINSKY, D.S. (1994b). Determinação da Respiração da camada reativa do solo do landfarming da REPAR – Refinaria Presidente Getúlio Vargas – Petrobrás, através da evolução do CO₂: otimização do sistema de incubação. Anais da 46ª SBPC. 1994b.
8. CASTRO, R. A. GONÇALVES, C. M., KRENCZYNSKI, M.C., NETO, N.N., CARVALHO, F.J.P.C., GRUBE, K., COELHO, I.J.E. Estudos sobre o co-tratamento de lodo de esgoto doméstico e resíduos oleosos com microorganismos do landfarming da refinaria “Presidente Getúlio Vargas” Petrobrás – REPAR. Rio Oil & Gas Conference. Anais. Rio de Janeiro, 1998.
9. CASTRO, R. A. Tratamento de lodo de esgoto urbano no solo com microorganismos de “landfarming” e substrato oleoso. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. 2000. p. 133.
10. CONCAWE. Sludge Farming: a Technique for the Disposal of Oily Refinery Wastes, Concaawe, Report N°. 3/80. The Hauge. 1980. p.95.
11. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1997. p. 212.
12. METTING, F. B. Jr. Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management. Marcel Dekker: New York. p. 646. 1993.
13. NANNIPIERI, P. Criteria for measurement of microbial growth and activity in soil. Soil Biol. Biochem. 1978.
14. PETROBRÁS. (1997). REPAR-NORMA ME-6360-027 – Método de ensaio – Determinação da atividade respiratória potencial. p. 22.
15. SOPPER, W.E. Municipal Sludge use in land reclamation, Boca Raton: CRC Press. 1993.
16. WALKLEY, A., BLACK, T.A. Na examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, p. 37. 1934.