



Vol. 2, No. 1, 41-48, 2009
ISSN 0718-378X

REVISTA AIDIS

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

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO LODO DE ESGOTO QUANDO SUBMETIDO À SECAGEM/HIGIENIZAÇÃO EM ESTUFA AGRÍCOLA

Márcia Regina Pereira Lima¹
Pedro Além Sobrinho²
Edvânia Rodrigues Queiroz Cunha³
Karla Schneider Vilela⁴
Lorena Frasson Loureiro⁵

Evaluation of the quality of sewage sludge when subjected to drying / cleaning cultivated in greenhouse

ABSTRACT

The intent of this investigation was to evaluate the performance of a greenhouse in drying and higienization of the sludge produced in the Wastewater Treatment Plants by activated-sludge processes and aerobically digested. The intention was to obtain material with characteristics that makes its utilization in the agriculture in agreement to the standard established by Resolution 375/2006 of the Conama. Therefore, different methodological conditions were studied such as the form of disposing the sludge inside the greenhouse, the revolving period of the sludge and the condition of adding or not alkaline material in the sludge. The monitored parameters were TS, VS, pH, moisture, thermo tolerant coliform, salmonella sp., viable helminth ova and heavy metal. Based on the results obtained it was possible to confirm that the utilization of the greenhouse was satisfactory for the appraised conditions, producing a Class A material, in conformity to the standard used.

Keywords: Sewage sludge, sludge management, sludge higienization, greenhouse.

¹Engenheira Civil - UFES (1989); Mestre em Engenharia Ambiental - UFES (1996); Doutoranda do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária - USP (desde 03/2006). Profa. do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental do CEFETES.

²Engenheiro Civil - USP (1967); Engenheiro Sanitarista - USP (1969); Master of Science in Public Health Engineering pela University of Newcastle upon Tyne - Newcastle upon Tyne - Inglaterra (1975); Mestre em Saúde Pública - USP (1976); Doutor em Engenharia - USP (1981); Professor Livre Docente - USP (1991); Doutor - EESC/USP (1998). Profo. Titular do Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP.

³Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental - CEFETES

⁴Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental - CEFETES

⁵Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental - CEFETES

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO LODO DE ESGOTO QUANDO SUBMETIDO À SECAGEM/HIGIENIZAÇÃO EM ESTUFA AGRÍCOLA

Márcia Regina Pereira Lima¹

Pedro Além Sobrinho²

Edvânia Rodrigues Queiroz Cunha³

Karla Schneider Vilela⁴

Lorena Frasson Loureiro⁵

¹ Engenheira Civil - UFES (1989); Mestre em Engenharia Ambiental - UFES (1996); Doutoranda do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – USP (desde 03/2006). Prof^a. do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental do CEFETES;

² Engenheiro Civil – USP (1967); Engenheiro Sanitarista –USP (1969); Master of Science in Public Health Engineering pela University of Newcastle upon Tyne - Newcastle upon Tyne – Inglaterra (1975); Mestre em Saúde Pública – USP (1976); Doutor em Engenharia – USP (1981); Professor Livre Docente – USP (1991); Doutor - EESC/USP (1998). Prof^o. Titular do Dept^o de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP.

³ Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental – CEFETES

⁴ Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental – CEFETES

⁵ Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental – CEFETES

Contact Av. Vitória, 1729 – Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo – CEFETES – Jucutuquara – Vitória (ES) – CEP 29.040-333 – marcialima@cefetes.br

Resumo:

Nesta pesquisa buscou-se avaliar o desempenho de uma estufa agrícola na secagem e higienização de lodo gerado em Estação de Tratamento de Esgotos por lodos ativados e digerido aerobiamente. A intenção foi obter um material com características que possibilitasse sua utilização na agricultura em acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução 375/2006 do Conama. Para tanto, foram estudadas diferentes condições metodológicas como a forma de dispor o lodo dentro da estufa, o período de revolvimento dele e a condição de adicionar ou não material alcalino a ele. Os parâmetros monitorados foram ST, STV, pH, umidade, coliformes termotolerantes, *salmonella* sp., ovos viáveis de helmintos e metais pesados. Baseado nos

resultados obtidos foi possível constatar que a utilização da estufa agrícola foi bastante viável para as condições testadas, gerando um material Classe A, segundo os padrões utilizados.

Palavras-chave: lodo de esgoto, gerenciamento de lodo, higienização de lodo, estufa agrícola.

Introdução e justificativa do trabalho

A busca por técnicas simplificadas para tratamento do lodo de esgotos sanitários visando uma forma benéfica de disposição final vem sendo alvo de muitas pesquisas. Isso porque a geração desse resíduo vem crescendo de forma acelerada e algumas formas de destinação final apresentam restrições que as tornam inviáveis, principalmente, sob os aspectos ambientais, econômicos e sociais.

No Estado do Espírito Santo, Brasil, quatro grandes estações que utilizam o processo de lodos ativados foram implantadas em diferentes municípios da Região Metropolitana (RMGV), a saber: Vila Velha (ETE Araçás), Vitória (ETE Mulembá), Cariacica (ETE Bandeirantes), Guarapari (ETE Aeroporto). De acordo com o projeto, a previsão é de que em 2009 a geração de lodo total das ETE será de 85 m³/dia, chegando a 235 m³/dia em 2023 (torta com 25% ST). Esse lodo atualmente é disposto em aterro sanitário particular a um custo bastante elevado.

Esta investigação se propõe a dar suporte ao gerenciamento do lodo gerado nas ETE, estudando uma técnica simplificada para melhoria de suas características visando à utilização do mesmo na agricultura. Essa pode não ser a única alternativa de disposição final do lodo, mas provavelmente trará contribuições importantes sob o ponto de vista ambiental, social e econômico para o estado. No espectro mais amplo, talvez possa contribuir no favorecimento de adoção de formas de tratamento e disposição final de lodos gerados em outras ETE, como também informações que poderão ajudar outros pesquisadores na constante busca por conhecimentos e novas tecnologias.

Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho foi estudar a variação das características químicas e microbiológicas de lodo gerado em Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), quando submetido à secagem/higienização em estufa agrícola, com e sem adição de material alcalino, disposto de diferentes formas, visando sua utilização na agricultura.

Metodologia utilizada e atividades desenvolvidas

O experimento foi desenvolvido na ETE Araçás (Vila Velha) por possuir condições específicas para o desenvolvimento da pesquisa. A ETE é dotada de gradeamento, medidor de vazão, caixa

de areia, tratamento biológico e desinfecção (tratamento da fase líquida); e digestão, adensamento e desaguamento (tratamento da fase sólida). A ETE trata esgoto tipicamente doméstico.

A torta de lodo desaguada em centrífuga foi encaminhada para uma estufa agrícola para promover a secagem/higienização do mesmo sem a adição de cal (células L1 e L2) e com a adição de cal (células LC1 e LC2) (FIGURA 1). A fim de avaliar o comportamento do processo de secagem/higienização do lodo na estufa foram adotadas condições metodológicas diferenciadas que se encontram apresentadas no QUADRO 1.

Os parâmetros monitorados foram: coliformes termotolerantes, *salmonella sp.*, *escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos (15 em 15 dias); ST, STV, STV/ST, pH e umidade (7 em 7 dias); metais pesados e parâmetros de interesse agrônômico (início e final de cada Ciclo). Foram monitoradas, também, as temperaturas dentro e fora da estufa e realizado teste inicial para verificar qual a porcentagem em peso seco de cal hidratada seria suficiente para que o pH atingisse os valores recomendados pelo CONAMA (MMA, 2006).

Tendo em vista que a finalidade da pesquisa é a utilização do material como insumo agrícola, o processo a ser estudado visa promover a redução do volume, a destruição dos microrganismos patogênicos e a redução dos odores. Os padrões pretendidos são os exigidos para lodo "Classe A" segundo a Resolução 375/2006 do CONAMA (MMA, 2006). Em função dos laboratórios estarem se adequando para atendimento a esta Resolução no que diz respeito à determinação de vírus, na época do desenvolvimento da pesquisa, este parâmetro não foi monitorado.

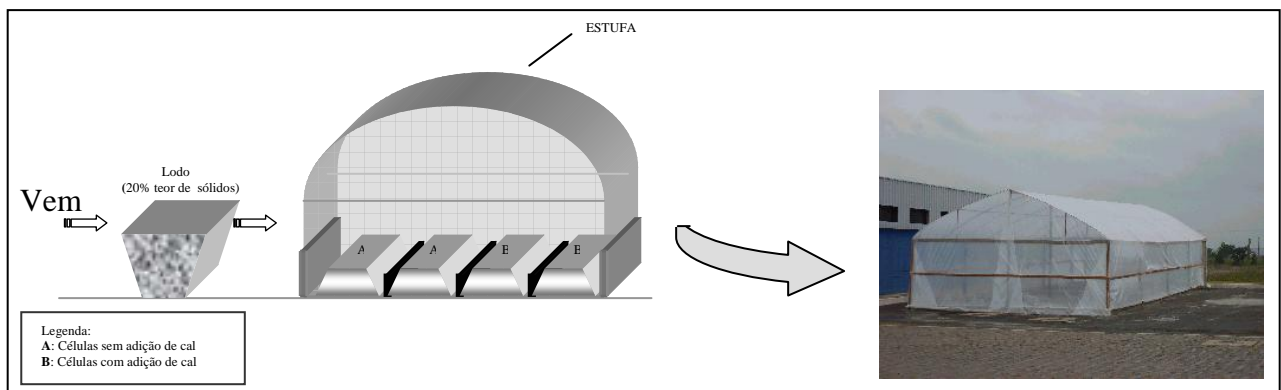


Figura 1 . Disposição das células de lodo dentro da estufa para o desenvolvimento da pesquisa e vista externa da estufa

Quadro 1. Condições metodológicas e período de monitoramento dos dois Ciclos

Ciclo	Forma de disposição lodo nas células	Revolvimento do lodo das células	Período
Ciclo A	<u>Primeiros 14 dias</u> – lodo espalhado com altura de 10 cm (L1, L2, LC1 e LC2). <u>A partir do 14º dia</u> – lodo em forma de leira com 50 cm de altura (L1, L2, LC1 e LC2).	<u>Primeiros 14 dias</u> – três vezes por semana. <u>A partir do 14º dia</u> – uma vez por semana	29/01/2007 a 09/04/2007
Ciclo B	<u>Durante todo o Ciclo</u> – lodo espalhado com altura de 10 cm (L1, LC1) e com altura de 20 cm (L2, LC2).	<u>Durante todo o Ciclo</u> – três vezes por semana.	05/07/2007 a 18/09/2007

Resultados obtidos

- Determinação da quantidade de cal a ser utilizada - Dentre as seis diferentes quantidades testadas, que variou de 6% a 39%, a que atendeu às exigências requeridas foi, aproximadamente, 15% de cal em peso seco de lodo para um teor de ST igual a 15,5%.

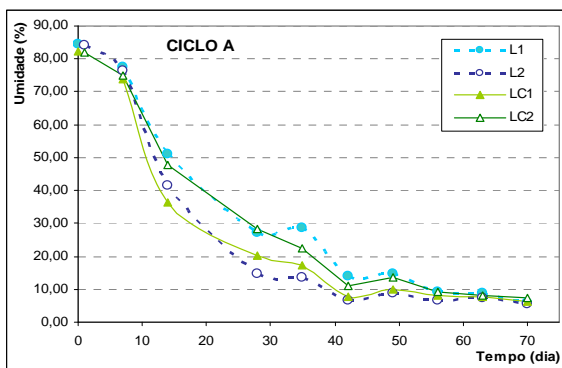
- Monitoramento da pesquisa - A estufa utilizada no experimento possibilitou temperaturas internas com valores máximos horários acima de 50°C (externa 30,3°C) durante o dia e os mínimos horários sempre superiores a 20°C, mesmo estando a temperatura externa, em alguns momentos, abaixo de 16°C. Considerando apenas os valores médios de temperatura obtidos dentro da estufa, percebe-se que a partir de 10 horas da manhã, essas já se encontram acima de 30º C, mantendo-se elevadas até, aproximadamente, 18 horas. Isso mostra que a estufa possibilita a manutenção de temperaturas internas elevadas mesmo em horários quando a externa já apresenta valores bem mais inferiores.

Não houve diferença expressiva na variação da umidade entre as células com lodo sem cal (L1 e L2) e as com lodo misturado à cal (LC1 e LC2) nos dois Ciclos. Porém, percebeu-se que o fato de realizar o revolvimento três vezes por semana possibilitou uma perda de umidade mais acelerada. No Ciclo B a tentativa de minimizar o espaço ocupado com lodo, espalhando-o com altura de 20 cm (L2 e LC2), representou uma diminuição muito lenta da umidade quando comparada com as células com altura de 10 cm (L1 e LC1). Na verdade, as células L1 e LC1 pelo fato de perder umidade mais rapidamente, em um determinado momento estavam com volume semelhante às células L2 e LC2 ocupando, então, a mesma área. Nos dois Ciclos, as células LC1 e LC2 mantiveram o pH acima de 12 durante as primeiras 2 horas e acima de 11,5 por mais 22 horas atendendo às exigências estabelecidas na Resolução 375/06 (MMA, 2006). No caso do lodo digerido sem cal (L1 e L2) o pH inicial foi acima de 5,5 nos três Ciclos mantendo-se

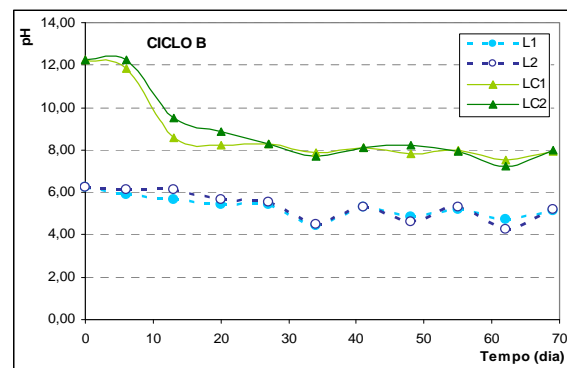
este patamar por vários dias, apresentando, em alguns casos, uma ligeira queda. As relações entre sólidos voláteis e totais (SV/ST) apresentaram comportamentos semelhantes nos dois Ciclos. Pôde-se notar que a adição da cal possibilitou uma redução mais acentuada nessa relação, sendo que o lodo digerido apresentava SV/ST em torno de 60%, enquanto que quando se adicionou cal a relação passou a ser de 50%.

No monitoramento de *salmonella* sp., a adição de cal ao lodo foi significativa na eliminação desse microrganismo, porém, no Ciclo B, o lodo utilizado no experimento já apresentou ausência de *salmonella* sp, não sendo possível avaliar a interferência da cal no controle do parâmetro. Para os coliformes, apesar de ter ocorrido recrescimento desse microrganismo, principalmente, nas células com cal (fato esse esperado), não foi relevante, pois LC1 manteve-se sempre com valores reduzidos e, ainda, de acordo com Ramirez e Malina (1980), caso o pH atinja valores inferiores a 11,5 é possível ocorrer a recolonização das bactérias e, nesse caso, o pH estava próximo a 8. Entretanto, pode-se perceber que a partir do 28º dia de experimento as concentrações desse microrganismo foram bastante desprezíveis quando comparados com os padrões estabelecidos pelo CONAMA (MMA, 2006). No caso dos ovos viáveis de helmintos, esses foram sempre inferiores ao padrão definido pela Resolução 375/2006 do CONAMA. Em virtude disso, a adição de cal não resultou em alterações representativas desses valores.

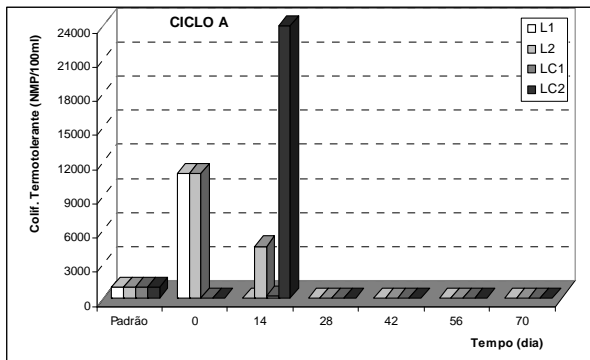
No Gráfico 1 encontram-se apresentados comportamentos de alguns parâmetros monitorados no Ciclo 1. Maiores detalhes dos outros parâmetros analisados nos três Ciclos serão apresentados no artigo completo.



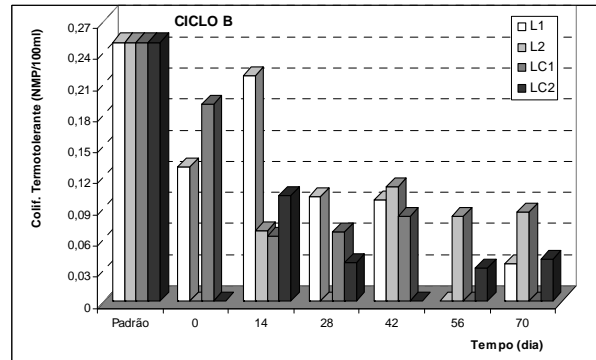
(1a)



(1b)



(1c)



(1d)

Gráfico 1. Variação dos parâmetros pH, umidade, coliformes termotolerantes e ovos viáveis de helmintos durante o monitoramento dos Ciclos A e B

Conclusões e Recomendações

Pode-se concluir que a estufa apresentou-se como uma técnica para secagem/higienização de lodo bastante interessante nas condições testadas. O lodo atingiu valores compatíveis com a resolução CONAMA 375/2006 já no 28º dia de experimento independente de se adicionar cal ou não ao mesmo. Sendo assim, recomenda-se a utilização do material na agricultura a fim de comprovar seu potencial agrônômico.

Referências

- Almendo-Candel, M. B.; Jordán, M. M.; Navarro-Pedreño, J.; MATAIX-SOLERA, J.; GÓMEZ-LUCAS, I. Environmental evaluation of sewage sludge application to reclaim limestone quarries wastes as soil amendments. *Soil Biology & Biochemistry*, doi: 10.1016, 2006.
- Bonnet, B. R. P.; Lara, A. I.; Domaszak, S. C. Indicadores biológicos de qualidade sanitária do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coord.). *Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto*. 2. ed. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, 2000. cap. 1, p. 11-26.
- Borowski, S.; Szopa, J. S. Experiences with the dual digestion of municipal sewage sludge. *Bioresource Technology*, v. 98, p. 1199–1207, 2007.
- Chang, A. C.; Pan, G.; Page, A. L.; Asano, T. Developing human health-related chemical guidelines for reclaimed water and sewage sludge applications in agriculture. WHO - World Health Organization, 2002.
- Comparini, J. B. Estudo do decaimento de patógenos em bio sólidos estocados em valas e em bio sólidos submetidos à secagem em estufa. 2001. 278 f. Tese - (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

- Dumontet, S.; Scopa, A.; Kerje, S.; Krovacek, K. The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge. *Air & Waste Management Association*, v. 51, p. 848-860, 2001.
- Kuchar, D.; Fukuta, T.; Onyango, M. S.; Matsuda, H. Sulfidation treatment of copper-containing plating sludge towards copper resource recovery. *Journal of Hazardous Materials B138*, p. 86-94, 2006.
- Lue-Hing, C.; Zenz D. R.; Kuchenrither R. *Municipal sewage management processing, utilization and disposal*. Pennsylvania: Technomic Publishing Company. 1992.
- Matthews, P. J. Control of metal application rates from sewage sludge utilization in agriculture. *CRC Critical Reviews Environmental Control*, v. 14, p. 199-250, 1984.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Resolução do Conama que dispõe sobre a Regulamentação do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 30 set. 2006.
- NRC- National Research Council. *Committee on the Use of Treated Municipal Wastewater Effluents and Sludge in the Production of Crops for Human Consumption. Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. p.178.
- Pinto, M. T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. *Lodo de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. v. 6, cap. 6, p.261-296.
- Ramirez, A.; Malina, J. F. Chemicals disinfect sludge. *Water and Sewage Works*, v. 127, n. 4, p. 52-5, 1980.
- Renoux, A. Y.; Rocheleau, S.; Sarrazin, M.; Sunahara, G. I.; Blais, J. F. Assessment of a sewage sludge treatment on cadmium, copper and zinc bioavailability in barley, ryegrass and earthworms. *Environmental Pollution*, v. 145, p. 41-50, 2007.
- Silva, S. M. C. P.; Fernandes, F.; Thomaz-Soccol, V.; Morita, D. M. Principais contaminantes do lodo. In: Andreoli, C. V.; Von Sperling, M.; Fernandes, F. *Lodo de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. v. 6, cap. 3, p. 69-121.
- US EPA – United States Environmental Protection Agency. *Water biosolids/sewage sludge use and disposal*. EPA/822/F-92/002: Cincinnati, 2000.
- Wright, J. Biosolid recycling and food safety issues. *Environmental Science and Technology*, n. 15, p.43-78, 2001.