



II-412 – DETERMINAÇÃO DA MELHOR RELAÇÃO TEMPO *VERSUS* TEMPERATURA PARA A ELIMINAÇÃO DE OVOS DE HELMINTOS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM REATOR TERMOHIDROLISADOR

Monica Eboly Barés⁽¹⁾

Mestranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - PPGERHA da UFPR, Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Maria Cristina Borba Braga

PhD em Tecnologia Ambiental pelo Imperial College of Science, Technology and Medicine – Universidade de Londres; Professora Adjunto, Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental/UFPR, Coordenadora do PPGERHA, Coordenadora do Lab. de Engenharia Ambiental Prof. Francisco Borsari Netto – LABEAM, Editora Regional para a América do Sul do jornal científico The Journal of Solid Waste Technology and Management.

Miguel Mansur Aisse

Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Professor Associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento – DHS e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da UFPR, Vice-Presidente da ABESPR.

Adalberto Noyola

Doutor em Engenharia na área de tratamento de águas residuárias pelo Instituto Nacional de Ciências Aplicadas (França). Pesquisador titular na área de Bioprocessos Ambientais no Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Diretor do Instituto de Engenharia - II/UNAM.

Sérgio Michelotto Braga

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR, Engenheiro Eletricista, com habilitação em Eletrônica, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFETPR, Professor Assistente do Departamento de Hidráulica e Saneamento da UFPR, Coordenador do Laboratório de Monitoramento Eletrônico do PPGERHA.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Paraná – Setor de Tecnologia – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Centro Politécnico – Jardim das Américas, Cx.P. 19011 – CPF: 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil - Tel: +55 (41) 3361-3045 – Fax: +55 (41) 3361-3143 – e-mail: monicaeboly@yahoo.com.br.

RESUMO

O uso de lodo de esgoto na agricultura é de grande importância devido ao seu potencial como corretivo do solo. Como todo resíduo de origem animal, o lodo de esgoto contém microorganismos patogênicos, que refletem de maneira direta as condições de saúde pública, animal e ambiental. Para a reciclagem e utilização do lodo de esgoto na agricultura, são necessários elevados níveis de estabilização da matéria orgânica e sanidade dos bio sólidos resultantes. Em função da qualidade sanitária do lodo produzido nas estações de tratamento de esgoto do Estado do Paraná, esta pesquisa propõe uma alternativa de estudo para a higienização de lodo de esgoto, para aplicação na agricultura, de acordo com as especificações da Resolução CONAMA nº 375/06. Para este estudo foi avaliada a relação tempo *versus* temperatura para eliminação de ovos de helmintos em termohidrolisador. Os resultados mais representativos foram obtidos para a combinação de 60°C a 60 minutos. Nestas condições, foram identificados valores de 0,25 ovo/g de ST para helmintos e 10^1 a 10^3 NMP/g de ST para coliformes termotolerantes. Para todas as amostras, com e sem tratamento térmico, foi identificada ausência de *Salmonella* spp. Os resultados obtidos permitiram concluir que o tratamento proposto foi eficiente, atingindo as exigências da Resolução do CONAMA nº 375/06, enquadrando o lodo resultante do processo de termohidrólise como Classe A.

PALAVRAS-CHAVE: Coliformes Termotolerantes, Ovos de Helmintos, Lodo de Esgoto, Higienização, Patógenos.

INTRODUÇÃO

O uso de lodo de esgoto na agricultura é de grande importância devido ao seu potencial como corretivo do solo. A reciclagem agrícola tem sido considerada a melhor opção de destinação dos bio sólidos em todo o mundo, pois completa o ciclo de nutrientes minerais. Entretanto, o conteúdo de organismos patogênicos no lodo de esgoto é o fator limitante para a sua utilização, pois está associado à transmissão de enfermidades graves (Barros *et al.*, 2006).



Como todo resíduo de origem animal, a qualidade do lodo reflete, de maneira direta, as condições de saúde pública, animal e ambiental. Basta apenas um ovo de helminto, ou um cisto de protozoário, para infectar o hospedeiro e ocorrer infestação da população. Portanto, para a reciclagem e utilização do lodo de esgoto na agricultura, são necessários elevados níveis de estabilização da matéria orgânica e sanidade dos bio sólidos resultantes.

Assim, a desinfecção do lodo tem por objetivo eliminar os microorganismos patogênicos e os ovos de helmintos. Segundo Kowal (1985), os cistos de protozoários e os ovos de helmintos sobrevivem no solo de 2 a 10 dias e de 2 a 7 anos, respectivamente. Baseado nestas considerações faz-se necessária a utilização de alternativas que eliminem ou diminuam, sensivelmente, a presença de patógenos, aliados ao controle de higienização. Atualmente, o Estado do Paraná, uma alternativa empregada é o tratamento alcalino (Barros *et al.*, 2006).

Em função da qualidade sanitária do lodo produzido nas estações de tratamento de esgoto do Estado do Paraná, e visando atender as especificações da Resolução do CONAMA nº 375/06, esta pesquisa propõe uma alternativa de tratamento para a higienização de lodo de esgoto para aplicação na agricultura baseada na relação tempo *versus* temperatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa envolveu a identificação da relação tempo *versus* temperatura mais adequada para a remoção de patógenos, como *Salmonella* spp., coliformes tolerantes e ovos de helmintos, visando produzir bio sólidos para a aplicação na agricultura que estejam de acordo com as especificações da Resolução do CONAMA nº 375/06. Para isso foram utilizados tempos de 30 min, 60 min e 90 min *versus* temperaturas de aquecimento de 50°C, 60°C e 70°C, conforme apresentado no Quadro 1. Desta determinação foi avaliada a melhor condição de remoção de patógenos no lodo de esgoto.

Quadro 1: Composição da relação tempo *versus* temperatura para o reator termohidrolisador

		Temperatura (°C)		
		50	60	70
Tempo (min)	30	X	X	X
	60	X	X	X
	90	X	X	X

A composição do lodo hidrolisado termicamente foi de 60% em massa, de lodo primário, proveniente da estação de tratamento de esgoto da SANEPAR (ETE-Belém) em Curitiba-PR, e 40% em massa, de lodo secundário, proveniente da estação de tratamento de esgoto da SANEPAR (ETE-AUDI), em São José dos Pinhais - PR. Esta mistura foi adotada para representar as proporções do lodo de descarte, características do processo de lodos ativados convencional (decantação primária, tanque de aeração e decantação secundária). Entretanto, como em Curitiba-PR, as estações da SANEPAR, que operam por lodos ativados, são do tipo aeração prolongada e, portanto, não produzem lodo primário, foi necessária a produção deste componente da mistura em estação piloto, situada na Estação de Tratamento de Esgoto Belém (ETE-Belém), conforme Figura 1.



Figura 1: Estação Piloto (ETE–Belém)

O reator termohidrolisador, com mostra a Figura 2, constitui-se de uma mesa com sistema de controle térmico, por meio de um sensor posicionado em um recipiente que contém o lodo de esgoto. Este sistema opera em um gradiente de temperatura, com variação de $\pm 1^\circ\text{C}$, atualizado constantemente se houver variação. Toda visualização do sistema de controle térmico é digital, o que diminui a margem de erro para a leitura da temperatura. Para completar o sistema de aquecimento, foi projetada e instalada uma mesa constituída por uma placa de aquecimento e um dispositivo liga-desliga, acoplado a um “led” para o controle do aquecimento da placa. A função desta placa é fornecer temperatura constante e uniforme a toda amostra de lodo a ser termohidrolisada.

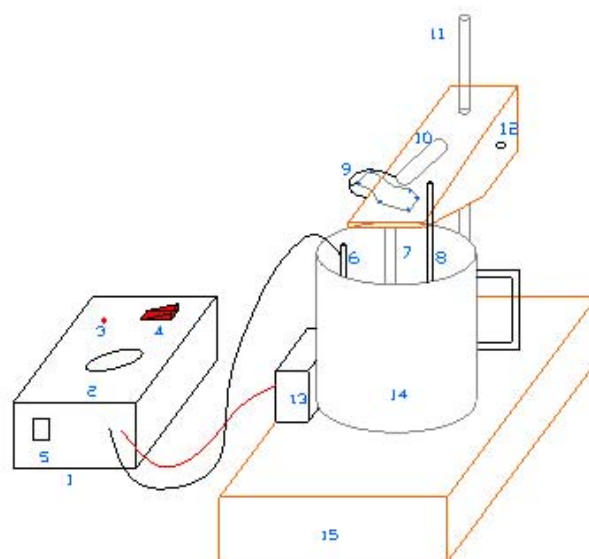


Figura 2: Reator Termohidrolisador

Legenda: 1 = mesa com sistema de controle térmico; 2 = painel digital; 3 = lâmpada; 4 = botão liga-desliga a mesa com o sistema de programação do controle térmico; 5 = botão liga-desliga o alarme; 6 = sensor de temperatura; 7 = agitador em pá; 8 = termômetro; 9 = alça do agitador em pá; 10 e 11 = Suporte para o agitador em pá; 12 = botão liga-desliga – pá do agitador; 13 = ventilador; 14 = reator; 15 = mesa do sistema de aquecimento térmico.

De cada combinação tempo *versus* temperatura foram coletadas amostras e realizados ensaios com 5 repetições, além das amostras de lodo bruto composto (60% lodo primário, 40% lodo secundário). Para



determinar a concentração de ovos de helmintos foi utilizada a técnica do número e da viabilidade *in vitro*, de acordo com o método de Yanko modificado (SOCCOL *et al.*, 2000), que foi adaptado para as condições e equipamentos laboratoriais disponíveis. Os ovos foram contados em câmara de Sedgwick-Rafter, em microscópio ótico Lambda, modelo LMR-2, com aumento de 10 vezes.

Para auxiliar na decisão da melhor relação tempo *versus* temperatura para a eliminação dos ovos de helmintos foi utilizada a análise de variância, seguido do teste de Tukey, para a média aritmética de 5 repetições do experimento e os respectivos desvios padrões de cada média. Os cálculos foram realizados com o programa computacional Statistica 6.0.

A contagem de coliformes termotolerantes foi realizada pela técnica do substrato cromogênico (Colilert), segundo MELO *et al.*, 2001. Para a determinação de presença ou ausência de *Salmonella* spp., foram utilizados meios seletivo e de isolamento. Para um possível enriquecimento de culturas de *Salmonella*, amostras de lodo bruto composto e tratado foram transferidas para caldo *Salmonella*, com incubação por 24 horas a 36° C. Após este tempo, amostras do material incubado foram transferidas para meios diferenciais, caldo Rappaport, caldo selenito-cistina e caldo tetrationato de Kauffmann e incubados por 24 horas a 36°C. Do caldo *Salmonella*, também foi realizado esfregaço em meios sólidos de isolamento, em placa de Petry, ágar verde brilhante-eosina-azul de metileno, ágar Rambach, ágar *Salmonella*-*Shigella*, ágar xilose-lisina desoxicolato e agar bismuto-sulfito, com incubação das placas por 24 horas a 36°C, de acordo com metodologia especificada por Andraus *et al.* (2000).

RESULTADOS

Os resultados obtidos permitiram observar ausência de *Salmonella* spp., em todas as amostras de lodo bruto e composição de 60% de lodo primário e 40% de lodo secundário, nas combinações tempo *versus* temperatura.

O resultado da viabilidade dos ovos de helmintos apresentou, em média, 86% de Ancilostomídeos, 12% de *Ascaris* sp, e 2% dos demais ovos de helmintos, em todas as amostras com e sem aquecimento. Não foi observada a eliminação total de ovos, porém ocorreu diminuição a cada aumento de temperatura e a cada aumento do tempo, sendo que a melhor relação temperatura *versus* tempo foi de 60°C por 60 minutos, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da média da viabilidade de ensaios de helmintos para 5 repetições

Amostra / Média e Desvio Padrão de helmintos	Ancilostomídeos (nº de ovos)	<i>Ascaris</i> sp (nº de ovos)	<i>Trichuris</i> sp (nº de ovos)	<i>Hymerolepis</i> sp (nº de ovos)	<i>Taenia</i> sp (nº de ovos)	Ovos totais (nº de ovos/ g de ST)
Mistura Mãe	176,3 (±27,1)	10,8 (±1,9)	1,0 (±1,0)	0,0	0,3 (±0,5)	0,60 (±0,1)
50°C/30 min	159,7 (±21,9)	13,8 (±1,7)	0,8 (±1,0)	0,0	0,3 (±0,5)	0,52 (±0,1)
50°C/60 min	125,3 (±39,4)	17,8 (±5,3)	0,8 (±0,8)	0,0	0,5 (±0,6)	0,52 (±0,2)
50°C/90 min	105,8 (±12,6)	22,0 (±7,8)	0,5 (±0,6)	0,0	0,8 (±0,8)	0,51 (±0,1)
60°C/30 min	120,3 (±22,2)	12,0 (±0,6)	0,2 (±0,5)	0,0	0,2 (±0,4)	0,44 (±0,1)
60°C/60 min	71,0 (±3,2)	7,0 (±0,8)	0,2 (±0,4)	0,0	0,2 (±0,4)	0,25 (±0,1)
60°C/90 min	65,5 (±6,6)	6,0 (±0,8)	0,2 (±0,5)	0,0	0,2 (±0,4)	0,25 (±0,1)
70°C/30 min	86,0 (±29,1)	15,0 (±2,0)	0,6 (±0,6)	0,0	0,2 (±0,4)	0,30 (±0,1)
70°C/60 min	62,3 (±10,8)	6,8 (±1,8)	0,6 (±0,6)	0,0	0,2 (±0,4)	0,25 (±0,1)
70°C/90 min	61,7 (±15,5)	7,8 (±0,8)	0,0	0,2 (±0,4)	0,0	0,24 (±0,1)

De acordo com os resultados de contagem de ovos viáveis de helmintos, foi constatado que a relação tempo *versus* temperatura, 60°C por 60 minutos, atende às exigências da Resolução do CONAMA nº 375/06, de 0,25 ovo/g de ST enquadrando o lodo tratado termicamente na Classe A, conforme apresentado na Figura 4.

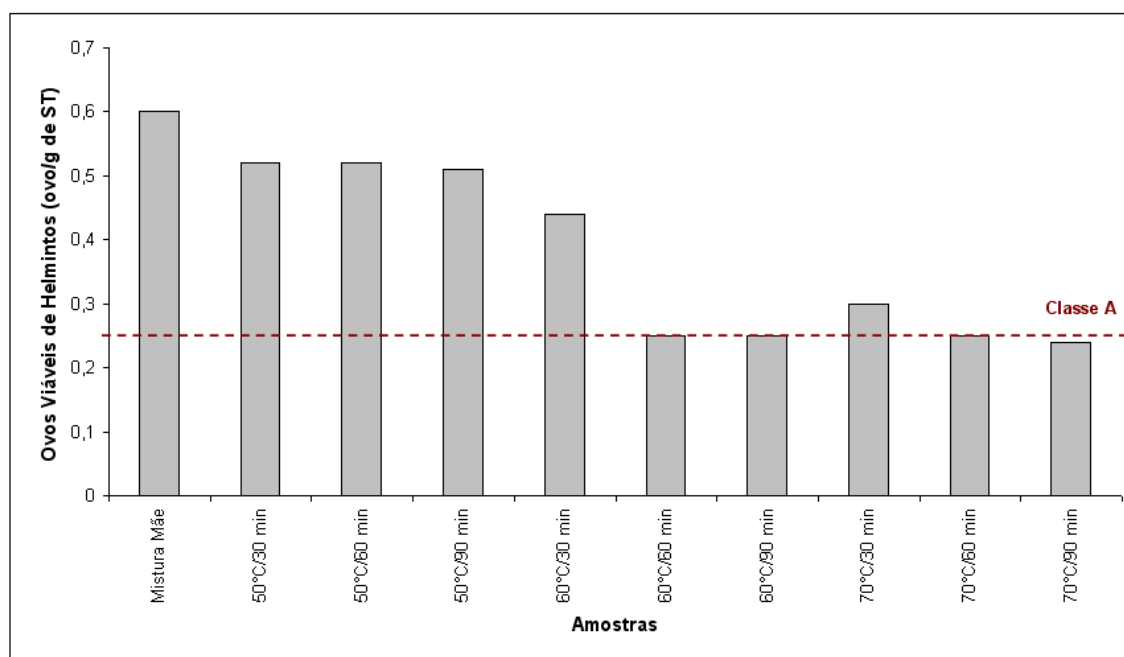


Figura 4: Ovos viáveis de helmintos conforme Resolução do CONAMA n° 375/06

Os resultados obtidos para coliformes termotolerantes para o tratamento proposto, apresentaram concentrações que variaram de 10^1 a 10^3 NMP/g de ST, para todas as amostras tratadas termicamente (Tabela 2.).

De acordo com a Resolução CONAMA n° 375/06, para o enquadramento na Classe A, os lodos devem apresentar concentração de coliformes termotolerantes inferior a 10^3 NMP/100 mL. Os resultados obtidos para as combinações tempo *versus* temperatura permitiram observar, que não havia diferença numérica entre os resultados para tratamento térmico a 60°C e 70°C, a partir de 60 minutos para a temperatura de 60°C. Assim, para suportar a decisão da escolha da relação tempo *versus* temperatura, foi aplicado o método da análise da variância, o que permitiu deduzir que não havia diferença estatística significativa entre os valores de contagem dos ovos viáveis. Com base neste resultado, para economizar energia elétrica e tempo de trabalho, optou-se pela relação 60°C/60 min.

Tabela 2: Valores das Concentrações dos Coliformes Totais e Fecais com e sem tratamento térmico

Amostras	Coliformes Totais (NMP/g de ST)	Coliformes Fecais (NMP/g de ST)
Mistura Mãe	$0,3 \times 10^5$	$0,8 \times 10^3$
50°C/30 min	$0,5 \times 10^3$	$0,4 \times 10^3$
50°C/60 min	$0,1 \times 10^3$	$0,8 \times 10^2$
50°C/90 min	$0,3 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$
60°C/30 min	$0,2 \times 10^2$	$0,6 \times 10^1$
60°C/60 min	$0,2 \times 10^2$	$0,8 \times 10^1$
60°C/90 min	$0,1 \times 10^2$	$0,3 \times 10^1$
70°C/30 min	$0,3 \times 10^1$	0,6
70°C/60 min	$0,5 \times 10^1$	0,5
70°C/90 min	$0,3 \times 10^1$	0,84

CONCLUSÕES

O desenvolvimento experimental do tratamento térmico do lodo misto de ETE, baseado na combinação de tempo e temperatura, aplicado a um reator termohidrolisador, possibilitou constatar a ausência de *Salmonella* spp., a diminuição do número de ovos viáveis de helmintos e a redução de coliformes termotolerantes. Os resultados do tratamento térmico para higienização de lodo de esgoto para aplicação na agricultura mostraram que o produto atendeu aos padrões sanitários exigidos pela Resolução CONAMA n° 375/06 para lodo Classe A.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; o Laboratório de Parasitologia da Universidade Positivo (UP) e ao Laboratório de Microbiologia e Toxicologia da TECPAR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. 2ª edição. Curitiba: SANEPAR, p 86, 2000.
2. ANDRAUS, S.; BORGES, J. C.; HIGASKINO, C. E. K.; TAKAMATSU, A. A. Pesquisa de *Salmonella* spp. em amostras de lodo de esgoto e solo: isolamento e identificação. In: Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto (ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. Coord.). p. 65-67, SANEPAR/PROSAB. 2ª ed. revisada. Paraná, 2000.
3. BARROS, I. T.; COSTA, A. C. S. da; ANDREOLI, C. V. Avaliação de higienização de lodo de esgoto anaeróbio através do tratamento ácido e alcalino. SANARE. Revista técnica da SANEPAR, Curitiba, v. 24, n. 24, p. 61-69, jan./jun. 2006.
4. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 375 (29/08/06). Endereço eletrônico: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. 32p. 2007.
5. KOWAL, N. E. Health effects of land application of Municipal sludge. Washington: EPA, 1985.
6. MELO, H. N. S.; NETO, C. O. A.; MELO, J. L. S. e LIMA, A. M. Estudo comparativo entre os métodos da membrana filtrante e do substrato cromogênico para determinação de coliformes fecais e *Escherichia coli*. In: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: aspectos metodológicos. Coordenador: Carlos Augusto Lemos Chernicharo. p. 51-60, PROSAB. Belo Horizonte – MG, 2001.
7. SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. Metodologia de análise parasitológica em lodo de esgoto. In: Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto (ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. Coord.). p. 27-41, SANEPAR/PROSAB. 2ª ed. revisada. Paraná, 2000.