

OS BIOSÓLIDOS DO REATOR ANAERÓBIO DA SÉRIE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARACANAÚ - SIDI

Fernando José Araújo da Silva

Professor Assistente da
Universidade de
Fortaleza - UNIFOR

Avelardo Urano de Carvalho Ferreira

Técnico em Química pela
Escola Técnica Federal
do Ceará. Estagiário da
Superintendência
Estadual do Meio
Ambiente - SEMACE

José Capelo Neto

Engenheiro Químico,
Mestre em Engenharia
Hidráulica e Ambiental
pela Universidade
Federal do Ceará - UFC

Virgílio César Aires de Freitas

Professor Assistente da
Universidade de
Fortaleza - UNIFOR

RESUMO

Considerou-se o impacto potencial a ser causado pela disposição no solo, dos biosólidos de uma lagoa anaeróbia, tratando efluentes industriais. O volume de sólidos acumulados na lagoa foi pequeno, mas com distribuição bastante irregular. O lodo estava bem estabilizado ($DQO/DBO = 8,2$). Os conteúdos de N e P foram altos, podendo melhorar o estado trófico do solo onde foi disposto o lodo. No entanto, o uso imediato do solo para qualquer cultivo vegetal seria limitado pelo excesso de amônia e sulfeto presentes no lodo. As concentrações de metais foram elevadas, mas não sugeriram impacto potencial significativo para a mistura solo-lodo. A salinização do solo e a migração de poluentes devem ser consideradas em estudos futuros.

ABSTRACT

This paper approached the potential impact of anaerobic pond sludge disposed on soil. Major concerns considered the fact that the reactor was for industrial wastewater treatment. Solids accumulated into the pond was low but with very irregular distribution. The sludge was well stabilised ($COD/BOD = 8.2$) and N e P content would enhance trophic condition of the soil in which sludge was disposed on. However, immediate soil use for plant growth would be limited by high concentrations of ammonia and sulphide. Metal concentrations were high but did not show to be hazardous when considering the soil-sludge matrix. Soil salinization and pollutants migration should be considered in future studies.

INTRODUÇÃO

Muitos estudos foram conduzidos acerca de lagoas de estabilização no Nordeste

Brasileiro (e.g. Mara e Silva, 1979; Pearson et al., 1996; Silva et al., 1996). No entanto, pouco se

Investigou sobre o lodo acumulado em lagoas, sendo exceção o trabalho de Leite (1986). Além disto, a maioria das pesquisas sobre lagoas foi realizada em sistemas experimentais e em escala-piloto. Tais sistemas operaram sob condições ideais, com vazões constantes, tratando esgotos tipicamente doméstico e com poucas variações. Assim, as pesquisas colaboraram bastante, para que nos últimos vinte anos houvesse um incremento considerável no número de estações de tratamento de esgotos (ETE's) por lagoas de estabilização no estado do Ceará. Dados mais recentes apontam o número de 40 instalações (da Silva e Silva, 1999).

Os intervalos para remoção de lodo de lagoas de estabilização é variável, mas nunca menor que 5 anos para lagoas anaeróbias, e sempre maiores que 10 anos para lagoas facultativas (Mendonça, 1990). Apesar do longo tempo necessário para remoção de lodo de lagoas, no Ceará, os próximos anos demandarão estudos especiais para a disposição destes. De acordo com Tsutiya (1999), o destino potencial de biosólidos gerados em ETE's é bastante variável, desde simples disposição em aterros sanitários até a oxidação e uso destes na composição de materiais de construção. No Nordeste brasileiro, o emprego de alternativas complexas pode elevar consideravelmente o custo de remoção/disposição de lodos, comprometendo a performance das ETE's de lagoas, já que em muitos setores o poder público tem limitações financeiras.

Possivelmente, o destino mais apropriado para disposição de biosólidos seja agrícola. Os biosólidos poderiam melhorar as características dos solos da região, com aumento da capacidade de retenção de água, acréscimo do conteúdo húmico, nutrientes e oligo-elementos. No entanto, é necessária a investigação do conteúdo dos lodos, para evitar impactos ambientais e riscos à saúde pública.

O SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARACANAÚ

O sistema integrado de tratamento de águas residuárias domésticas e industriais de Maracanaú - SIDI (3°52'57" S, 38°37'35" O, 45 m

acima do nível do mar), trata os efluentes de 7 (sete) conjuntos habitacionais e de pelo menos 45 indústrias. Dentre as atividades industriais destacam-se as têxteis e as de alimentos (Carvalho et al., 1999). A série de lagoas era constituída de 5 unidades, sendo a primeira anaeróbia, seguida de uma lagoa facultativa secundária e três lagoas de maturação. O sistema de Maracanaú era, à época de sua construção, um dos maiores da América do Sul, ocupando uma área total de 84 hectares.

O SIDI está em operação há 7 anos, e no período de maio a novembro de 1998, foi feita a remoção do lodo acumulado no primeiro reator (lagoa anaeróbia). O lodo foi disposto em leitos de secagem simplificados constituídos de material areno-argiloso na área da própria ETE. A área de disposição de lodo ficava ao lado da lagoa anaeróbia (Figura 1).

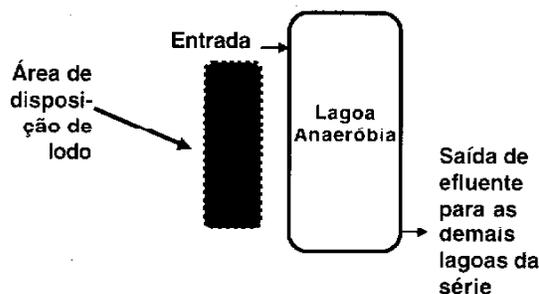


Figura 1 - Esquema de representação da área de disposição de lodo

Esta foi a primeira oportunidade de caracterização de sedimento de lagoa de estabilização em escala real, tratando águas residuárias compostas (industrial e doméstica). A lagoa anaeróbia do SIDI (30 x 1055 m, e profundidade de 4 m) operou com vazão entre 84 e 116 l/s, do início do funcionamento (março de 1992), até outubro de 1998. De acordo com o trabalho de Carvalho et al. (1999) a remoção de matéria orgânica (DBO e DQO) nesta lagoa foi em torno de 60%.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi medida a camada de biosólidos acumulados na lagoa anaeróbia, com o emprego do teste da toalha branca, conforme descrito por

Pearson et al. (1987). A medição foi feita ao longo do eixo longitudinal da lagoa, com intervalos de distância que variaram de 10 a 200 m. Foram realizadas duas medições nos meses de setembro e outubro de 1997.

Antes da remoção do lodo da lagoa (maio a novembro de 1998), foram coletadas 11 amostras de sedimento. Improvisou-se um amostrador de PVC com volume de 1,5 litros, perfurado no fundo e nas laterais (cerca de 2 mm cada furo), e com sobre-peso de 1 kg acoplado ao fundo do copo de coleta de amostras.

As amostras coletadas foram acondicionadas em caixa térmica contendo gelo e analisadas nos laboratórios da Divisão de Análises e Pesquisas - DIAPE da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, em Fortaleza, Ceará. Nas amostras semi-sólidas foram determinados os seguintes parâmetros: pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio Kjeldahl total (TKN), amônia, fósforo total, sulfeto total, peso específico, condutividade, sólidos totais e parcela de sólidos voláteis. Também, foram determinados por espectrofotometria de chama de absorção atômica, as concentrações totais dos seguintes metais: ferro, cobre, zinco, cádmio, chumbo, níquel e cromo. Todos os procedimentos seguiram as recomendações descritas em APHA (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume de lodo acumulado na lagoa foi baixo e mal distribuído. O início da operação da estação em regime emergencial fez com que o tratamento preliminar fosse uma ação secundária. Desta forma, a quantidade de sólidos grosseiros chegando à lagoa anaeróbia foi muito elevada, causando assoreamento dos primeiros 50 metros do reator. Junto ao dispositivo de saída da lagoa houve também um acúmulo de material, devido ao fluxo e revolvimento de sólidos neste local, sendo considerada também a ação do vento. A Figura 2 mostra o perfil traçado a partir do teste da

toalha branca. Os resultados mostraram que apenas 6% (cerca de 700 m³) do volume total do reator estava ocupado por lodo. No entanto, a má distribuição de sólidos poderia provocar curto-circuito hidráulico. A relação comprimento: largura (35:1) também contribuiu para o acúmulo irregular de biosólidos. A proposta de dimensionamento de um reator com estas características era diminuir a dispersão de fluxo, e assim, melhorar seu desempenho. É possível que esta configuração geométrica tenha contribuído para a distribuição irregular de sólidos.

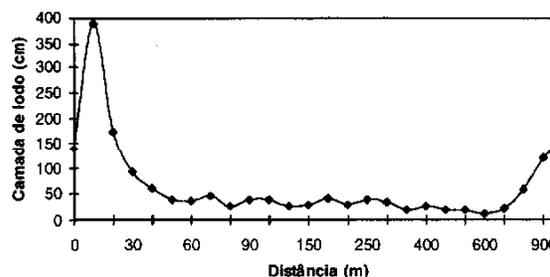


Figura 2 - Perfil de lodo acumulado na lagoa anaeróbia do SIDI

A contribuição *per capita* de biosólidos foi baixa (1,5 litros/hab.ano), com um acúmulo anual de 117 m³, e sendo cerca de 26 vezes menor que o valor sugerido por Mara e Mills (1994). A base de cálculo considerou um equivalente populacional de 76403 habitantes, para um período de operação de 2196 dias. Considerou-se a contribuição *per capita* de esgoto de 100 litros/dia, baseada em da Silva et al. (1998). Cabe a ressalva de que esta avaliação seria mais precisa, caso a medição da camada de lodo acumulada tivesse sido efetuada através de métodos mais precisos, como o de batimetria.

O peso específico das amostras foi de 1,28 ton./m³, variando de 1,12 a 1,42 ton./m³. O conteúdo de sólidos foi de 143,8 Kg/m³, variando de 109,4 a 180,8 Kg/m³. A Tabela 1 apresenta outros parâmetros investigados, exceto os metais investigados. (Ver tabela na página seguinte).

Parâmetro	Valor médio	Varição	Desvio padrão
pH (unidades)	6,91	6,58 - 7,00	0,16
DBO (g/L)	10,4	5,6 - 14,1	3,14
DQO (g/L)	85,4	56,0 - 126,8	25,31
Sólidos voláteis (%)	43,1	29,3 - 53,8	7,87
Amônia (mg N/L)	943	525 - 1275	261,20
TKN (mg N/L)	3962	3081 - 4770	749,87
Fósforo total (mg P/L)	587	495 - 726	79,87
Sulfeto total (mg S/L)	481	174 - 690	189,75
Condutividade (μ Scm)	8667	8200 - 9000	416,33

Tabela 1 - Características físico-químicas do lodo da lagoa anaeróbia do SIDI.

A relação DQO/DBO (8,2) mostrou que o lodo tinha conteúdo orgânico bastante estável, comparado com o esgoto bruto (2,9) do estudo de Carvalho et al. (1999). A parcela de material volátil dos sólidos (43%) foi compatível com o que apresentou Polprasert (1996). Deve ser observado que tanto o lodo digerido como em digestão estavam contidos indistintamente nas amostras. Provavelmente, amostras retiradas de extratos mais profundos da camada de lodo teriam uma relação DQO/DBO maior e menor parcela volátil, sendo bem mais estável. O elevado conteúdo de matéria orgânica seria apropriado a solos predominantemente arenosos e de baixo conteúdo húmico. O solo da área de disposição seria beneficiado, pois de acordo com Brandão (1995), a classificação deste é Podzólico Vermelho-Amarelado Distrófico. Caracteristicamente, é ligeiramente ácido, com predominância de textura arenosa, requerendo para cultivos a correção do pH e o uso de fertilizantes.

Dados preliminares mostraram que as concentrações relativas de C orgânico, N e P, foi elevada (34, 18 e 5%, respectivamente), e maiores que as apresentadas por Polprasert (1996), para N e P. Observe-se porém, que os resultados foram para amostra-solução em

estado semi-sólido, e não de amostra seca. Portanto, estão incluídas as concentrações existentes na água intersticial do lodo.

O lodo continha elevadas concentrações de amônia e sulfeto, que seriam tóxicas à maior parte da microflora do solo e também às plantas. As parcelas gasosas de amônia e sulfeto, calculadas a partir da influência da temperatura e pH (Snoeyink e Jenkins, 1980), foram bastante elevadas: 292 mg N/L e 282 mg S/L. Estes valores sugerem que pode ter havido desconforto nos que trabalharam com a disposição do lodo, constituindo um problema de saúde do trabalho. Por outro lado, para solos arenosos e distróficos, as altas concentrações sulfeto encontradas seriam benéficas (Lopes e Guilherme, 1992).

As concentrações metais foram extremamente elevadas (Tabela 2). Seriam de grande preocupação caso o lodo fosse despejado em corpos hídricos superficiais ou próximos a fontes de águas subterrâneas. Os resultados mostraram a importância do uso de lagoas anaeróbias e a capacidade destas em precipitar metais, principalmente na forma de sulfetos insolúveis em conformidade com o que sugerem Mara e Pe arson (1986).

Metal	Pb	Cr	Cd	Cu	Fe	Ni	Zn
Concentração por massa de lodo úmido (g/Kg)*	5,7	42,0	0,9	15,9	244,0	5,2	7,8
Concentração no solo seco (mg/Kg)**	51,3	374,1	7,6	141,2	2171,8	46,6	69,4
Concentração na solução semi-sólida (mg/L)	7,3	53,8	1,1	20,3	312,3	6,7	10,0

* Concentração na solução/peso específico

** Concentração na solução/concentração de sólidos totais

Tabela 2 - Metais contidos nos biosólidos da lagoa anaeróbia do SIDI.

Dentre as concentrações observadas, apenas as de Cd seriam objetáveis do ponto de vista da constituição do solo, conforme dados compilados por Polprasert (1996). Apesar da elevada concentração de metais na solução, e das limitações relativas ao conteúdo de metais no material seco (feito por cálculo indireto, e portanto impreciso), o lodo da lagoa anaeróbia do SIDI não causaria impacto significativo ao solo.

Numa primeira abordagem, a preocupação maior seria relativa à alta condutividade elétrica verificada no lodo. Os resultados sugeriram altas concentrações de sais, podendo ocorrer assim, um processo de salinização do solo.

CONCLUSÕES

O lodo da lagoa anaeróbia é compatível com outros biosólidos já estudados, conforme compilação da literatura recente. Os biosólidos estavam bem estabilizados e o conteúdo carbonáceo poderia melhorar a textura do solo onde foi disposto. O conteúdo de nutrientes (N e P) foi elevado, levando-se em conta a amostra úmida.

As elevadas concentrações de amônia e sulfeto limitariam o uso imediato do solo para qualquer cultivo vegetal, devido a natureza tóxica das formas gasosas destes compostos.

As concentrações de metais encontradas no lodo foram elevadas, o que reforça o uso de lagoas anaeróbias no

tratamento de efluentes contendo metais-traços. Por outro lado, cálculos aproximados do conteúdo de metais no solo seco sugerem que a única preocupação seria relativa ao Cd. Mesmo assim, o valor verificado estava em torno do valor limite (7 mg/Kg de solo seco) sugerido pela literatura. Com certeza, na mistura lodo/solo, este valor seria reduzido.

De acordo com os resultados aqui apresentados, não haveria impacto considerável quanto ao despejo de lodo na área onde foi realizado. Mesmo assim, atenção maior deve ser dada à possibilidade de salinização do solo e mobilidade de poluentes para o lençol freático.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem às seguintes instituições: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Superintendência Estadual de Meio Ambiente - SEMACE, e Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18 ed. American Public Health Association. Washington, DC.
- BRANDÃO, R. L. (1995). *Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de*

- Fortaleza. Companhia de Recursos Minerais - CPRM. Fortaleza.
- CARVALHO, M. E., Mota, F. S. B., da Silva, F. J. A., Mara, D. D., Pearson, H. W. and Silva, S. A. (1999). From pilot to full-scale: comparing the performance of a pilot pond scale with the full-scale version treating domestic and industrial wastewater in the State of Ceará, Brazil. In: *4th International Conference Specialist on Waste Stabilisation Ponds: Technology and the Environment*. Marrakech, 20th -23rd April 1999.
- DA SILVA, F. J. A. e Silva, S. A. (1999). Lagoas de estabilização no Ceará: prospecto e tendências. In: *20^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, 10 a 14 de maio de 1999.
- DA SILVA, F. J. A., Araújo, L. F. P. e Freitas, V. C. A. (1998). Verificação de alguns modelos em lagoas facultativas primárias. *Revista Tecnologia* 19 (19), 11-18. Universidade de Fortaleza - UNIFOR.
- LEITE, V. D. (1986). *Estudo do comportamento de sólidos em lagoas anaeróbias*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Campus II. Campina Grande.
- LOPES, A. S. e Guilherme, L. R. G. (1992). *Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas - aspectos agrônômicos*. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas -ANDA. Segunda edição. São Paulo.
- MARA, D. D. and Mills, S. W. (1994) Who's afraid of anaerobic ponds? *Water Quality International* 2, 34-36.
- MARA, D. D. and Pearson, H. W. (1986). Artificial freshwater environment: waste stabilization ponds. In: *Biotechnology - comprehensive treatise*. Volume 8, Chapter 4. (Eds. H. J. Renm and G. Reed). Weinheim: Verlagsgesellschaft, 177-205.
- MARA, D. D. and Silva, S. A. (1979). Sewage treatment in waste stabilization ponds: recent research in Northeast Brazil. *Prog. Wat. Tech.* 11 (1-2), 341-344.
- MENDONÇA, S. R. (1990). *Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novos conceitos*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- PEARSON, H. W., Mara, D. D. and Bartone, C. R. (1987). Guidelines for the minimum evaluation of the performance of full-scale waste stabilisation pond systems. *Wat. Res.* 21 (9), 1067-1075.
- PEARSON, H. W., Mara, D. D., Cawley, L. R., Arridge, H. M. and Silva, S. A. (1996). The performance of an innovative tropical experimental waste stabilization pond system operating at high organic loadings. *Wat. Sci. Tech.* 33 (7), 63-73.
- POLPRASERT, C. (1996). *Organic Waste Recycling - Theory and Management*. John Wiley & Sons. Chichester.
- SILVA, S. A., de Oliveira, R. and Mara, D. D. (1996). *Performance of Waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil*. Research Monograph No 9. University of Leeds. Leeds, UK.
- SNOEYINK, V. K. and Jenkins, D. (1980). *Water chemistry*. John Wiley & Sons. New York.
- TSUTIYA, M. T. (1999). Tecnologias emergentes para a disposição final de biosólidos das estações de tratamento de esgotos. In: *20^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, 10 a 14 de maio de 1999.