



Tratamento de águas residuárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação

Valderi D. Leite¹; Gilson B. Athayde Júnior²; José T. de Sousa¹;
Wilton S. Lopes¹; Shiva Prasad³ & Salomão A. Silva³

¹UEPB/CCT/DQ. Av. Floriano Peixoto, 718. Centro. CEP 58.104-485, Campina Grande, PB. E-mail: valderileite@uol.com.br, jtides@uol.com.br, wiltonuepb@yahoo.com.br

²UFPB/CT/DEC. Campus Universitário, Castelo Branco, CEP 58.059-900, João Pessoa-PB. E-mail: gilson@ct.ufpb.br

³UFCG/CCT. Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. CEP 58109-907, Campina Grande, PB. E-mail: prasad@deq.ufcg.edu.br, sanselmosilva@uol.com.br

Protocolo 25

Resumo: Lagoas de estabilização constituem tecnologia já bastante consolidada para o tratamento de águas residuárias, sendo considerada pela Organização Mundial da Saúde como uma das formas de tratamento de esgotos sanitários mais apropriadas, quando levado em consideração o reúso de efluentes para a agricultura e, em especial quando se trata de países em desenvolvimento. Este trabalho foi realizado em uma série de lagoas de estabilização em escala piloto, sendo uma facultativa e três de maturação, com profundidade variando de 0,44 a 0,57 m. O substrato era constituído por uma mistura de esgoto doméstico e percolado, previamente tratado em reator UASB. O sistema experimental foi monitorado em duas diferentes etapas, uma com tempo de detenção hidráulica de 15 e 10 dias nas etapas I e II. A eficiência de remoção de coliformes termotolerantes foi de 99,98% em ambas as etapas do trabalho enquanto que a de material carbonáceo, expresso em termos de DBO_5 , foi de 87,0 e 67,7% nas etapas I e II, respectivamente.

Palavras chave: águas residuárias; lagoas de estabilização; reúso; fertirrigação.

Wastewater treatment in waste stabilization ponds for application in fertigation

Abstract: Waste stabilization ponds are a well established wastewater treatment technology, being considered by World Health Organization as one of the most appropriate technology for domestic wastewater when agricultural reuse is considered, and in special for developing countries. This study was performed in a series of pilot-scale waste stabilization ponds, being one facultative a three maturation ponds, with depths varying from 0,44 to 0,57 m. Substrate consisted of mixture domestic wastewater and leachate previously treated in UASB reator. The experimental system was monitored in two different phases, in which the hydraulic retention times were 15 (phase I) and 10 days (phase II). Termotolerant coliform removal efficiency was 99,98% in both phases, while organic matter (BOD_5) removal were 87,0 and 67,7% for phase I and II, respectively.

Key words: wastewater, waste stabilization ponds, reuse, irrigation

INTRODUÇÃO

A distribuição dos recursos hídricos não é uniforme ao longo da crosta terrestre, sendo, no Brasil, a região Amazônica responsável por grande volume de água, enquanto a região

Nordeste sempre tem sofrido por acentuadas limitações. A disponibilidade hídrica no Brasil encontra-se, sem sombra de dúvidas, comprometida em seus aspectos qualitativos e quantitativos, principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, por razões intrínsecas as especificidades de cada região. Um

grande número de rios que margeiam as cidades brasileiras vem recebendo constantes cargas de material orgânico e mineral, superando a capacidade de autodepuração e sendo assoreado em escala de intensa magnitude, sendo este um dos grandes problemas ambientais da atualidade. Para a reversão deste quadro, torna-se necessária a eliminação de cargas pontuais e difusas nos rios brasileiros, o desassoreamento quando necessário, a revitalização das bacias hidrográficas, priorizando a preservação das matas ciliares e o desenvolvimento de ações que possam nortear de forma sistemática as reservas hídricas superficiais e subterrâneas em todo o território nacional.

Frente a este quadro assolador, faz-se necessário estudar alternativas viáveis, social e economicamente, que norteiem a definição de programas de gestão de recursos hídricos, principalmente na região semi-árida do Brasil. É nesta contextualização que, atualmente, se procura estudar o reúso de efluentes de esgotos domésticos na agricultura, objetivando manter o equilíbrio em relação aos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos naturais, contribuindo para a sustentabilidade humana e ambiental. Portanto, nos dias atuais torna-se imprescindível desenvolver alternativas tecnológicas que possam contribuir para a substituição racional de água de uso nobre por águas de qualidade inferior em certas atividades, entre as quais se destacam: irrigação, criação de peixes, dessedentação de animais, setor industrial, construção civil, paisagismo, descarga de vasos sanitários, geração de energia hidroelétrica, entre outras.

Sistemas de tratamento biológicos de águas residuárias criteriosamente projetados e operados, removem de maneira satisfatória, constituintes indesejáveis, tais como, matéria orgânica biodegradável, sólidos em suspensão e organismos patogênicos, além de propiciar a retenção de elementos nutrientes, o que contribui, favoravelmente, para a aplicação deste tipo de efluente na fertirrigação.

Lagoas de estabilização constituem uma tecnologia já consolidada para o tratamento de águas residuárias, sendo considerada pela Organização Mundial da Saúde como a forma de tratamento de águas residuárias mais apropriada quando do reúso dos efluentes na agricultura (WHO, 1989), especialmente em países em desenvolvimento, em virtude dos seus reduzidos custos de implantação, manutenção e operação (Arthur, 1983). Pesquisas realizadas por Silva (1982) denotam o alto grau de polimento alcançado pelo efluente de lagoas de estabilização, tanto em termos de matéria orgânica, como de microrganismos patogênicos. O elevado tempo de detenção hidráulica (TDH), característica de sistemas de lagoas de estabilização, aliado aos fatores adversos aos microrganismos patogênicos desenvolvidos nestes sistemas, são os responsáveis pela produção de efluentes de boa qualidade bacteriológica e ricos em nutrientes inorgânicos, tendo grande valor fertilizante (Andrade Neto, 1994).

Segundo Arthur (1983), as lagoas de estabilização constituem o sistema de tratamento mais adequado para países em desenvolvimento e de regiões tropicais e subtropicais onde há disponibilidade de terrenos a custos relativamente baixos, como também pelas condições climáticas favoráveis ao processo de biodegradação (temperatura elevada e abundante

luz solar todo ano). A ideia do reúso tem evoluído para se tornar um fator integrante da preservação e do uso racional dos recursos hídricos, além de ser uma prática importante para regiões semi-áridas como a do Nordeste brasileiro, representando uma forma de suprimento de água para irrigação e fontes de nutrientes minerais e compostos orgânicos.

Com a finalidade de minimizar o problema de escassez da água, o reúso de esgotos sanitários vem sendo amplamente difundido em todo o mundo. Em épocas passadas, com uma menor população, gerava-se menores quantidades de esgotos e estes eram facilmente afastados das cidades pelo lançamento em corpos d'água onde sofriam rapidamente o processo de diluição e autodepuração, não gerando problemas nos mananciais que serviam para o abastecimento público (Melo, 1978). Atualmente, observa-se um crescente aumento da produção de esgotos sanitários que são lançados nos corpos receptores, sem tratamento ou parcialmente tratados.

Segundo o Manual do Usuário da Água (1996), 70% da água doce disponível no mundo estão sendo gastos com irrigação, o que faz desta a atividade humana que mais consome água. Devido à elevada demanda de água e a contaminação dos mananciais, a atividade agrícola praticada na periferia das cidades tem sido seriamente prejudicada pela escassez de fontes adequadas de água. A única alternativa de sobrevivência para estes agricultores é a reutilização indireta dos esgotos sanitários tratados, em atividades menos exigentes, como a irrigação de culturas com a utilização de águas de qualidade inferior.

Em todo o Brasil o reúso indireto é uma prática rotineira que é desenvolvida sem controle sanitário. Esta realidade é mais evidente no Nordeste brasileiro onde a escassez de sistemas de tratamento de esgotos adequados degradam mais rápido os poucos recursos hídricos existentes. Por outro lado, esta região apresenta as condições mais favoráveis para o reúso devido às características geográficas e econômicas, o que levará pequenos e médios agricultores a usufruir uma água não convencional para suprir a escassez de mananciais para a irrigação. Outras vantagens são: controle da poluição hídrica, economia de água e de fertilizantes, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola (Athayde Júnior, 1999; Bastos, 1996).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o desempenho de uma série de Lagoas de Estabilização Rasas tratando águas residuárias e produzindo efluentes com características físico-químicas e microbiológicas dentro dos padrões legalmente recomendados para aplicação na fertirrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas dependências da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES), localizada no Bairro do Tambor na cidade de Campina Grande – PB. O sistema experimental era constituído por uma série de 04 lagoas de estabilização e demais dispositivos complementares. Os principais parâmetros físicos e operacionais da série de lagoas de estabilização são apresentados na Tabela 1. A série de lagoas de estabilização era constituída por uma lagoa facultativa (LF) seguida por três lagoas de maturação (LM₁, LM₂, LM₃).

Tabela 1. Parâmetros físicos e operacionais da série de lagoas de estabilização

	L (m)	C (m)	P (m)	A (m ²)	V (m ³)	TDH (dias)	
						Fase I	Fase II
LF	1,00	2,05	0,57	2,05	1,17	4,7	3,1
LM ₁	0,88	2,04	0,53	1,79	0,95	3,8	2,5
LM ₂	0,88	2,01	0,48	1,76	0,84	3,4	2,3
LM ₃	0,89	2,00	0,44	1,78	0,78	3,1	2,1

L = largura; C = comprimento; P = profundidade; A = área; V = volume

O substrato era constituído por uma mistura de esgoto doméstico e previamente tratado em reator UASB.

Os parâmetros monitorados foram: pH; DQO; DBO₅; Coliformes termotolerantes; sólidos totais e suas frações; alcalinidade total; ácidos voláteis; amônia; fósforo total e ortofosfato. As análises das águas residuárias “in natura” e do efluente da série de lagoas de estabilização foram realizadas em consonância com os métodos preconizados por APHA (1995). Na Figura 1 apresenta-se o esquema geral do sistema experimental utilizado para realização da parte experimental do trabalho.

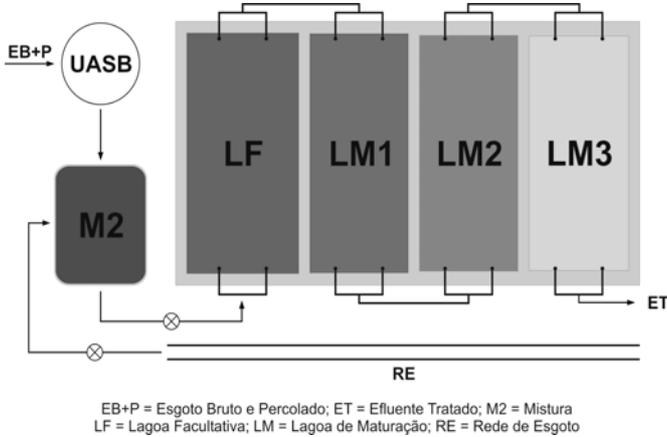


Figura 1. Representação esquemática do sistema experimental

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema experimental foi monitorado na fase I, por um período de 150 dias, enquanto, na fase II, o período de monitoração foi de 120 dias. Na Tabela 2 são apresentados os valores dos dados advindos da caracterização físico-química e microbiológica do substrato afluente da série de lagoas de estabilização, relativo à fase I de monitoração do sistema experimental.

Analisando os dados apresentados na Tabela 2, observa-se que o substrato utilizado para alimentação do sistema experimental já apresentava características favoráveis ao bom desempenho do processo biológico, haja vista a magnitude do pH manter-se em torno de 7,8 unidades de pH, denotando uma expressiva concentração de alcalinidade total e uma conseqüente reduzida concentração de ácidos graxos voláteis. Tratando-se de substrato advindo de efluente de reator UASB, a concentração da demanda bioquímica de oxigênio variou de 126,0 a 262,5 mg/L, estando esta variação associada diretamente ao desempenho do reator UASB na remoção de material

Tabela 2. Dados da caracterização físico, química e microbiológica do substrato

Parâmetro	Unidade	n	V _{mínimo}	V _{máximo}	Média
pH	-	18	7,7	8,1	7,8
AT	mg L ⁻¹	18	282	980	642
AV	mg L ⁻¹	18	34	110	72
DBO ₅	mg L ⁻¹	16	126	262	183
DQO	mg L ⁻¹	17	304	661	445
ST	mg L ⁻¹	18	1007	2114	1422
STV	mg L ⁻¹	18	208	1144	398
SS	mg L ⁻¹	18	92	196	141
SSV	mg L ⁻¹	14	83	167	118
Amônia	mg L ⁻¹	18	29,0	117,4	77,0
Fósforo total	mg L ⁻¹	16	5,7	18,2	12,0
Ortofosfato	mg L ⁻¹	16	3,4	11,2	7,0
Coliformes termotolerantes	ufc 100mL ⁻¹	18	1,8.10 ⁶	2,4.10 ⁷	6,5.10 ⁶

carbonáceo. Porém, a concentração média de sólidos totais, que compreende todo o material orgânico e mineral presente no substrato foi de 1422 mg.L⁻¹. A relação DBO₅/DQO do substrato nesta etapa do trabalho ficou no patamar de 0,41 denotando ainda a presença de uma parcela significativa de material orgânico passível de biodegradação. O número de coliformes termotolerantes ainda ficou em torno de 10⁶ UFC/100mL, haja vista o reator UASB não promover redução significativa de microrganismos. Na Tabela 3 são apresentados os dados do efluente final produzido pela série de lagoas de estabilização.

Tabela 3. Dados da caracterização físico-química e microbiológica do efluente final da série de lagoas

Parâmetro	Unidade	n	V _{mínimo}	V _{máximo}	Média
pH	-	18	7,8	9,4	8,6
AT	mg L ⁻¹	18	236	629,0	407,4
AV	mg L ⁻¹	18	13,0	32,0	22,1
DBO ₅	mg L ⁻¹	16	2,7	34,0	20,1
DQO	mg L ⁻¹	17	61,8	615,0	208,4
ST	mg L ⁻¹	18	788	1998,7	1207
STV	mg L ⁻¹	18	68	843,3	202,7
SS	mg L ⁻¹	18	20	109,3	49,1
SSV	mg L ⁻¹	14	2,7	95,3	38,8
Amônia	mg L ⁻¹	18	1,7	22,0	7,8
Fósforo total	mg L ⁻¹	16	2,5	9,1	4,6
Ortofosfato	mg L ⁻¹	16	2,0	6,2	3,6
Coliformes termotolerantes	ufc 100mL ⁻¹	18	130	6,6.10 ³	1,0.10 ³
Clorofia a	µg L ⁻¹	18	71,0	678,0	263,2

O efluente da 3ª lagoa de maturação apresentou característica ligeiramente alcalina, com valor de pH atingindo o patamar de 9,4, valor este justificado pela forte atividade fotossintética nas lagoas, particularmente na última lagoa da série, que chegou a atingir concentração de até 678,0µg.L⁻¹ de clorofila a.

A eficiência de remoção de DBO₅ foi de 89%, estando o efluente final com concentração média de DBO₅ de 20,1 mg L⁻¹ e de sólidos suspensos voláteis de 38,8 mg L⁻¹. Em relação aos coliformes termotolerantes, a eficiência média de remoção foi de 99,98%. Mesmo reconhecendo-se que o parâmetro

coliformes termotolerantes é usado, apenas, como elemento indicador, pode-se argumentar que o efluente final apresentou boa qualidade sanitária. Dentro da série dos 18 exames realizados, na maioria das amostras foi identificada concentração de coliformes fecais em torno de 1000UFC/100ml. Com exceção dos sólidos totais, que no efluente final ainda foi detectada concentração média de 1208 mg L⁻¹, os demais parâmetros estudados na série de lagoas de estabilização rasas monitoradas, com tempo de detenção hidráulica de 15 dias, apresentaram magnitudes que conferem características favoráveis para reúso deste tipo de efluente, principalmente para culturas que não são consumidas cruas.

Na Tabela 4 são apresentados os valores advindos da caracterização físico-química e microbiológica do substrato afluente a série de lagoas de estabilização relativo a 2ª fase de monitoração.

Tabela 4. Dados da caracterização físico-química e microbiológica do substrato

Parâmetro	Unidade	n	V _{mínimo}	V _{máximo}	Média
pH	-	18	7,7	8,5	8,0
AT	mg L ⁻¹	18	264,0	392,0	329,1
AV	mg L ⁻¹	18	7,0	56,0	24,9
DBO ₅	mg L ⁻¹	18	13,4	73,1	44,6
DQO	mg L ⁻¹	18	42,0	203,0	149,4
ST	mg L ⁻¹	14	614,0	767,0	708,3
STV	mg L ⁻¹	14	50,0	137,0	92,4
SS	mg L ⁻¹	14	41,0	106,0	68,9
SSV	mg L ⁻¹	14	34,0	88,0	57,4
Amônia	mg L ⁻¹	18	14,3	73,3	41,7
Fósforo total	mg L ⁻¹	16	1,1	10,2	5,0
Ortofosfato	mg L ⁻¹	16	3,1	4,8	3,8
Coliformes fecais	ufc 100mL ⁻¹	18	6,0. 10 ⁴	7,5.10 ⁶	2,2.10 ⁶

Na Tabela 5 são apresentados os dados do efluente final, isto é, da terceira lagoa de maturação (LM3), 2ª fase.

Tabela 5. Dados quantitativos dos parâmetros físico/químicos e microbiológicos do efluente da lagoa LM3

Parâmetro	Unidade	n	V _{mínimo}	V _{máximo}	Média
pH	-	18	8,1	9,3	8,7
AT	mg L ⁻¹	18	194,0	284,0	237,0
AV	mg L ⁻¹	18	8,0	20,0	13,8
DBO ₅	mg L ⁻¹	18	3,0	27,2	14,4
DQO	mg L ⁻¹	18	15	285	120
ST	mg L ⁻¹	14	636	777	713
SS	mg L ⁻¹	14	12,0	74,0	37,8
SSV	mg L ⁻¹	14	11,0	69,0	32,1
Amônia	mg L ⁻¹	18	2,6	15,0	7,3
Fósforo total	mg L ⁻¹	16	1,1	7,5	4,6
Ortofosfato	mg L ⁻¹	16	1,4	7,2	3,8
Coliformes termotolerantes	ufc 100mL ⁻¹	18	22,5	3,1.10 ³	375,2
Clorofila <i>a</i>	µg L ⁻¹	17	74,6	1.215,8	271,0

Comparando-se os dados dos substratos da 1ª e 2ª etapa do trabalho, pode-se constatar que o substrato da 2ª etapa, em relação aos parâmetros físico-químicos, apresentou magnitude

bem inferior aos apresentados pelo substrato utilizado na 1ª etapa. Somente em relação aos coliformes termotolerantes foi que a concentração manteve-se na média geométrica de 10⁶ UFC/100ml, magnitude esta também apresentada pelo substrato da 1ª etapa.

Analisando-se os dados do efluente final da lagoa de maturação 3 (LM3), na 2ª etapa do trabalho, foi constatada eficiência média de remoção de DBO₅ de 67,7%, valor este bastante inferior ao apresentado pela mesma série de lagoas na 1ª etapa do trabalho. A significativa diferença da eficiência de remoção de DBO₅ da 2ª etapa, em relação a 1ª, está associada, sobretudo, à relação DBO₅/DQO do substrato, que na 1ª etapa foi de 0,41 e na 2ª etapa 0,30. Com relação aos sólidos suspensos voláteis, a eficiência média de remoção foi de apenas 44,0%, sendo este valor inferior ao encontrado na 1ª etapa do trabalho. Quanto aos coliformes fecais, a eficiência média de remoção atingiu o patamar de 99,98%, valor este também encontrado na 1ª etapa do trabalho.

CONCLUSÕES

1. A relação DBO₅/DQO de resíduo líquido submetido ao processo de tratamento biológico em lagoas de estabilização influencia diretamente no processo de tratamento;

2. A série de lagoas de reduzida profundidade foi bastante eficiente na remoção de microorganismos fecais, necessitando de um reduzido TDH para obtenção de padrões adequados ao reúso agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Neto, C. O. Relatório Final. Pesquisa Referente à Experiência Brasileira a Sistemas de Baixo Custo para Tratamento de Águas Residuárias, Vol.1. Brasília: CEF, 1994.
- APHA. AWWA. WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15 ed. Washington, D.C.: American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1995, 1134p
- Arthur, J. P. Notes on the Design and operation of Waste Stabilization ponds in Warm Climates of Developing Countries. Technical Paper nº 7. Washington: World Bank, 1983.
- Athayde Júnior, G.B. On the design and operation of wastewater storage and treatment reservoirs in northeast Brazil. Leeds, England: University of Leeds. 1999. PhD thesis.
- Bastos, R. K. X. Reuso de Efluentes. In: Anais do Seminário Internacional Tendências no Tratamento simplificado de Águas Residuárias Domésticas e industriais, 1996, p.222-236.
- Manual do Usuário da Água. A Água é fundamental à vida. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos – SRH – Governo do Estado da Bahia, 1996, 34p.

- Melo, J. A. S. Aplicação de Águas Residuárias no Solo como um Método de Tratamento, Disposição Final e Reciclagem das Águas Usadas. Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 82-91, 1978.
- Silva, S. A. On The Treatment of Domestic Sewage in Waste Stabilization Ponds in Northeast Brasil. University of Dundee, UK, 1982, PhD Thesis,
- Sousa, J. T.; Leite, V. L. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura. Ed. EDUEP, 2ª edição, Campina Grande, 2002, 104p.
- World Health Organization. Health Guidelines for the Use of Wasterwater in Agriculture na Aquaculture. Geneva: World Health Organization. (Technical Reports Series No 778), 1989, 72p.