

II-162 - TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM UM REATOR EM BATELADAS SEQUENCIAIS COMPARTIMENTADO

Ronny da Silva Moretti ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pelo centro universitário SENAC

Fernanda Martins Santos

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário SENAC

Pamela Freitas de Assis

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário SENAC

Rodrigo de Freitas Bueno

Bacharel em Biologia e Eng. Ambiental. Especialista em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Mestre em Saúde Pública e Engenharia Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP (FSP/USP) e Doutor em Eng. Civil pela Escola Politécnica da USP (EPUSP).

Endereço ⁽¹⁾: Rua Ibituruna 523 Saúde São Paulo – SP- CEP 04302052 Brasil. Cel (11) 984415394 E-mail: ronnysm@hotmail.com

RESUMO

Tendo em vista a má qualidade do saneamento básico no Brasil, fica claro a necessidade de aplicação de tecnologias para melhorar essa situação precária. O descarte de esgoto no corpo hídrico sem tratamento prévio traz um grande malefício tanto ao meio ambiente quanto a saúde humana. Esse processo causado pelo homem leva à eutrofização pelo excesso de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Sendo assim, os processos biológicos como de lodo ativado vêm sendo intensamente investigado por apresentar bons resultados na remoção desses nutrientes. Um processo que vem chamando muito atenção é o sistema cíclico de lodo ativado (SCLA), pois além do custo e da área ser menor, ele possibilita as condições anaeróbio, anóxica e aeróbia, processos necessários para nitrificação e desnitrificação, além de absorção de fósforo e degradação de matéria orgânica.

O presente trabalho apresentou resultados satisfatórios com eficiência de 91% na remoção de DQO, 85% na remoção de N-amoniacal, 86% na remoção de Nitrogênio Total Kjeldahl (NKT) e 90% na remoção de fósforo.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto, Eutrofização, Lodo ativado, Excesso de nutrientes, Matéria Orgânica.

INTRODUÇÃO

O sistema cíclico de lodo ativado tem mostrado excelentes resultados nos trabalhos de pesquisadores para remoção de matéria orgânica dos nutrientes, nitrogênio e fosforo, os principais causadores da eutrofização no meio aquático. Além do seu custo ser menor que de um sistema convencional de lodo ativado, sua área é bem reduzida por conseguir trabalhar com uma parte anaeróbia e uma parte aeróbia no mesmo tanque possibilitando a nitrificação e a desnitrificação, etapas necessárias para remoção de nitrogênio, além de ter uma taxa significativa de remoção de fósforo e matéria orgânica (GORONSZY, 1993; SOUSA et al. 2011; BASSIN, 2012). Além disso, com o avanço da tecnologia nas últimas décadas, pode-se otimizar o funcionamento desse sistema, reduzindo custos principalmente com consumo de energia (LIRA, 2001).

Atualmente, existem reatores em batelada sequenciais compactos, ou seja, as reações anaeróbias, anóxicas e aeróbias ocorrem simultaneamente dentro do mesmo reator, separados apenas por uma barreira física. Esse processo é conhecido como sistema cíclico de lodo ativado (SCLA), traduzido do sistema inglês “cyclic activated sludge system” (CASS), é um processo de recirculação de lodo ativado, adaptado do Reatores em Batelada Sequencial (RSB).

O fato desse reator conter uma zona anóxica e uma zona aeróbia possibilita a reação química para a nitrificação e a desnitrificação. Esses processos são utilizados para remoção de nitrogênio em esgoto doméstico. No ambiente aeróbio, os microrganismos oxidam a amônia a nitrito e o nitrito oxida a nitrato,

ocorrendo a nitrificação. Já no processo de desnitrificação, ocorrido na zona anóxica, as bactérias utilizam uma fonte de carbono como doador de elétrons, transformando o nitrato em gás nitrogênio (IWA, 2000; TEIXEIRA, 2006).

A zona Bio-seletora (anóxica) baseia-se na capacidade de alguns tipos de bactérias heterotróficas ter uma colônia maior presentes na biomassa ativa do lodo, essas bactérias acumulam o fosfato solubilizado, dentro da célula, e posteriormente, precipitam com o lodo sendo, descartados posteriormente. Hoje em dia, a maioria dos sistemas utiliza a remoção biológica de fósforo em vez de precipitação química devido a seu baixo custo e a sua eficiência na remoção (Van DER POST; SCHUTTE, 2003; SOUSA, 2002).

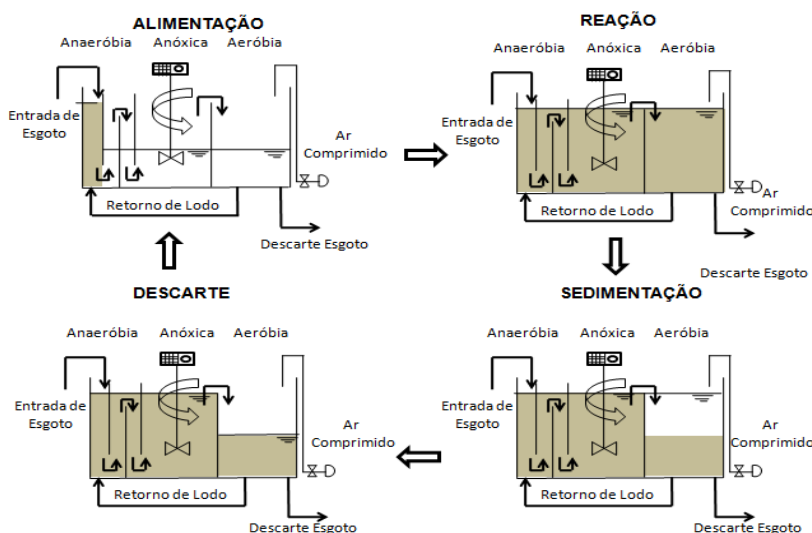
Em síntese, é possível realizar um tratamento com excelentes propriedades técnicas, em sistemas mais compactos e econômicos em comparação com as diversas opções disponíveis, tendo maior flexibilidade nos ajustes do tempo dos ciclos operacionais em casos de variações de carga (WILDERER, 2001).

Apesar dos principais trabalhos desenvolvidos com excelentes resultados serem realizados em países de climas diferentes do Brasil, o desenvolvimento de novas técnicas para o melhorar o saneamento básico é extremamente necessário, principalmente nos dias atuais, em que cidades estão passando por uma crise hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a investigação da remoção de material orgânico e nutrientes do processo de nitrificação do sistema SCLA, foi colocado em operação um sistema piloto. O sistema de tratamento piloto foi instalado e alimentado com esgoto característico doméstico. O projeto teve duas etapas principais onde a primeira etapa foi a automação do sistema com uma placa Controlador Logico Programável (CLP) – ARDUINO, modelo UNO R3, e um programa específico desenvolvido em Linguagem C e a fase de aclimação do processo. Na segunda etapa foram feitas as análises e avaliações da remoção de matéria orgânica e nutrientes.

Figura 1 Fases que compõem o ciclo do projeto piloto controlado pela CLP.

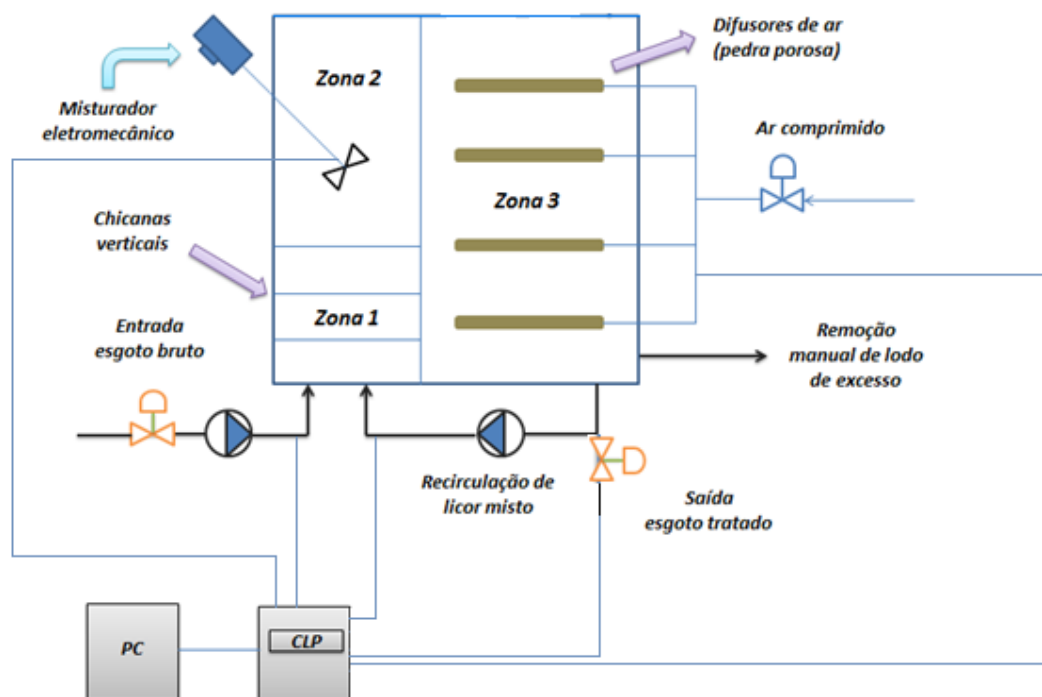


Fonte: Santos; Assis 2014

O esgoto sanitário é introduzido na zona 1 do reator por meio de uma bomba dosadora marca Prominet, a qual permite o controle da vazão afluente. Em seguida, o esgoto é encaminhado por gravidade para a zona 2, onde foi instalado um misturador com a finalidade de garantir uma boa mistura do lodo biológico. A aeração na zona 3 foi feita por meio de pedras porosas localizadas no fundo do reator ligadas a um compressor garantindo a concentração de oxigênio dissolvido (OD) na faixa de 1,0-2,0 mg O₂/L que foi monitorado por meio de um medidor portátil de oxigênio dissolvido. O retorno de lodo da zona 3 para zona 1 foi feito por meio de uma

bomba dosadora marca Prominet. O descarte do lodo em excesso foi realizado manualmente e o esgoto tratado era retirado por meio de uma válvula solenóide, a qual permite uma troca volumétrica de 50% do volume da zona 3.

Figura 2 Fluxograma do sistema SCLA



Fonte: Santos; Assis 2014

Tabela 1 Condições de operação do SCLA

Parâmetros	Ciclo de 4 Horas
Vazão de alimentação (Litros/dia)	135
Vazão de retorno de lodo (Litros)	50
Dias de operação	90
Idade do lodo (dias)	20
Troca volumétrica (%)	50
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	1,0-2,0
Relação Alimento/Microorganismo (A/M) (Kg DBO/Kg SSV.d)	0,10
Concentração de sólidos no reator (mg SSV/L)	2000-3000
Alimentação (min)	60
Reação (min)	60
Sedimentação (min)	60
Descarte (min)	60
Quantidade de Ciclos por dia	6

RESULTADOS

REMOÇÃO DE MATERIAL ORGÂNICO

Os resultados obtidos na DQO durante a etapa experimental mostram que a concentração média de DQO no afluente foi de 834 ± 219 mg/L tornando um efluente final com a concentração de 76 ± 26 mg/L resultando uma eficiência de $91 \pm 2\%$. A Resolução 430/11 do CONAMA não estabelece limites para DQO, apenas DBO, onde o valor máximo permitido é de 120 mg/L, e sabendo que para esgoto sanitário a DBO é cerca da metade do valor da DQO, o valor encontrado no efluente desta pesquisa, atende a legislação.

Tabela 2 Variáveis e as concentrações de DQO no afluente e no efluente

Variáveis	DQO		
	Afluente(mg/L)	Efluente(mg/L)	Eficiência
Media	834,6	76,5	91%
Mínimo	490	35	87%
Máximo	1230	120	95%
Desvio Padrão	219,0	26,0	2%
Coeficiente de variação	26%	34%	2%
N	10	10	10

REMOÇÃO DE MATERIAL NITROGENADO

Os resultados mostram uma boa eficiência na remoção de nitrogênio, ainda sim, o efluente apresentou uma carga ligeiramente elevada para disponibilização em um corpo hídrico classe 2, onde, o resultado teve uma concentração média do efluente para N-NH₃ de 8,58mg/L e para NKT 10,12 mg/L. De acordo com a resolução 357/2005 a concentração para emissão N-amoniaco total é de 3,7mg/L para pH $\leq 7,5$. Sendo assim, é necessária uma diluição no efluente para atender a Resolução.

Tabela 3 Resultados das concentrações de NKT

Variáveis	NKT		
	Afluente (mgN/L)	Efluente (mgN/L)	Eficiência
Média	72,976	10,124	86%
Mínimo	52,5	4,5	81%
Maximo	90,0	21,8	94%
Desvio Padrão	9,9	5,5	7%
Coeficiente de variação	14%	54%	9%
N	10	10	10

Tabela 4 Resultados das concentrações de N-amoniaco.

Variáveis	N-amoniaco		
	Afluente (mgN/L)	Efluente (mgN/L)	Eficiência
Média	59,33	8,58	85%
Mínimo	42,7	3,8	68%
Variáveis	N-amoniaco		
	Afluente (mgN/L)	Efluente (mgN/L)	Eficiência
Máximo	73,2	18,5	94%
Desvio padrão	8,0	4,7	8%
Coefficiente de variação	14%	54%	9%

Ao comparar os resultados com trabalhos de mesma linha pesquisa temos que no trabalho de Martins, Assis (2014) obtiveram uma eficiência 86% ligeiramente superior trabalhando com um ciclo de 8 horas. Já nos trabalhos de Goronszy (1993) cita como valores de eficiência para N-amoniaco 98,6%, enquanto Ying (2011), obteve o valor aproximado de 88% ambos no SCLA com ciclo de 4 horas.

REMOÇÃO DE FÓSFORO

Os resultados das concentrações de fósforo obtido no afluente e no efluente teve uma média de $6,89 \pm 1,6$ mg/L e $0,68 \pm 0,3$ mg/L respectivamente, com uma eficiência muito boa, com média de 90%, ainda sim, de acordo com a resolução do Conama 357/2005 os valores para disponibilização em corpos hídricos variam entre 0,02 a 0,1 mg/L, sendo assim, apesar de ter uma boa eficiência na remoção de fósforo apenas o sistema cíclico de lodo ativo não atendeu os padrões do Conama.

Tabela 5 Dados estatísticos das concentrações de fósforo no afluente e no efluente.

Variável	Fósforo mg/L		
	Afluente	Efluente	Eficiência
Média	6,89	0,68	90%
Mínimo	4,8	0,3	78%
Máximo	9,8	1,5	94%
Desvio padrão	1,6	0,3	4%
coeficiente de variação	23%	49%	5%

Nos estudos realizados por Goronszy (1995) e Martins, Assis (2014) mostraram uma eficiência de 91,4% e 79,5% ambos no SCLA com e com ciclo de 4 e 8 horas, na devida ordem.

CONCLUSÕES

Após as análises dos resultados obtido ao longo do período de estudo, conclui-se que o Sistema Cíclico de Lodo Ativo tem um grande potencial para tratamento de esgoto doméstico, com ótima eficiência na remoção de matéria orgânica e nutrientes como Nitrogênio e Fósforo quando comparado a outros sistemas de lodo ativado. O afluente em questão manteve uma carga orgânica média de 834mgDQO/L onde conseguimos liberar

o efluente com uma média de 76 mgDQO/L tendo 91% de eficiência, atendendo a Resolução CONAMA 358/2005.

Se tratando de remoção de nitrogênio amoniacal esse sistema também apresentou uma boa eficiência onde teve média de 85% e concentração final do efluente, média de, 8,58mg/L. A resolução CONAMA 358/2005 precisaria ser <3,7mg/L. Já para NKT obteve uma eficiência média de 86% ligeiramente inferior encontrado na literatura base do trabalho que é de 88%.

Por fim, em relação ao fósforo o sistema mostra uma eficiência consideravelmente boa, com média de 90% a pesar do efluente ter saído com uma concentração baixa com média de 0,68 mg/L, ainda não se enquadra na resolução CONAMA 358/2005 que varia entre 0,02 e 0,1 mg/L.

Entretanto, apesar de não atender diretamente a Resolução do CONAMA 358/2005 para Nitrogênio e Fósforo ainda sim apresentam boa eficiência para ambos. Essa pesquisa ainda pode ser aprofundada melhorando sua eficiência para remoção desses nutrientes e matéria orgânica ao testar diferentes TDHs, retorno de lodo, concentração de sólidos, idade do lodo, oxigênio dissolvido, etc. Existe poucas pesquisas desenvolvidas no Brasil com esse sistema, então muitas melhorias ainda podem ser descobertas. Para próximos trabalhos a recomendasse investigar a rota biológica para saber em qual zona ocorre a remoção de fósforo e nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASSIN, João Paulo. - Remoção biológica de nutrientes em sistemas compactos e estudo da diversidade microbiana por técnicas de biologia molecular. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.
2. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357/2005. Brasília: 2005.
3. DELENTOFT, E.; THULIN, P. The Use Of Aerobic Selectors In Activated Sludge Systems For Treatment Of Wastewater From The Pulp And Paper Industry War. Sci. Tech. Vol. 35, No. 2-3, pp. 181-188, 1997.
4. GORONSZY, M. C.; SLATER N.; KONICKI D. In. The cyclic activated sludge system for resort area wastewater treatment. Wat. Sci. Tech. Vol. 32, No. 9-10, pp.105-114, 1995.
5. GORONSZY M., Coupled nitrogen and phosphorus removal in a cyclic activated sludge system. Proceedings European Conference on Nutrient Removal from Wastewaters. Leeds University, United Kingdom - UK 1993.
6. IWA Publishing, London, Scientific and Technical, Report n. 10., 2001.
7. International Water Association - IWA – Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation. Scientific and Technical Report No. 8. Londres: IWA, 2000. 156 p
8. JORDÃO, E.P. & PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2005. 932p.
9. LI YING, GUO AI-JUN; ZHOU JING. In. Study of Treating High Ammonia-N Domestic Wastewater LIRA, V. V.- Automação de um Sistema de Tratamento de Esgotos Baseado no Processo de Lodo Ativado. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.
10. METCALF & EDDY. “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse”. McGraw-Hill International Editions, 3rd ed. 1991.
11. SANTOS, F. M., et Al., Tratamento de esgoto sanitário em um Sistema Cíclico de Lodo Ativado (SCLA) trabalho de conclusão de curso, São Paulo, 2014.
12. SOUSA, P. R.; OLIVEIRA, R. M. S. - Proposta de dimensionamento de leitos cultivados (Wetlands) para tratamento de esgoto sanitário. Pinhal- ES 2011.
13. TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. - Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados Brasileiros - estudo comparativo entre 2001 e 2006. Eng. Sanit. Ambient. vol.16 no.2 Rio de Janeiro Apr./June 2011.
14. VAN DER POST, D.C.; SCHUTTE, C.F. A proposed chemical mechanism for biological phosphate removal in activated sludge treatment of wastewater. Water SA, v. 29, n. 2, p. 125-128, 2003.
15. with CASS Process. Procedia Environmental Sciences. Vol. 11 (pp.858-863), 2011.
16. WILDERER, P.A.; IRVINE, E.R.L. e GORONSZY, M.C. Sequencing batch reactor technology.