

**II-072 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE TRINDADE-GO****Emmanuel Bezerra D'Alessandro**<sup>(1)</sup>

Biólogo pelo Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás (ICB/UFG). Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia Civil (EEC/UFG). Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente na EEC/UFG.

**Mariângela Fontes Santiago**

Nutricionista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Microbiologia Agrícola pela UFV. Doutora pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professora da Universidade Federal de Goiás (UFG).

**Maura Francisca da Silva**

Bióloga pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Especialista em Saúde Pública pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Supervisora do Laboratório Central de Esgoto da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO).

**Nora Katia Saavedra del Aguila**

Bióloga. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP. Professora Efetiva da Universidade Federal de Goiás (UFG).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Universitária, 1488, quadra 86, Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil - St. Universitário - Goiânia - GO - CEP: 74605-220 - Brasil - Tel: (62) 3209-6257 - e-mail: emmanuel\_dalessandro@hotmail.com.

**RESUMO**

O estudo visou avaliar a eficiência das lagoas de estabilização de um módulo da ETE de Trindade (GO), que é composta por uma lagoa anaeróbia, seguida de uma facultativa e uma de maturação. As coletas das amostras foram realizadas nos meses de setembro e outubro de 2010, que correspondem aos períodos de seca e de chuva, respectivamente. Os parâmetros avaliados foram DBO, DQO, PT,  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{NH}_4^{+}$ , SST, SSV e SSF. O tempo de detenção hidráulico (TDH) também foi avaliado. O módulo A do sistema apresentou, em média, boa eficiência de remoção de DBO (88%), PT (58%) e  $\text{PO}_4^{-3}$  (86%), porém a de DQO (36%)  $\text{NH}_4^{+}$  (34%) e SST (20%) foram insatisfatórias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação de Tratamento de Esgoto, Eficiência, DBO.

**INTRODUÇÃO**

Um típico sistema de lagoa de estabilização é composto por três lagoas em série: anaeróbia, facultativa e de maturação. As lagoas anaeróbia e facultativa são usadas para remover a matéria orgânica e sua eficiência pode ser avaliada usando a  $\text{DBO}_5$ . Na lagoa facultativa, a matéria orgânica é decomposta por bactérias aeróbias, que recebem oxigênio via fotossíntese das algas e cianobactérias, e também por bactérias anaeróbias que ficam no fundo da lagoa (parte anóxica). A presença destes microrganismos é muito importante para manter as condições aeróbicas do sistema. Em teoria, o tratamento nas lagoas de maturação também é realizado por microrganismos, mas somente aeróbios. Esta lagoa tem como função remover grande parte dos coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 1996).

A quantidade de matéria orgânica presente é importante para se conhecer o grau de poluição de uma água residuária, para se dimensionar e medir a eficiência das estações de tratamento de esgotos (ETEs). Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior a  $\text{DBO}_5$  do corpo d'água; paralelamente, à medida que ocorre a estabilização da matéria orgânica, decresce a  $\text{DBO}_5$  (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

Normalmente a  $\text{DBO}_5$  dos esgotos domésticos varia entre 100 e 300  $\text{mg.L}^{-1}$ , de acordo com a condição, e nos tratamentos completos, deseja-se atingir uma redução de DBO até uma faixa de 20 a 30  $\text{mg.L}^{-1}$  (VON SPERLING, 2002).

O tempo de detenção hidráulico é um dado de projeto fundamental para a eficiência das lagoas variando de 3 a 6 dias na lagoa anaeróbia e de maturação, e de 15 a 45 dias na lagoa facultativa.

Os efluentes líquidos originados das ETEs ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração de qualidade nos corpos receptores e conseqüentemente a sua poluição, daí a importância do monitoramento.

O estudo visou avaliar a eficiência das lagoas de estabilização de um módulo da ETE de Trindade (GO), que é composta por uma lagoa anaeróbia, seguida de uma facultativa e uma de maturação em dois meses (setembro e outubro de 2010).

## MATERIAL E MÉTODOS

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Trindade (16°39'09''S e 49°31'50''O) localiza-se no Município de Trindade (GO). Esta cidade possui aproximadamente 97.500 habitantes.

A ETE de Trindade, constituída por lagoas de estabilização, consiste de tratamento preliminar, seguido por três módulos em paralelo (A, B e C), contendo cada, uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação em série, sendo o efluente do sistema lançado no córrego Barro Preto. Por motivos de infiltração, o módulo C foi desativado. O sistema australiano da ETE de Trindade entrou em funcionamento em 1997.

O sistema apresenta, de acordo com os dados do projeto, vazão média de 161,6 L.s<sup>-1</sup>, DBO<sub>afluente</sub> de 184 mg.L<sup>-1</sup> e DBO<sub>efluente</sub> de 29,5 mg.L<sup>-1</sup> totalizando uma eficiência de 84%. As características morfométricas do módulo A estão sintetizadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Características morfométricas do módulo A da ETE de Trindade de acordo com os dados de projeto.**

Lagoa	Anaeróbia	Facultativa	Maturação
Área média (m <sup>2</sup> )	3.750	27.000	13.975
Profundidade (m)	4,00	1,25	1,25
Volume útil (m <sup>3</sup> )	15.000,00	33.750,00	17.468,75
Tempo de Detenção Hidráulico (dias)	2,2	4,8	2,5

## Amostragem

O estudo foi realizado no módulo A da ETE de Trindade, com coletas mensais tendo início às 09:00 horas, em período de seca e de chuva (setembro e outubro de 2010, respectivamente). Uma pré-coleta foi realizada em maio de 2010, para validar os métodos adotados.

## Parâmetros físico-químicos

Os métodos adotados para aferição dos parâmetros físico-químicos segundo APHA (1998) foram DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup> (Demanda Bioquímica de Oxigênio, método de diluição), DQO (Demanda Química de Oxigênio, método colorimétrico), PT (Fósforo Total, método do ácido ascórbico), PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (Ortofosfato, método do ácido ascórbico), SST (Sólidos Suspensos Totais, método gravimétrico), SSV (Sólidos Suspensos Voláteis, método gravimétrico) e SSF (Sólidos Suspensos Fixos, método gravimétrico). Nas análises de amônia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) foi utilizado o método de nesslerização direta (Silva e Oliveira, 2001).

As amostras de amônia, fósforo total e ortofosfato foram coletadas em frascos de polietileno de 1L, fixadas no local com ácido sulfúrico P.A. As amostras de DBO, DQO, SST, SSV e SSF também foram coletadas em frascos de polietileno de 1L, porém não foram fixadas, sendo estas analisadas até o primeiro dia após a coleta. Todas as análises foram realizadas no laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (EEC-UFG).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO)

A concentração de DBO no esgoto bruto foi de 262,5 mg.L<sup>-1</sup> em setembro, e de 245,3 mg.L<sup>-1</sup> em outubro. A concentração no efluente final do sistema de tratamento foi de 21,0 mg.L<sup>-1</sup> em setembro e de 38,1 mg.L<sup>-1</sup> em outubro (Tabela 2) atingindo uma eficiência de 92 e 84%, respectivamente. Esta eficiência encontra-se dentro da faixa esperada para sistemas de lagoas de estabilização que é de acima de 80% (Tabela 3).

**Tabela 2: Valores de DBO e DQO nas lagoas de estabilização do módulo A da ETE de Trindade.**

Parâmetros	Esgoto Bruto		Anaeróbia		Facultativa		Maturação	
	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	262,5	245,3	168,0	208,7	25,8	44,7	21,0	38,1
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	747,0	534,0	586,7	515,0	495,3	487,0	416,3	378,0

**Tabela 3: Eficiência de remoção (%) no módulo A do sistema, durante o período estudado.**

Variáveis	SET/10	OUT/10	Média	Von Sperling (2002)
DBO	92	84	88	>80
DQO	44	29	36	70-83
PT	60	56	58	25-60
PO <sub>4</sub>	83	90	86	-
NH <sub>4</sub>	27	42	34	50-70
SST	40	*	20	73-83
SSF	58	24	41	-
SSV	38	*	19	-

\*Não houve eficiência de remoção ou foi negativa.

A concentração de DQO no esgoto bruto em setembro e outubro foi de 747,0 mg.L<sup>-1</sup> e 534,0 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente, enquanto que concentração no efluente final foi de 416,3 mg.L<sup>-1</sup> em setembro e de 378,0 mg.L<sup>-1</sup> em outubro (Tabela 2). Com estes dados registrou-se eficiência de remoção de 44% em setembro e de 29% em outubro. Esta eficiência se encontra abaixo da faixa esperada para sistemas de lagoas de estabilização, que varia de 70 a 83% (Tabela 3). Silva et al (2010) analisaram quatro lagoas de estabilização no Estado de Goiás, sendo duas do tipo australiana que apresentaram eficiência variando de 54 a 55% e duas do tipo aerada, que apresentaram eficiência variando de 52 a 64%, ou seja, ambas também estavam fora da faixa de típica sugerida por Von Sperling (2002).

A concentração de DQO registrada na saída da lagoa de maturação também está acima da faixa típica que varia de 100 a 180 mg.L<sup>-1</sup> para sistemas de tratamento do tipo Australiano sem aeração, porém a DBO encontra-se abaixo da faixa que varia de 40-70 mg.L<sup>-1</sup> (VON SPERLING, 2002).

A lagoa anaeróbia apresentou eficiência de remoção de 36% e 15% em relação à DBO nos meses de setembro e outubro (Tabela 4), o que não está de acordo com a faixa sugerida por Von Sperling (2002), que varia de 50 a 70%. A coleta do esgoto bruto foi feita apenas uma vez durante o dia, às 8h, e talvez este seja o problema da baixa DBO no esgoto bruto, e consequentemente baixa eficiência da lagoa anaeróbia. Metcalf e Eddy (1985) explicam que, em condições ótimas, normalmente é fácil conseguir de forma contínua eficiências de remoção de DBO superiores a 70%.

**Tabela 4: Eficiência de remoção de DBO e DQO nas lagoas de estabilização do módulo A da ETE de Trindade.**

Parâmetros	Anaeróbia		Facultativa		Maturação	
	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10
DBO (%)	36	15	85	79	19	15
DQO (%)	21	4	16	5	16	22
TDH <sub>operacional</sub>	2,0	2,2	6,0	7,0	2,4	2,8

A lagoa facultativa apresentou eficiência de remoção de DBO de 85 e 79% em setembro e outubro, respectivamente (Tabela 4). Um importante parâmetro a ser verificado nas lagoas facultativas é o tempo de detenção hidráulico (TDH) que, segundo Von Sperling (1996), diz respeito ao tempo necessário para que os microrganismos procedam a estabilização da matéria orgânica nas lagoas, e consequentemente influenciam na eficiência do tratamento.

A lagoa facultativa apresentou o TDH acima do sugerido no projeto (Tabela 1) tanto em setembro (6,0 dias) como em outubro (7,0 dias). A lagoa anaeróbia e de maturação apresentaram os TDH próximos ao sugerido no projeto (Tabela 4). Este aumento do TDH na lagoa facultativa é devido ao aumento da profundidade da lagoa que foi em média de 1,78 m em setembro e 1,68 m em outubro.

#### **Fósforo total (PT), ortofosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) e nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

A concentração do fósforo total no esgoto bruto foi de 10,1  $\text{mg.L}^{-1}$  em setembro e de 7,6  $\text{mg.L}^{-1}$  em outubro, o que está de acordo com Von Sperling (2002), que cita concentrações variando de 4 a 15  $\text{mg.L}^{-1}$  para esgotos. Nas lagoas o PT variou de 7,3 (Anaeróbia/set) a 3,4  $\text{mg.L}^{-1}$  (Maturação/out); o  $\text{PO}_4^{-3}$  variou de 3,0 (Anaeróbia/set) a 0,3  $\text{mg.L}^{-1}$  (Maturação/out), e a  $\text{NH}_4^+$  variou de 19,3 (Anaeróbia/out) a 10,0  $\text{mg.L}^{-1}$  (Maturação/out) (Tabela 5).

**Tabela 5: Valores de PT,  $\text{PO}_4^{-3}$  e  $\text{NH}_4^+$  nas lagoas de estabilização do módulo A da ETE Trindade.**

Parâmetros	Esgoto Bruto		Anaeróbia		Facultativa		Maturação	
	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10
PT ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	10,1	7,6	7,3	6,4	5,3	5,0	4,0	3,4
$\text{PO}_4^{-3}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	3,0	2,8	3,0	2,7	0,7	0,4	0,5	0,3
$\text{NH}_4^+$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	18,0	17,3	15,3	19,3	11,4	10,2	13,2	10,0

A remoção de fósforo total foi mais significativa na lagoa anaeróbia com uma eficiência de 28% (Tabela 6). Esta remoção está, provavelmente, relacionada com a sedimentação da matéria orgânica e, consequentemente, do fósforo. A eficiência de remoção de fósforo total pelo sistema foi de 60% em setembro e de 55% em outubro, porcentagem enquadra-se dentro do estabelecido pela literatura, que varia de 25 a 60% (Tabela 3).

**Tabela 6: Eficiência de remoção de PT,  $\text{PO}_4^{-3}$  e  $\text{NH}_4^+$  nas lagoas de estabilização do módulo A da ETE Trindade.**

Parâmetros	Anaeróbia		Facultativa		Maturação	
	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10
PT (%)	28	15	27	22	24	33
$\text{PO}_4^{-3}$ (%)	1	3	76	87	29	17
$\text{NH}_4^+$ (%)	15	0	25	47	0	2

A concentração de ortofosfato no esgoto bruto foi de 3,0  $\text{mg.L}^{-1}$ , já na saída do sistema de lagoas foi de 0,5  $\text{mg.L}^{-1}$  (Tabela 5), o que apresenta uma eficiência de remoção 83%. A remoção do ortofosfato foi bem mais destacada na lagoa facultativa com uma eficiência de 76 e 87% (Tabela 6). Esta remoção está, provavelmente, relacionada com algas e cianobactérias. Granado (2004) registrou valores semelhantes de ortofosfato na ETE de Novo Horizonte (SP), sendo o valor máximo encontrado de 2,97  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Os valores de nitrogênio amoniacal encontram-se abaixo da faixa de concentração encontrada para esgoto doméstico bruto, que é de 20 a 35  $\text{mg.L}^{-1}$  (VON SPERLING, 1996). A eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal pelo sistema foi de 26,8% o que não está de acordo com o sugerido na literatura, que varia de 50 a 70% (Tabela 3). Na lagoa facultativa, a eficiência foi de 47% em outubro. Não foi verificada eficiência de remoção, para o mesmo parâmetro, em setembro na lagoa de maturação e em outubro na lagoa anaeróbia (Tabela 6).

Pano e Middlebrooks (1982) descrevem que a remoção de amônia na lagoa facultativa está relacionada com a temperatura, pH, tempo de detenção e biomassa algal, assim como altas concentrações de nitrato podem estar ligadas a remoção de amônia. A amônia pode também interferir nas taxas fotossintéticas das algas (BITTON, 2005).

### Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV) e sólidos suspensos fixos (SSF)

A concentração de SST no afluente do sistema de lagoas foi de 306,7 e 160,0 mg.L<sup>-1</sup>, enquanto que a concentração no efluente final foi de 183,0 e 166,0 mg.L<sup>-1</sup>, em setembro e outubro, respectivamente (Tabela 7), o que representa uma eficiência de remoção igual a 40% em setembro. Em outubro, não foi verificada eficiência de remoção. Estas eficiências não estão de acordo com o sugerido (Tabela 3), que variam de 73 a 83%. Silva et al (2010) também encontrou baixa eficiência de remoção de SST nas lagoas de estabilização (49% e 51%).

Na lagoa de maturação houve um aumento de SST de aproximadamente 19% em relação à lagoa facultativa (em setembro), resultado este possivelmente influenciado pelas altas concentrações de algas na lagoa.

**Tabela 7: Valores de SST, SSV e SSF nas lagoas de estabilização do módulo A da ETE Trindade.**

Parâmetros	Esgoto Bruto		Anaeróbia		Facultativa		Maturação	
	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	306,7	160,0	160,0	100,0	154,0	210,0	183,0	166,0
SSV (mg.L <sup>-1</sup> )	270,0	139,0	144,3	94,0	144,0	194,0	168,2	150,0
SSF (mg.L <sup>-1</sup> )	36,7	21,0	15,7	6,0	10,0	16,0	15,3	16,0

Em setembro a concentração de SSV e SSF no afluente do sistema de lagoas foi de 270,0 e 36,6 mg.L<sup>-1</sup>, enquanto a concentração no efluente final foi de 168,2 e 15,3 mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 7) o que representa uma eficiência de remoção igual a 37 e 58 % respectivamente. Em outubro a concentração de SSV no afluente do sistema de lagoas foi de 139,0 mg.L<sup>-1</sup> e no efluente final foi de 150 mg.L<sup>-1</sup> portanto não houve eficiência de remoção desse parâmetros. Das lagoas analisadas a que mais removeu SST, SSV e SSF foi a lagoa anaeróbia (Tabela 8), com 42%, 39% e 64% em média, respectivamente.

**Tabela 8: Eficiência de remoção de SST, SSV e SSF nas lagoas de estabilização do módulo A da ETE Trindade.**

Parâmetros	Anaeróbia		Facultativa		Maturação	
	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10	SET/10	OUT/10
SST (%)	48	37	4	0	0	21
SSV (%)	47	32	0	0	0	23
SSF (%)	57	71	36	0	0	0

## CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que:

A lagoa facultativa apresentou o TDH acima do dimensionado no projeto, devido ao aumento da profundidade.

Durante o período de seca o módulo A apresentou maior eficiência de remoção da DBO e do PO<sub>4</sub> e menor eficiência de remoção da NH<sub>4</sub>. Entretanto, no período chuvoso, a maior eficiência de remoção foi também de DBO e PO<sub>4</sub>, e a menor de DQO e SST.

Em média apenas a eficiência de remoção de DBO e PT estiveram dentro da faixa típica conhecida para lagoas de estabilização do tipo Australiano.

A lagoa anaeróbia apresentou maior eficiência de remoção dos parâmetros analisados, com exceção da DBO, ortofosfato e amônia que foram mais eficientemente removidos na lagoa facultativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20. ed. Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A/American Public Health Association; American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 1998.
2. BITTON, G. Wastewater Microbiology. 3. ed. New York: Wiley, 2005. 765 p.

3. GRANADO, D. C. Variação nictermais e sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctônica num sistema de lagoas de estabilização (Novo Horizonte). Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. 130 p.
4. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 932 p.
5. PANO, A.; MIDDLEBROOKS, E. J. Ammonia nitrogen removal in facultative wastewater stabilization ponds. *Journal of Water Pollution Control Federation*, v. 54, n. 4, p. 344-351, 1982.
6. SILVA, M. F., et al. II-291 - Avaliação de Lagoas de Estabilização do Estado de Goiás. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010 p. 1-7.
7. SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. D. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande: O Autor, 2001. 266 p.
8. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: UFMG, v. 2, 1996. 211 p.
9. VON SPERLING, M. Lagoas de Estabilização: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: UFMG, v. 3, 2002. 196 p.