

II-277 – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OPERACIONAIS DO DECAIMENTO BACTERIANO E REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA NOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR MEIO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Ana Lúcia Colares Lopes Rocha⁽¹⁾

Engenheira Civil, especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Gerente de Tratamento de Esgotos da Superintendência de Serviços do Interior da Saneamento de Goiás S.A.

Maura Francisca da Silva

Bióloga pela Universidade Católica de Goiás (UCG), Especialista em Saúde Pública pela Universidade de Ribeirão Preto (UNERP), Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela UFG, Supervisora do Laboratório Central de Esgoto da Saneago.

Denise Barini Botelho Novais

Bióloga pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Técnica em Saneamento da Gerência de Suporte ao Tratamento de Esgotos da Superintendência de Serviços do Interior da Saneago.

Mauro Roberto Felizatto

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU, 1985). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB, 2000). Analista de Sistema de Saneamento III (Engº Sênior) da CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal), atualmente Coordenador de Operação do Sistema Alagado, Santa Maria e Gama. Professor dos Cursos de Tecnologia em Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília.

Wellington Roberto Amaro da Silva

Tecnólogo em Construção Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET), Técnico em Saneamento da Gerência de Suporte ao Tratamento de Esgotos da Superintendência de Serviços do Interior da Saneago.

Endereço⁽¹⁾: Rua 1027 Nº 204, apto 1502 – Setor Pedro Ludovico – Goiânia - Goiás – CEP 74823-120 – Brasil – Tel:+55 (62) 3243 3462 – Fax: +55 (62) 3522 2611 – e-mail: analucia@saneago.com.br.

RESUMO

O presente trabalho propõe avaliar os resultados operacionais de remoção de carga orgânica e decaimento bacteriano de 22 Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) por meio de Lagoas de estabilização considerando dois tipos de associações: Lagoas Anaeróbias seguidas de Lagoas Facultativas e de Maturação e de Lagoas Facultativas seguidas de Maturação, todas no interior do Estado de Goiás, operadas pela Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO). Foram avaliados os resultados das análises laboratoriais de DBO, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, obtidos no monitoramento dos anos 2009 e 2010. As análises laboratoriais foram realizadas em amostras dos afluentes e efluentes das ETEs representando assim uma referência global dos sistemas de tratamento, independente da quantidade de módulos e do número de lagoas em cada ETE. Foram analisados DBO mensalmente e coliformes termotolerantes ou *Escherichia Coli* bimestralmente dos pontos afluente e efluente das estações. Foram apresentados valores médios afluentes e efluentes de todo o período de avaliação, de DBO, eficiência de remoção de DBO, coliformes termotolerantes do ano 2009 e de *Escherichia Coli* do ano 2010. O limite de DBO foi avaliado segundo Legislação do Estado de Goiás, Lei 8544/78. Todos os valores médios de DBO efluente das ETEs foram abaixo de 60 mg/L e a eficiência de remoção de DBO variou de 82,83% e 94,19% para as ETEs do tipo LA+LF+LM e 82,77% a 94,30% para as ETEs do tipo LF+LM. Foram considerados 204 para as ETEs do tipo LA+LF+LM e 206 resultados de análises de DBO afluente e efluente para as ETEs do tipo LF+ LM. Os resultados médios do decaimento bacteriano apresentaram redução de 2 a 6 unidades log em ambos os tipos de ETEs, tendo a maior parte dos resultados atingido redução de 4 a 6 unidades log. Não se observou diferença de grandeza em relação aos resultados das análises bacteriológicas de coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*. Todos os valores médios de DBO efluente das ETEs atenderam a legislação estadual com DBO menor que 60 mg/L e a eficiência de remoção de DBO acima de 80% para todas as ETEs. Sem considerar valores médios, apenas 3,9% dos resultados das ETEs do tipo LA+LF+LM e 6,7% das ETEs do tipo LF+LM não atingiram o padrão de lançamento, segundo a Legislação do Estado de Goiás. Considerando a resolução CONAMA nº 430 de 13 de Maio de 2011, ambas as modalidades de tratamento atenderam ao limite imposto de carga orgânica efluente de 120 mg/L.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, decaimento bacteriano, coliformes, carga orgânica.

INTRODUÇÃO

A remoção de carga orgânica (DBO) e de coliformes nos processos de tratamento de esgotos por meio de Lagoas de Estabilização muitas vezes não corresponde aos valores previstos na literatura. O presente trabalho propõe avaliar os resultados operacionais de remoção de carga orgânica, segundo o padrão de lançamento estabelecido no estado de Goiás, e decaimento bacteriano de 22 Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) por meio de Lagoas de estabilização considerando dois tipos de associações: Lagoas Anaeróbias seguidas de Lagoas Facultativas e de Maturação (LA+LF+LM) e de Lagoas Facultativas seguidas de Maturação (LF+LM), todas no interior do Estado de Goiás, operadas pela Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO). Foram avaliados os resultados das análises laboratoriais de DBO, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, obtidos no monitoramento dos anos 2009 e 2010 de vinte e duas ETEs operadas pela SANEAGO. A Tabela 1 apresenta as principais características e capacidades dos sistemas que foram avaliados.

Tabela 1: Características e capacidades dos sistemas avaliados

CARACTERÍSTICAS DAS ETEs DO TIPO LA + LF + LM				
ETE'S / MUNICÍPIOS	MODULAÇÃO DO TRATAMENTO	CAPACIDADE		CAPACIDADE UTILIZADA DA ETE (%)
		POPULAÇÃO	Q (L/s)	
Ap. do Rio Doce	1 módulo (1 LA + 1 LF + 1 LM)	2605	7,20	75,0
Araguapaz	1 módulo (LA + 1 LF + 1 LM)	8.922	26,85	38,5
Formosa	2 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	99.849	158,80	35,7
Goiatuba	2 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	35.538	72,05	17,4
Itapuranga	2 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	22.202	75,96	79,7
Mara Rosa	2 módulos (LA + 2 LF + 1 LM)	8.000	24,96	64,8
Minaçu	1 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	36.387	57,47	45,3
Morrinhos	2 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	42.082	166,13	45,3
Paraúna	2 módulos (1LA+1LF)+1LM	9.943	35,48	68,1
Rio Verde	3 módulos (1 LA + 2 LF + 1 LM)	94.802	256,44	79,1
São L. M. Belos	2 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	27.947	107,86	51,5
São M. Araguaia	2 módulos (1 LA + 1 LF + 1 LM)	17.376	29,32	27,5
CARACTERÍSTICAS DAS ETEs DO TIPO LF + LM				
Cristalina	1 módulos (LF + 1 LM)	23.550	36,73	40,0
Goianésia	1 módulo (1 LF + 2 LM)	40.560	50,70	75,8
Inhumas	2 módulos (LF) + 1 LM	41.569	72,92	34,0
Joviânia	1 módulo (2 LF) + 2 LM	8.285	18,85	71,0
Jussara	1 módulo (2 LF + 2 LM)	19.726	57,03	68,0
Palmeiras	1 módulo (2 LF + 2 LM)	19.545	39,02	78,2
Piracanjuba	3 módulos (LF) + 3 LM	16.426	28,11	57,1
Pontalina	1 módulo (2 LF + 2 LM)	10.000	23,50	61,0
Silvânia	2 módulos (1 LF + 1 LM)	20.735	35,00	42,1
Uruaçu	2 módulos (1 LF + 2 LM)	54.736	188,10	21,6

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises laboratoriais foram realizadas em amostras dos afluentes e efluentes das ETEs, representando assim uma referência global dos sistemas de tratamento, independente da quantidade de módulos e do número de lagoas em cada ETE. Foram considerados na avaliação todos os resultados do monitoramento operacional da SANEAGO, do período compreendido de janeiro de 2009 a dezembro de 2010, relativos aos parâmetros de DBO e de coliformes. Foram realizadas análises de coliformes termotolerantes durante o ano de 2009 e de *Escherichia Coli*, no ano de 2010, ambos parâmetros indicadores aceitos pela Resolução CONAMA 357/05.

O monitoramento laboratorial contemplou em cada ETE, afluente e efluente: análises mensais de DBO e análises bimensais de coliformes termotolerantes ou *Escherichia Coli*. Do quantitativo de análises previstas para os 22 sistemas, segundo a frequência de coleta já mencionada, foi possível realizar 410 coletas para análises de DBO (afluente/efluente) e 282 para análises de coliformes (termotolerantes e *Escherichia Coli*; afluente/efluente). Esses resultados foram sistematizados e agrupados para cada ETE e por tipo de ETE, de forma a permitir as seguintes avaliações:

1. Para cada ETE: DBO média afluente e efluente de todo o período de avaliação e a respectiva eficiência média de remoção de DBO, valores médios de coliformes termotolerantes do ano 2009 e de *Escherichia Coli* do ano 2010, afluentes e efluentes;
2. Para cada tipo de ETE: DBO média afluente e efluente de todas as ETEs e a respectiva eficiência média de remoção de DBO, valores do decaimento bacteriano promovido por cada ETE, expressos em unidades logarítmicas, considerando resultados médios afluentes e efluentes do parâmetro indicador analisado.

Foram efetuadas médias aritméticas para os valores de DBO em mg/L, eficiência em % e médias geométricas para os valores de coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*, em NMP/100 mL. Os resultados referentes à carga orgânica foram criticados com relação aos limites impostos na Legislação do Estado de Goiás, Lei 8544/78, que estabelece o limite máximo de DBO efluente de 60 mg/L ou eficiência mínima de 80% de remoção de DBO, como padrão de lançamento dos efluentes e Resolução CONAMA 430 de 13/05/2011.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório Central de Esgoto da SANEAGO, em Goiânia. Os procedimentos analíticos seguiram as recomendações de APHA/AWWA/WPCF (1999).

RESULTADOS DO DECAIMENTO BACTERIANO

A Tabela 2 apresenta os resultados médios de coliformes afluentes e efluentes das ETEs do tipo LA+LF+LM, relativos aos anos 2009 e 2010, e o respectivo decaimento bacteriano expresso em quantidade de unidades logarítmicas.

A Tabela 3 apresenta os mesmos dados para as ETEs do tipo LF+LM.

Por se tratar de um parâmetro cujo padrão ambiental é estabelecido no corpo receptor, não faz sentido uma análise comparativa entre as diversas ETEs e tipo de tratamento, pois cada sistema possui a sua particularidade em função de seu corpo receptor. Não foi possível buscar referências do projeto de cada sistema de tratamento para uma análise mais específica. No entanto, de todos os 44 resultados médios do decaimento bacteriano apresentados, observou-se redução de 2 a 6 unidades log em ambos os tipos de ETEs, tendo a maior parte dos resultados (33) atingido redução de 4 a 6 unidades log.

Com relação aos resultados das análises bacteriológicas de coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*, observou-se que não houve diferença de grandeza entre os dois parâmetros.

Tabela 2: Valores médios de coliformes afluentes e efluentes das ETEs do tipo LA+LF+LM

DECAIMENTO BACTERIANO PARA ETES DO TIPO – LA + LF + LM EM 2009 / 2010						
ETES / MUNICÍPIOS	COLIFORMES TERMOTOLERANTES – VALORES MÉDIOS EM 2009			<i>Escherichia Coli</i> VALORES MÉDIOS EM 2010		
	NMP afluente (NMP/100ml)	NMP efluente (NMP/100ml)	Dec. Bacteriano (unid. log)	NMP afluente (NMP/100ml)	NMP efluente (NMP/100m)	Dec. Bacteriano (unid. log)
Ap. do Rio Doce	6,07E+006	1,22E+004	2	3,84E+006	1,22E+004	2
Araguapaz	1,01E+007	2,92E+003	4	1,44E+007	1,31E+003	4
Formosa	7,34E+006	1,24E+002	4	8,34E+006	1,85E+002	4
Goiatuba	7,52E+006	2,16E+001	5	5,39E+006	2,18E+000	6
Itapuranga	1,21E+008	1,36E+004	4	3,68E+007	9,42E+003	4
Mara Rosa	9,30E+006	5,66E+002	4	2,40E+007	6,34E+001	6
Minaçu	4,56E+007	1,21E+004	3	1,50E+007	2,10E+001	6
Morrinhos	3,40E+007	3,90E+003	4	7,54E+006	4,62E+002	4
Paraúna	6,17E+007	2,17E+004	3	1,14E+007	7,98E+003	4
Rio Verde	1,62E+007	1,11E+005	2	1,14E+007	6,82E+003	4
São L. M. Belos	1,15E+008	1,41E+004	4	2,48E+007	2,78E+002	5
São M. Araguaia	1,96E+008	6,23E+003	5	1,00E+005	1,01E+002	3

Tabela 3: Valores médios de coliformes afluentes e efluentes das ETEs do tipo LF+LM

DECAIMENTO BACTERIANO PARA ETES DO TIPO – LF + LM EM 2009 / 2010						
ETES / MUNICÍPIOS	COLIFORMES TERMOTOLERANTES – VALORES MÉDIOS EM 2009			<i>Escherichia Coli</i> VALORES MÉDIOS EM 2010		
	NMP afluente (NMP/100ml)	NMP efluente (NMP/100ml)	Dec. Bacteriano (unid. log)	NMP afluente (NMP/100ml)	NMP efluente (NMP/100ml)	Dec. Bacteriano (unid. log)
Cristalina	2,75E+007	7,43E+005	2	3,35E+007	2,13E+003	4
Goianésia	3,89E+007	9,59E+004	3	8,66E+006	2,04E+004	2
Inhumas	4,45E+007	1,05E+005	2	1,06E+007	4,20E+003	4
Joviânia	4,10E+007	4,34E+002	5	1,48E+007	1,15E+001	5
Jussara	2,77E+007	3,03E+003	4	1,22E+007	9,67E+001	6
Palmeiras	1,09E+008	2,09E+005	3	3,02E+007	6,34E+003	4
Piracanjuba	1,70E+006	6,00E+002	4	3,88E+006	2,06E+001	5
Pontalina	6,43E+007	8,45E+001	6	1,50E+007	1,13E+002	5
Silvânia	2,43E+007	8,53E+002	5	7,03E+006	2,58E+004	2
Uruaçu	7,10E+007	7,69E+003	4	1,39E+007	1,50E+002	5

RESULTADOS DE REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA

A Tabela 4 apresenta os resultados médios de todo o período de observação, de DBO afluente e efluente, a respectiva eficiência de remoção, para os dois tipos de sistemas avaliados.

Tabela 4: Valores médios de DBO afluentes e efluentes e eficiência média das ETEs avaliadas

MÉDIA DE DBO EM ETEs DO TIPO: LA + LF + LM – VALORES MÉDIOS EM 2009 E 2010				MÉDIA DE DBO EM ETEs DO TIPO: LF + LM – VALORES MÉDIOS EM 2009 E 2010			
ETES / MUNICÍPIOS	DBO afluente (mg/L)	DBO efluente (mg/L)	EFIC. (%)	ETES / MUNICÍPIOS	DBO afluente (mg/L)	DBO efluente (mg/L)	EFIC. (%)
Ap. do Rio Doce	145	25	82,83	Cristalina	376	38	89,90
Araguapaz	302	27	91,03	Goianésia	317	55	82,77
Formosa	165	28	83,20	Inhumas	312	50	83,99
Goiatuba	107	15	85,95	Joviânia	480	27	94,30
Itapuranga	356	47	86,78	Jussara	219	14	93,78
Mara Rosa	238	26	88,88	Palmeiras	430	60	86,09
Minaçu	223	17	92,33	Piracanjuba	199	12	93,77
Morrinhos	223	27	88,03	Pontalina	241	24	89,98
Paraúna	291	42	85,47	Silvânia	232	21	91,07
Rio Verde	452	49	89,15	Uruaçu	202	24	88,02
São L. M. Belos	471	27	94,19	-			
São M. Araguaia	237	30	87,34				

Todos os valores médios de DBO efluente das ETEs foram abaixo de 60 mg/L e a eficiência de remoção de DBO variou de 82,77% a 94,30% para as ETEs do tipo LF+LM e 82,83% e 94,19% para as ETE's do tipo LA+LF+LM. Os valores de eficiência estão dentro das faixas citadas por von Sperling (1996).

Foram considerados 206 resultados de análises de DBO afluente e efluente para as ETEs do tipo LF + LM e 204 para as ETEs do tipo LA+LF+LM. Uma análise sem considerar resultados médios foi realizada, de uma forma global, por tipo de ETE. Embora não tenha sido possível apresentar neste trabalho todos os resultados laboratoriais obtidos, foi realizada uma crítica desses resultados segundo os limites preconizados pela Legislação Estadual. As quantidades de resultados favoráveis e desfavoráveis estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6, para ambos os tipos de tratamento.

Tabela 5: Crítica dos resultados totais obtidos de remoção de carga orgânica (LA+LF+LM)

REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA EM ETEs DO TIPO: LA + LF + LM			
nº de resultados de DBO efluente > 60mg/L	15	nº de resultados cuja eficiência < 80%	39
nº de resultados de DBO efluente < 60mg/L	189	nº de resultados cuja eficiência ficou > 80%	165
quantidade total de resultados avaliados	204	quantidade total de resultados avaliados	204
nº de resultados que não atenderiam ao padrão de lançamento, segundo lei estadual nº 8544/78 (DBO efluente > 60mg/L e eficiência < 80%) = 8			

Tabela 6: Crítica dos resultados totais obtidos de remoção de carga orgânica (LF+LM)

REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA EM ETES DO TIPO: LF + LM			
nº de resultados de DBO efluente > 60mg/L	27	nº de resultados cuja eficiência < 80%	26
nº de resultados de DBO efluente < 60mg/L	179	nº de resultados cuja eficiência > 80%	180
quantidade total de resultados avaliados	206	quantidade total de resultados avaliados	206
nº de resultados que não atenderiam ao padrão de lançamento, segundo lei estadual nº 8544/78 (DBO efluente > 60mg/L e eficiência < 80% = 14)			

Conforme indicado na Tabela 5, dos 204 resultados apurados, ocorreram 15 resultados cuja DBO efluente foi superior a 60 mg/L, e 39 resultados cuja eficiência foi inferior a 80%, para os sistemas do tipo LA+LF+LM. Já considerando os 206 resultados observados para os sistemas do tipo LF+LM, ocorreram 27 resultados cuja DBO efluente foi superior a 60 mg/L, e 26 resultados cuja eficiência foi inferior a 80%, conforme indicado na Tabela 6.

Uma análise conjunta dos resultados de DBO efluente e eficiência de remoção, para atendimento à Legislação do Estado de Goiás, indicou apenas 8 resultados para ETES do tipo LA+LF+LM e 14 resultados para as ETE's do tipo LF+LM, que não atingiram o padrão para lançamento, segundo a Legislação do Estado de Goiás. Considerando a resolução CONAMA nº 430 de 13 de Maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, ambas as modalidades de tratamento atenderam ao limite imposto de carga orgânica efluente de 120 mg/L.

CONCLUSÕES

Os resultados médios do decaimento apresentaram redução de 2 a 6 unidades log em ambos os tipos de ETES, tendo a maior parte dos resultados atingido redução de 4 a 6 unidades log.

Não se observou diferença de grandeza em relação aos resultados das análises bacteriológicas de coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*.

Todos os valores médios de DBO efluente das ETES atenderam a legislação estadual com DBO de 60 mg/L e a eficiência de remoção de DBO acima de 80% para as ETES dos dois tipos avaliados.

Enquanto que os sistemas tipo LA+LF+LM, 7,3% dos resultados de DBO efluente foram acima de 60 mg/L, e 19,1% a foram inferior a 80%, para as ETES tipo LF+LM, 13,10% dos resultados de DBO efluente foram acima de 60 mg/L e 12,6% obtiveram eficiência menor que 80%.

Apenas 3,9% dos resultados das ETES do tipo LA+LF+LM e 6,7 % dos resultados das ETES tipo LF+LM não atingiram o padrão para lançamento, segundo a Legislação do Estado de Goiás. Segundo a resolução CONAMA 430/2011, todos os resultados atenderam ao limite de carga orgânica efluente imposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WPCF. **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association 20ª Edition (CD-ROM), Washington DC, 1999.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006: Ministério do Meio Ambiente, 2006, 32 p.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011: Ministério do Meio Ambiente, 2011, 8 p.
4. von SPERLING, M. (1996). **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1996,3 ed., 132p.
5. LEI ESTADUAL DO ESTADO DE GOIÁS Nº 8544, DE 17 DE OUTUBRO DE 1978.