

## II-069 - PERFORMANCES DE DECAIMENTO BACTERIANO EM 26 ETES COM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO EM MINAS GERAIS COMPARADOS COM RESULTADOS DE MODELOS DE SIMULAÇÃO TEÓRICOS

**Anibal Oliveira Freire<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da UFMG. Especialista em Engenharia Sanitária pelo DESA/UFMG. Analista Master de Saneamento da COPASA-MG.

**Frieda Keifer<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela PUC-Minas, Mestre em Saneamento pela UFMG, Especialista em Gestão Integrada e dos Resíduos pela Hydroaid e Ministério das Cidades, Analista de Saneamento da COPASA-MG.

**Gloria Suzana Melendez Bastos de Souza<sup>(3)</sup>**

Bióloga pela UFOP, Mestre em Saneamento pela UFMG, Doutora em Parasitologia Sanitária pela UFMG, pós-doutorado em Saneamento, Analista de Controle e Qualidade da COPASA-MG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Maceió, 162 - 501 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30 310-120 - Brasil - Tel: (31) 3250 1001 - e-mail: [anibal.freire@copasa.com.br](mailto:anibal.freire@copasa.com.br)

### RESUMO

As diretrizes sanitárias recomendadas pela OMS <sup>1</sup> sobre o uso de águas residuais tratadas de forma irrestrita na agricultura propõem o limite máximo de 1 000 *E.coli* /100ml e a tecnologia indicada é uma série de lagoas de estabilização (> 10 dias ou tratamento equivalente). Por razões ainda não compreendidas, em Minas Gerais este patamar não é alcançado, mesmo em áreas muito propícias para tal, como é o caso da região do Semiárido mineiro, de temperaturas muito quentes e alta insolação e com uma série de lagoas de estabilização com tempos de detenção muito altos.

A remoção de ovos de helmintos ocorre por sedimentação e a OMS (1989) sugere que séries de lagoas com tempo de detenção hidráulica total de 8 dias podem produzir efluentes com menos de 1 ovo/litro, em média, que é sua diretriz para irrigação irrestrita ( $\leq 1$  ovo/L); como cadastramos lagoas com tempos de detenção hidráulicos muito amplos ( $>>8$  dias), em função dos parâmetros de projetos e da baixa contribuição atual, este quesito não será objeto de pesquisa deste trabalho.

O objetivo desse trabalho foi verificar a aderência dos modelos teóricos de simulação aos dados obtidos a partir da comparação de resultados de eficiência de remoção de DBO e decaimento bacteriano, em escala real, em 26 ETES do Estado de Minas Gerais que utilizam em seus processos de tratamento, lagoas de estabilização em seus diversos modelos, com os resultados de modelos de simulação teóricos conhecidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lagoas de estabilização, decaimento bacteriano, modelos teóricos de simulação

### METODOLOGIA UTILIZADA

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, foram realizadas as seguintes atividades:

- Levantamento de dados junto à empresa responsável pela operação das ETES: COPASA
- Revisão bibliográfica;
- Avaliação e contextualização dos dados obtidos.

Foi elaborado o cadastro de dados e de monitoramento bimestral (análises compostas) de 26 ETES de sistemas municipais que utilizam em seus processos, lagoas de estabilização em seus diversos modelos (anaeróbias, facultativas, e de maturação (profundas (1,20m), rasas (0,60m), chicaneadas), com todas condições de contorno, forma, dimensões, profundidades, TDH (Tempo de Detenção Hidráulica), região, temperaturas médias, resultados de *E. coli*, comparados com os resultados de modelos de simulação teóricos conhecidos para decaimento bacteriano <sup>2</sup>.

Os dados foram obtidos do monitoramento no ano de 2013 de ETES de diferentes regiões do Estado, sendo que para EColi, foram coletadas amostra simples do efluente (face ao altíssimo tempo de detenção (TDH) e

consequente equalização temporal do efluente, não se justifica amostragem composta). Os dados do afluente, por ausência de dados intermediários da ETE (este parâmetro não é exigido neste ponto (saída do Reator anaeróbio de fluxo ascendente - RAFA) pelo órgão ambiental para o programa de automonitoramento das ETEs do Estado de Minas Gerais, e, portanto, foram considerados valores da literatura e da experiência da COPASA com outras ETEs, sendo fixados, a favor da segurança, em 10E7 NMP/100mL para efluente de RAFA (e de Lagoas Anaeróbias) e de 10E6 NMP/100mL para efluentes de RAFA seguido de Filtro Anaeróbio.

Von Sperling (1999) em uma revisão de literatura internacional identificou valores de coeficiente de decaimento de coliformes ( $K_b$ ) que variaram entre 0,2 a 43,6 d<sup>-1</sup> (20°C), o que é uma faixa extremamente ampla e com pouca confiabilidade para projetos. Ainda assim, vários de seus estudos, incluindo uma avaliação de 82 lagoas no Brasil e em outros países (VON SPERLING, 2002) mostrou que a estimativa do logaritmo das concentrações de coliformes efluentes nas referidas lagoas foi considerada amplamente satisfatória, conforme a análise da regressão entre  $K_b$  (20°C, fluxo disperso e a profundidade H das lagoas na equação 1:

$$K_b(\text{disperso}) = 0,542.H^{-1,259} \quad (82 \text{ lagoas no Brasil e no mundo}) \quad (\text{Equação 1})$$

As temperaturas das amostras de lagoas na região norte acusam valores acima de 28°C, mas como não se sabe a variação no perfil das lagoas, adotou-se o valor de 25°C como valor médio no cálculo de  $K_{bt}$ . Nas outras regiões admitiu-se valores de 24°C.

Para análise dos dados foi utilizada metodologia desenvolvida por von Sperling<sup>2</sup> e utilizou-se o programa Excel, para tratamento dos dados, conforme sequência a seguir:

1. Remoção de coliformes nas lagoas facultativas
  - a) Regime hidráulico a ser adotado: regime de fluxo disperso
  - b) Número de dispersão: d, definida pela Equação 2:

$$d = 1/(L/B) \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo: sendo L/B: relação comprimento/largura

Equação: Coeficiente de remoção de coliformes

$$K_b(\text{disperso}) = 0,542.H^{-1,259} (T-20)$$

$$K_{bt} = K_{b20} \times \theta,$$

onde  $\theta$  = coeficiente de temperatura (Segundo Yanez,  $\theta = 1,07$ )

- c) Concentração efluente de coliformes (N)

Equação para fluxo disperso

$$a = \sqrt{1 + 4 K.t.d},$$

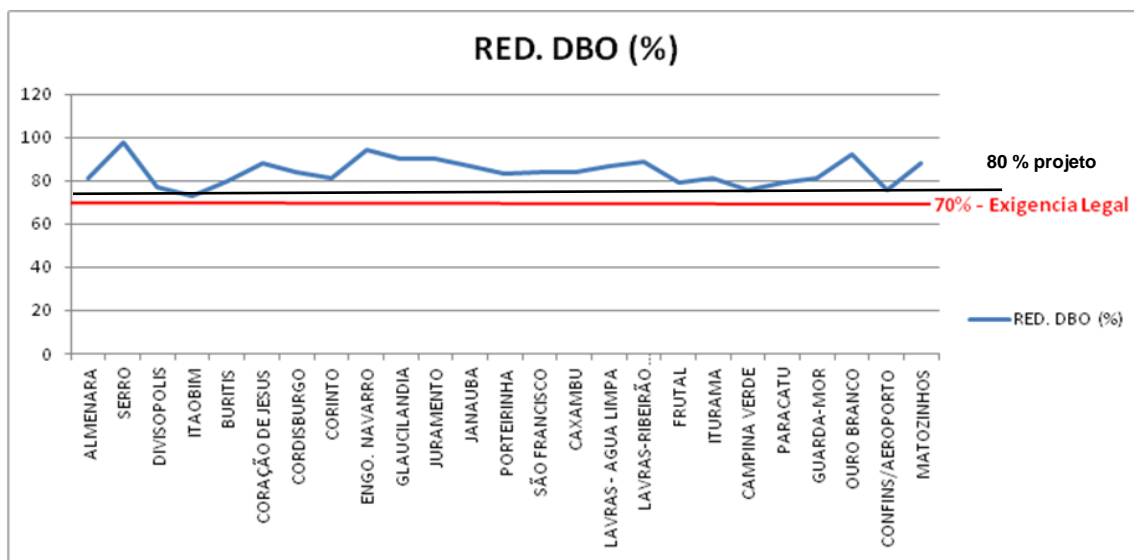
onde t = tempo de detenção hidráulica

$$N = N_o \cdot \frac{1/2d}{\frac{4 a e^{a/2d}}{(1+a)^2 e - (1-a)^2 e} - a/2d}$$

onde  $N_o$  = coliformes fecais no esgoto afluente

## RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos em termos de remoção de DBO estão compatíveis com os resultados esperados (através dos modelos de simulação teóricos aplicados) e situam-se na faixa de 80% de eficiência. Alguns resultados superam esta marca, quantidade pouco expressiva se for considerado que, na maioria dos sistemas, as lagoas são precedidas por reatores anaeróbios, que já proporcionam redução de matéria orgânica na faixa de 70%. Porém, cabe ressaltar que todos os resultados atendem a legislação ambiental neste quesito (média anual de 70% de redução de DBO e de 60% mínima), conforme mostrado na Figura 1.



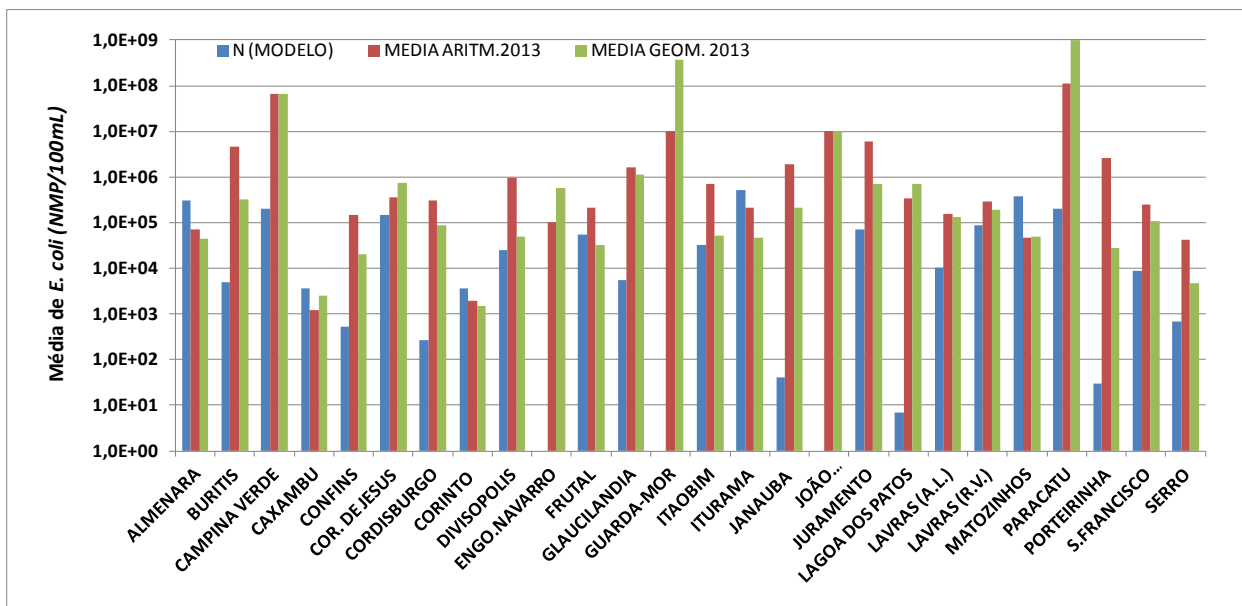
**Figura 1:** Eficiência de remoção de DBO das ETAs estudadas.

Contudo, a maioria dos resultados obtidos em relação a termos de redução de *E.coli*, apresentados na Tabela 1 e na Figura 2, não estão em conformidade com os resultados esperados (através dos modelos de simulação teóricos aplicados) e outros estudos, como por exemplo, valores citados por Florêncio (2003).<sup>3</sup>

**Tabela 1: Relação das ETEs estudadas, seus processos e seus respectivos valores de *E.coli*.  
(Previsto: Modelo (N) X Medido (Média Geom.): monitoramento)**

CIDADE	PROCESSO	N (MODELO)	MEDIA GEOM.	AVALIAÇÃO
ALMENARA	RAFA+LF	3,1E+05	4,3E+04	Bom
BURITIS	LAN+LF	5,0E+03	3,3E+05	Ruim
CAMPINA VERDE	RAFA+LF	2,0E+05	6,7E+07	Ruim
CAXAMBU	RAFA+LF+2LM	3,6E+03	2,5E+03	Bom
CONFINS	LF+LM	5,3E+02	2,0E+04	Ruim
COR. DE JESUS	RAFA+LF	1,5E+05	7,4E+05	Médio
CORDISBURGO	LF	2,7E+02	8,8E+04	Ruim
CORINTO	RAFA+LF+2LM	3,6E+03	1,5E+03	Bom
DIVISOPOLIS	RAFA+3LF	2,6E+04	4,9E+04	Ruim
ENGO.NAVARRO	RAFA+LM(CHIC)	-	5,8E+05	-
FRUTAL	LAN+LF	5,6E+04	3,3E+04	Ruim
GLAUCILANDIA	RAFA+LF	5,4E+03	1,2E+06	Ruim
GUARDA-MOR	RAFA+LM(CHIC)	0,0E+00	3,8E+08	Ruim
ITAOBIM	RAFA+LF	3,2E+04	5,3E+04	Médio
ITURAMA	LAN+LM	5,2E+05	4,7E+04	Bom
JANAUBA	RAFA+LF+2LM	4,0E+01	2,1E+05	Ruim
J.PINHEIRO/LUISLANDIA	RAFA+LM(CHIC)	0,0E+00	1,0E+07	Ruim
JURAMENTO	RAFA+LF	7,0E+04	7,0E+05	Ruim
LAGOA DOS PATOS	RAFA+LF	7,0E+00	7,1E+05	Ruim
LAVRAS (A.L.)	RAFA+FA+LM	1,1E+04	1,4E+05	Ruim
LAVRAS (R.V.)	RAFA+FA+LM	8,7E+04	1,9E+05	Ruim
MATOZINHOS	LAN+ELF	3,7E+05	4,9E+04	Bom
PARACATU	LAN+LAer.	2,0E+05	1,3E+09	Ruim
PORTEIRINHA	RAFA+LF+2LM	3,0E+01	2,8E+04	Ruim
S.FRANCISCO	LF	8,9E+03	1,1E+05	Ruim
SERRO	RAFA+LF+LM	6,9E+02	4,6E+03	Ruim

RAFA = Reator Anaeróbio, LF= Lagoa Facultativa, LM= Lagoa de Maturação , LAN = Lagoa Anaeróbia, LAer. = Lagoa Aerada, FA = Filtro Anaeróbio



**Figura 2:** Valores médios de *E.coli* do efluente final das ETEs estudadas.

Os resultados evidenciaram que ao comparar com o valor esperado pela projeção do projeto os resultados de efluente de ETEs com algum tipo de sistemas com lagoas apresentaram 5 classificadas como bom, 2 classificadas como médio e 18 classificadas como ruim. Os resultados indicam que deve ser realizada uma investigação cuidadosa para compreender os motivos que levaram 72 % das ETEs investigadas não se ajustarem ao modelo previsto em projeto.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Lagoas de estabilização tem sido o processo de tratamento natural de esgotos considerado mais eficaz para rebaixamento da contaminação bacteriológica nos efluentes de ETEs, mormente, com lagoas de maturação em série, e é recomendado pela OMS (1989), para tratamento prévio dos efluentes com o fim de se atingir condições sanitárias plenas para reuso agrícola. Apesar das condições favoráveis no Estado de Minas Gerais e de sistemas projetados nas condições consideradas ideais, a remoção bacteriológica não foi expressiva em 72% das ETEs investigadas.

Nos dados comparados das diferentes ETEs nas diversas regiões do Estado de Minas Gerais, de um total de 26 unidades pesquisadas, 18 apresentam resultados classificados como ruins, 05 resultados classificados como bons e 02 resultados classificados como médios (na mesma ordem de grandeza) Mesmo nas ETEs com efluentes considerados bons, observa-se ocorrências temporais fora da curva que, às vezes, não dão a segurança absoluta para o Reuso Agrícola

Em suma, com os dados disponíveis, torna-se necessário mais estudos, com acompanhamento *in loco*, para compreender os fatores que levam os sistemas de Lagoas de Estabilização nas suas diferentes formas e modalidades não atender em várias situações a finalidade de remoção de patógenos (*E. coli*), embora em algumas vezes isso ocorra (em 20% dos casos).

Compreender a dinâmica do funcionamento de lagoas de estabilização e os fatores de afetam sua eficiência é importante como uma análise crítica deste processo de tratamento de esgotos avaliando que numa amostragem considerável (26 ETEs num total de 35 cidades da COPASA com ETEs com lagoas em Minas Gerais) é uma ferramenta para buscar melhores condições para aplicação desses sistemas de tratamento de esgoto, bem como buscar outras alternativas para situações onde o sistema não opera com a eficiência prevista. Dessa forma, poder-se-á aprimorar conceitos a fim de se obter melhores resultados de eficiência com o sistema de tratamento de esgoto empregado.



A princípio, pelas evidências apresentadas no trabalho, conclui-se que lagoas de estabilização não apresentam as eficiências esperadas para redução da contaminação bacteriológica (*E. coli*) nos esgotos tratados, mesmo em regiões altamente favoráveis como é o caso do norte e do oeste do Estado de Minas Gerais, onde se localiza a metade das ETes pesquisadas, carecendo de maiores estudos para definir uma solução mais adequada para proporcionar condições para a aplicação de efluente tratado para irrigação irrestrita.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OMS. Organização Mundial da Saúde. Directrices sanitárias sobre El uso de aguas residuales em agricultura y acuicultura. Ginebra. 90p. (Serie Informes Tecnicos, 78), 1989.
2. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Sistemas de Lagoas de Estabilização. 2ª edição. Volume 3. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade federal de Minas Gerais 196p.
3. VON SPERLING, M. Performance evaluation and mathematical modelling of coliforms die-off in tropical and subtropical waste stabilization ponds. *Water Research*, 33 (6) pp.1435-1448. 1999
4. FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. (Coordenadores.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários / Rio de Janeiro : ABES, 2006. 427 p. : PROSAB 4. 2006.
5. HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S. & SANTOS, H. F. (editores).