

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-039 - CIANOBACTÉRIAS EM EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO FACULTATIVAS ?

Ricardo Franci Gonçalves ⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista – UERJ (1984), Pós-graduado em Engenharia de Saúde Pública - ENSP/RJ (1985), DEA - Ciências do Meio Ambiente - Univ. Paris XII, ENGREF, ENPC, Paris (1990), Doutor em Engenharia do Tratamento e Depuração de Água – INSA de Toulouse, França (1993), Prof. Adjunto do DEA e do PPGEA- UFES.

Letícia Silveira Cruz

Bióloga pela Escola de Ensino Superior do Educandário Seráfico São Francisco de Assis (ESESFA) – Pesquisadora Voluntária do Laboratório de Saneamento.

Regina Keller

Bióloga pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Mestre em Bioquímica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutora em Microbiologia com especialização em Virologia pela Universidade Paris VII. França. Prof. Visitante do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo.

Sérvio Túlio Alves Cassini

Biólogo pela Universidade Federal de Minas Gerais (1975). PhD Microbiologia pela Universidade Estadual da Carolina do Norte (NCSSU) – EUA – 1988. Pós-Doutorado em Microbiologia Ambiental na Universidade do Tennessee – EUA – 1997. Prof. Adjunto do DHS e do PME A - UFES.

Endereço⁽¹⁾: Av. Fernando Ferrari, s/n – Goiabeiras – Vitória – ES – Brasil - CEP.: 29060-970 – Caixa Postal: 01-9011 - Telefax.: (027) 3335-2165 / Tel: (027) 3335-2857

 franci@npd.ufes.br

RESUMO

O presente trabalho descreve a relação entre as características físico-químicas de sistemas lacustres eutrofizados devido à proliferação excessiva de cianobactérias potencialmente tóxicas em três sistemas de esgotamento sanitário, sendo dois sistemas facultativos primários e um sistema australiano. O efluente final produzido por esses sistemas de esgotamento sanitário apresenta elevadas concentrações de nutrientes N e P na forma solúvel que, dependendo das características do corpo receptor, pode causar intensa eutrofização; além de algas, que em alguns casos podem ser potencialmente tóxicas (cianobactérias) podendo liberar suas toxinas para a água. O trabalho evidenciou que a suscetibilidade do aparecimento de cianobactérias depende das condições operacionais a que cada sistema está submetido, principalmente em relação à carga de DBO₅ aplicada, o que indica a necessidade de reavaliação do uso sem critérios desse tipo de tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Cianobactérias, Cianotoxinas, Lagoas de Estabilização Facultativas, eutrofização

INTRODUÇÃO

Cianobactérias são microrganismos procariotos, que através de reações fotossintéticas liberam oxigênio molecular para a atmosfera. Várias espécies de cianobactérias podem apresentar um crescimento exagerado (florações) em corpos d'água superficiais (rios, lagos e reservatórios artificiais), decorrente do acelerado processo de eutrofização. O enriquecimento artificial desses ecossistemas ocorre em função de descargas de rejeitos provenientes das atividades antropogênicas em áreas urbanas, industriais e agrícolas.

Vários gêneros e espécies de cianobactérias que formam florações produzem diferentes metabólitos secundários, sendo que alguns deles possuem ação tóxica (cianotoxinas) sobre diferentes organismos e tipos celulares. Algumas dessas cianotoxinas, que são caracterizadas por sua ação rápida, causando a morte de mamíferos por parada respiratória após poucos minutos de exposição, têm sido identificadas como alcalóides ou organofosforados neurotóxicos. Outras atuam menos rapidamente e são identificadas como peptídeos ou alcalóides hepatotóxicos.

O processo de Lagoas de Estabilização constitui uma tecnologia de tratamento de esgoto atraente para pequenas e médias comunidades, principalmente devido ao baixo custo e simplicidade operacional, boa eficiência de remoção de poluentes orgânicos e patógenos. Porém estes sistemas constituem-se em corpos d'água artificialmente eutrofizados, com o seu efluente apresentando elevada concentração de nutrientes (eutrofização) N e P. Desta forma fornece condições suscetíveis a intensa proliferação de cianobactérias e consequente produção de suas toxinas. Este fato aponta a necessidade de reavaliação do uso sem critérios deste tipo de tecnologia, sobretudo nos casos em que o corpo receptor do efluente tratado se constitua em manancial para água de abastecimento.

A presente pesquisa vem desenvolvendo um monitoramento em três sistemas de esgotamento sanitário, um do tipo Sistema Australiano de Lagoas (Anaeróbia + Facultativa) e dois do tipo Lagoa Facultativa Primária, que estão em operação no planalto de Carapina, município da Serra - Vitória/ES, com relação à presença de cianobactérias e de suas toxinas (microcistinas).

MATERIAIS E MÉTODOS

O plano experimental foi dividido em três etapas:

Etapa 1- Caracterização das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) Estudadas:

Os dados de caracterização das ETEs foram adquiridos através da empresa operadora destes sistemas. (Tabela 1). As características operacionais foram obtidas através de monitoramento contínuo dessas Lagoas de Estabilização.

Tabela 1: Características das Lagoas de Estabilização

Sistema	Tipo	Profundidade d'água (m)	Área útil (m ²)	Q med
LFP I	Facultativa	1.60	17.69	22,0
LFP II	Facultativa	1.11	13.479	4,4
LFP III (SAL)	Anaeróbia	2.02	3.346	1,81
	Facultativa	1.50		

Etapa 2 - Amostragem Físico-Química e Hidrobiológica:

Foram realizadas coletas de amostras simples uma vez por mês em cada ETE, buscando avaliar a sazonalidade dos grupos fitoplântônicos e sua influência nos parâmetros físico-químicos de qualidade e vice-versa. As amostras dos efluentes são coletadas na saída de cada sistema. Foram avaliados os parâmetros: pH, turbidez, OD, Cor, sólidos suspensos totais, DQOtotal, DQOfiltrada, DBO, Fósforo total, Nitrogênio Total Kjeldal, clorofila a, identificação e contagem de microalgas, bem como análise de toxinas produzidas pelas cianobactérias (microcistinas). As análises laboratoriais são determinadas conforme recomendação do Standard Methods For Water and Wastewater Examination 19^a Edition.

Para análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton, as amostras são coletadas sem filtração em rede e fixadas com solução de lugol. As análises qualitativas são realizadas com o uso de microscópio óptico comum equipado com câmara clara e ocular de medição. Os organismos são identificados estudando-se suas características morfológicas e morfométricas, com auxílio de bibliografia especializada. A contagem do fitoplâncton será feita utilizando-se câmara de sedimentação de Utermohl em microscópio invertido (Utermohl, 1931). O procedimento de contagem será o dos campos aleatórios descrito por Uehlinger (1964) e o critério para determinação do número de campos para validar estatisticamente os resultados foi o mesmo adotado por Lund et al (1958).

Etapa 3 – Análise de Toxinas (Microcistinas):

A extração de toxinas foi realizada de acordo com a metodologia modificada de Krishnamurthy et al. (1986). As

análises foram realizadas em cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) no Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias – UFRJ, sob coordenação da Dra Sandra Maria Feliciano de Oliveira e Azevedo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra as características operacionais das Lagoas de Estabilização estudadas. De acordo com Von Sperling, 1996, a carga superficial de DBO aplicada em Lagoas Facultativas deve situar-se entre 100 e 350 KgDBO/ha.d, dependendo de fatores climáticos da região. Através destes dados verifica-se que a LFP I encontra-se sobrecarregada (387 KgDBO/ha.d). A LFP II funciona sob baixa carga (101,5 KgDBO/ha.d) e o LFP III (SAL) encontra-se com uma carga orgânica superficial abaixo do intervalo de carga recomendado (84,1 KgDBO/ha.d).

Tabela 2: Características operacionais de cada Lagoa de Estabilização Facultativa

ETEs	Vazão Média (l/s)	Carga Superficial Aplicada (KgDBO ₅ /ha.d)	Tempo de Detenção Hidráulico (d)	Cargas Superficiais Usuais (KgDBO ₅ /ha.d)	Referências
LFP I	22,00	387,0	17,9	100-350	Von Sperling, 1996
LFP II	4,40	101,5	39,4	100-350	Von Sperling, 1996
LFP III (SAL)	1,81	84,1	32,1	100-140	Mendonça, 1990

As principais características físico-químicas e hidrobiológicas dos efluentes das lagoas estudadas encontram-se relacionadas na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos das Lagoas de Estabilização (LFP I, LFP II e LFP III)

Parâmetros analisados	Lagoas de Estabilização (ETEs)										Referências
	LFP I (n=5)			LFP II (n=5)			LFP III (SAL) (n=5)			Valores Usuais	
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	
T(° C)	22,8	32,1	18,9	21,0	32,1	19,3	21,0	23	19,4	-	
pH	7,4	7,6	7,09	7,3	7,42	7,03	8,8	9,96	7,61	até 10	2
OD (mgO ₂ /L)	1,3	2,8	0,5	2,8	3,8	1,3	7,9	9,1	6,5	até 20	3
Turbidez (NTU)	358	407	320	47,4	63,5	32,2	268,5	525	120		
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	866,1	891,87	762,98	115,8	149,04	21,35	805,9	1060,09	376,74	230-4505	2
Cor Real (UC)	2100,2	3500,42	1145,6	327,8	420,05	280	556,1	1829,77	82,7	-	-
Cor Aparente (UC)	5537	9546,6	3182,2	533	922,84	381,9	4932,4	5568,85	1909,3	-	-
DBO (mgO ₂ /L)	69,9	79	50,5	33,3	45,5	20,5	42,8	55,5	20,5	40-100	1
DQO (mgO ₂ /L)	324,3	431,8	328,6	181,1	185,4	157,5	264,2	406,40	132,1	60-240	1
DQOfilt. (mgO ₂ /L)	152,5	210,8	96,5	112,3	127	9,5	72,1	101,83	33	-	-
Fósforo (mg/L)	5,8	7,42	4,54	4,3	5,72	1,7	4,0	5,1	3	3-15	1
NTK (mg/L)	27,5	55	5,69	24,9	31,1	8	35,4	54,1	9	21-42	1
SST (mg/L)	145,5	190	102	44,7	53,5	31,4	337,8	440	180	<150	1

Referências:

1– Von Sperling, M. 1996.

2 – Nascimento, J. R. 2001.

3 – König, A. 1990.

Com base nestes resultados, elaborou-se a Tabela 4 objetivando relacionar o funcionamento das lagoas estudadas com

as características físico-químicas dos respectivos efluentes. A LFP I está com seu funcionamento comprometido devido a sobrecarga de matéria orgânica, produzindo efluente com baixa concentração de OD e elevada concentração de DBO e DQO. A LFP II apresenta um concentração de OD média, baixas concentrações de DBO, DQO e SST, tendo em vista que as cargas orgânicas são compatíveis com o intervalo recomendado. Já a LFP III (SAL) apresenta elevadas concentrações de OD (valores próximos da saturação), DQO, SST e pH e uma baixa concentração de DBO. As altas concentrações de DQO e SST encontradas estão vinculadas a grande quantidade de biomassa algal encontrada inferida pela concentração de clorofila a.

Tabela 4: Características específicas do funcionamento das Lagoas de Estabilização

<i>Lagoas de Estabilização</i>	<i>Funcionamento</i>	<i>Características</i>
LFP I	Sobrecarga	?OD; ?DBO; ?DQO; ?[microcistina]
LFP II	Baixa carga	? OD; ?DBO; ?DQO; ?SST; microcistina não detectada
LFP III (SAL)	Subcarga	?OD; ?DBO; ?DQO; ?SST; ?pH; ?[microcistina]

?elevado ?reduzido ?intermediário

A diversidade e distribuição dos gêneros das algas em cada sistema de tratamento de esgoto estão demonstradas na Tabela 5. Foram identificadas três Divisões de algas: Cyanophyta (3 gêneros), Chlorophyta (11 gêneros) e Euglenophyta (2 gêneros). A menor diversidade correspondeu a LFP III (SAL). A frequência de aparecimento dos gêneros de algas identificadas estão sendo realizadas.

Tabela 5: Diversidade e distribuição dos gêneros de microalgas nas Lagoas de Estabilização (LFP I, LFP II e LFP III)

	<i>Lagoas de Estabilização</i>		
<i>Gêneros</i>	<i>LFP I</i>	<i>LFP II</i>	<i>LFP III(SAL)</i>
<i>Chlorella</i>	-	X	-
<i>Closteriopsis</i>	x	X	x
<i>Closterium</i>	x	x	x
<i>Cosmarium</i>	-	-	x
<i>Eremosphaera</i>	x	x	-
<i>Euglena</i>	x	x	-
<i>Gloeodinium</i>	-	x	-
<i>Golenkinia</i>	x	x	-
<i>Merismopedia</i>	x	-	x
<i>Micractinium</i>	-	x	-
<i>Microcystis</i>	x	x	x
<i>Oscillatoria</i>	x	x	x
<i>Phaccus</i>	x	x	x
<i>Planktosphaeria</i>	-	x	-
<i>Scenedesmus</i>	-	-	x
<i>Westella</i>	x	-	-

Análise de Toxinas (Microcistinas)

Dentre os parâmetros avaliou-se também a toxicidade de cianobactérias nos efluentes coletados. A produção de microcistinas (hepatotoxinas) por estes microrganismos foi avaliado por HPLC. Os dados referentes às concentrações de microcistina encontrados nos três sistemas estudados encontram-se disponíveis na Tabela 6. Enquanto concentrações de microcistina na água não foram detectadas em nenhum dos três sistemas estudados, concentrações expressivas dessa toxina foram detectadas em filtro, principalmente para os efluentes do LFP III, indicando que essas toxinas estão armazenadas no interior das células das microalgas. As características físico-químicas apresentadas pela LFP III (SAL), condizem com as condições mais favoráveis para o crescimento das cianobactérias, e conseqüentemente suas toxinas(microcistinas). Tendo em vista que o valor médio da concentração de microcistinas encontrado para o efluente do SAL foi de 227µ g/L, e considerando que a Portaria 1.469 (2000) do Ministério da Saúde

impõe como concentração máxima permissível de microcistinas em água para consumo humano $1 \mu\text{g}$ de microcistina/L, a vazão mínima do corpo receptor ($Q_{7,10}$) deverá ser pelo menos 227 vezes superior a vazão de lançamento para efeito de diluição, ou deve-se proceder uma remoção eficiente dessas microalgas potencialmente tóxicas, evitando-se a lise celular e a conseqüente liberação de toxinas para o meio.

Tabela 6: Valores médios, máximos e mínimos das concentrações de microcistina dos efluentes das Lagoas de Estabilização (LFP I, LFP II e LFP III)

	<i>Lagoas de Estabilização (ETEs)</i>								
<i>Hepatotoxinas</i>	<i>LFP I(n=5)</i>			<i>LFP II(n=5)</i>			<i>LFP III(n=5)</i>		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Microcistina na água ($\mu\text{g/L}$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microcistina em filtro ($\mu\text{g/L}$)	0,49	-	-	-	-	-	227	278	176

CONCLUSÕES

Este trabalho evidenciou que Lagoas de Estabilização Facultativas podem proporcionar, dependendo das condições operacionais a que estão submetidas, condições suscetíveis ao crescimento exagerado das cianobactérias. Tal fato é um indicativo de que o efluente final deste sistema de tratamento poderá ser prejudicial aos consumidores de água do corpo receptor onde será lançado. Há indícios de que lagoas facultativas quando trabalham em condições de subcarga, favorecem à proliferação abundante de cianobactérias, o que ocorreu com a LFP III (SAL).

A LFP III (SAL) foi o sistema que apresentou a maior concentração de microcistinas ($227 \mu\text{g/L}$ de microcistinas) dentre os sistemas analisados. O efluente final da LFP I apresentou concentração de $0,49 \mu\text{g/L}$ de microcistina somente em uma campanha, e até o presente momento não foi registrada toxicidade das algas presentes no efluente da LFP II. É importante ressaltar que pela Portaria 1.469 (2000) do Ministério da Saúde, o limite máximo permitido de microcistinas em água para consumo humano é de $1 \mu\text{g/L}$. A produção de microcistinas pelas cianobactérias presentes nestes sistemas é um fator extremamente relevante para o questionamento deste tipo de tratamento. Os resultados apresentados indicam a necessidade de reavaliação do uso sem critérios desse tipo de tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (1996) – AWWA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th Ed. Denver, CO: AWWA.
2. KRISHNAMURTHY, T.; CARMICHAEL, W.W. & SARVER, E.W. (1986). Toxic peptides characterization of peptides from *Microcystis aeruginosa* NRC-1 in laboratory and from freshwater Cyanobacteria (blue-green algae). Isolation, purification and domestic animals. Can. J. Comp. Med. Vet. Sci. 29: 221-228p
3. SILVA, L. H. P. & MENDONÇA, A. S. F. (1997). Aspectos qualitativos para lagoa localizada em área urbana. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória. Anais eletrônicos.
4. VON SPERLING, M. (1996). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, vol. 1 – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, Belo Horizonte.