



II-399 - IDENTIFICAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS E SUAS RELAÇÕES ECOLÓGICAS EM LAGOA DE MATURAÇÃO

Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves⁽¹⁾

Bacharel em Ciências Biológicas (UFPE). Mestre e doutoranda em Engenharia Civil, área de concentração em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UFPE).

Maristela Case Costa Cunha

Bacharel em Ciências Biológicas (UFRPE). Mestre em Botânica (UFRPE), Doutora em Oceanografia (UFPE). Professora do Departamento de Educação, Campus VIII, da Universidade do Estado da Bahia.

Antônio Travassos de Moraes Junior

Bacharel em Ciências Biológicas (UFPE). Mestre e Doutor em Botânica (UFRPE). Professor adjunto da FAFIRE.

Sávia Gavazza

Engenheira Civil (UFAL). Doutora em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento (USP). Professora adjunta (UFPE- Campus agreste)

Mario Takayuki Kato

Engenheiro Civil (UFPR). Mestre em Hidráulica e Saneamento (USP). Doutor em Tecnologia Ambiental e Ciências Agrárias pela Wageningen Agricultural University, Holanda. Professor associado (UFPE)

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Saneamento Ambiental, DEC-CTG-UFPE. Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP: 50740-530. Cidade Universitária, Recife-PE, bethpastich@yahoo.com.br; kato@ufpe.br

RESUMO

As lagoas de estabilização são sistemas biológicos de tratamento de esgotos que merecem destaque devido à sua eficiência e o baixo custo de implantação e manutenção. Nestas lagoas, as algas desempenham um papel fundamental na estabilização da matéria orgânica, através da fotossíntese, oxigenam o meio, e com isto, propiciam a oxidação biológica da matéria orgânica. Também em consequência da fotossíntese, o pH do meio aumenta, ocasionando, adicionalmente, a remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio) e de patógenos. Contudo, as condições ambientais nas lagoas favorecem o desenvolvimento de florações de alguns gêneros de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas, fato que pode ocasionar um problema de saúde pública, quando lançado em corpos hídricos. Neste sentido, o presente trabalho objetivou a caracterização da comunidade fitoplanctônica da lagoa de maturação do sistema de tratamento de esgoto sanitário do município de Petrolândia-PE (semi-árido nordestino). Realizaram-se, mensalmente, coletas de fundo e de superfície no interior da lagoa, compreendendo um período chuvoso e outro de seca. Os táxons foram identificados, foi estabelecida as frequências de ocorrência dos mesmos e determinados os parâmetros físico-químicos. O fitoplâncton foi caracterizado por 20 táxons, representado pelas Euglenophyta (40%), Chlorophyta (30%), Cyanophyta (25%) e Crysophyta (5%). Mereceu destaque a Cyanophyta *Oscillatoria* sp e a Chlorophyta *Closteriopsis acicularis*, ambos os presentes na grande maioria das amostras. A lagoa de maturação se comportou como uma lagoa facultativa, com superfície aeróbia e fundo anaeróbio. Contudo, a comunidade fitoplanctônica não apresentou diferenças significativas na coluna d'água. De acordo com a legislação (CONAMA 357/05), o efluente da ETE esteve fora dos limites para fósforo total e coliformes termotolerantes. A grande ocorrência da Cyanophyta *Oscillatoria* sp, que é considerada um dos gêneros produtores de toxinas no Brasil, representa um fato que impulsiona a realização de estudos a respeito do ecossistema que se estabelece em lagoas de maturação.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, Comunidade fitoplanctônica, Cianobactérias.

INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento como o Brasil, os recursos investidos em tratamento de esgotos ainda são escassos e, assim, a simplicidade e os custos de implantação e operação dos sistemas de tratamento são de extrema importância na seleção de alternativas mais adequadas. Entre os diversos sistemas de tratamento de esgotos adotados no Brasil, merece destaque o emprego de lagoas de estabilização devido à sua reconhecida eficiência e o baixo custo de implantação e manutenção.



As lagoas de estabilização são sistemas biológicos de tratamento de esgotos, cujo mecanismo de estabilização consiste na atividade metabólica de bactérias aeróbias, que através de processos oxidativos, decompõem a matéria orgânica a moléculas de menor valor energético. Liberam, neste processo, substâncias que serão importantes para o desenvolvimento das algas, tais como gás carbônico e sais minerais. As algas utilizam estes nutrientes e, através da fotossíntese, liberam oxigênio que ajudam a manter as condições aeróbias no meio (BRANCO, 1978). As condições ambientais em que o esgoto fica submetido dentro destas lagoas favorecem a remoção de:

- Matéria orgânica, por degradação biológica aeróbia e/ou anaeróbia
- Microorganismos patogênicos: bactérias e vírus, por insolação, competição, elevados valores de pH, entre outros, e cistos de protozoários e ovos de helmintos, por sedimentação
- Nutrientes: nitrogênio, por volatilização da amônia e o fósforo, por precipitação.

Algumas desvantagens associadas às lagoas de estabilização podem ser citadas como: a necessidade de grandes áreas para a sua implantação e a estreita dependência das condições climáticas. Em relação à área necessária, nas regiões rurais do Brasil, de forma geral, isto não é um agravante e em relação às condições climáticas, especificamente no nordeste brasileiro, são favoráveis ao tratamento. Outros fatores devem ser considerados, como a presença de altas concentrações de algas e nutrientes nos efluentes das lagoas, que contribuem, respectivamente, para o aumento da concentração de matéria orgânica e possível eutrofização do corpo receptor (VASCONCELOS; PEREIRA, 2001). Contudo, se o objetivo é o reúso hidroagrícola destes efluentes tratados, as concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo é um aspecto vantajoso, visto que as culturas necessitam destes nutrientes para se desenvolverem, e desta forma os custos com adubação são diminuídos.

Mais recentemente, as lagoas de estabilização vêm enfrentando outro tipo de problema que pode prejudicar ou até mesmo inviabilizar o sistema de tratamento, se não houver uma forma viável de manejo ou remoção: a proliferação de cianobactérias tóxicas (CRUZ *et al.*, 2008). As algas se apresentam como um dos grupos mais diversificados entre os microorganismos observados em lagoas de estabilização. A sua presença é fundamental para produção de oxigênio, dando continuidade aos processos aeróbios de estabilização da matéria orgânica (MASSERET *et al.*, 2000). Porém, alguns gêneros de microalgas, principalmente de cianobactérias, são potencialmente produtoras de toxinas. Este fato pode ocasionar um grave problema de saúde pública, quando o efluente é lançado em corpos hídricos, e ainda não se sabe os riscos, quando o objetivo é a irrigação de culturas.

No Brasil, o primeiro caso comprovado de mortes humanas causadas por cianotoxinas ocorreu em Caruaru (PE), agreste de Pernambuco, em 1996: 130 pacientes renais crônicos apresentaram sintomas de hepatotoxicose após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise. Desses, 76 pacientes vieram a falecer, 52 dos quais comprovadamente pela ação da microcistina (AZEVEDO, 1996; POURIA, *et al.* 1998; AZEVEDO, 2002; YUAN *et al.*, 2006).

A toxicidade das florações pode apresentar uma variação temporal, desde intervalos curtos de tempo até diferenças sazonais, e também espaciais, decorrentes de alterações de cepas tóxicas e não tóxicas da população (BRASIL, 2003). Devido à alta temperatura, alta intensidade de luz e elevadas concentração de nutrientes, as lagoas de maturação têm seu plâncton dominado por cianobactérias (VASCONCELOS & PEREIRA, 2001). Neste sentido, evidencia-se que as lagoas de estabilização representam um ecossistema a ser investigado em analogia aos sistemas aquáticos, naturais ou artificiais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

A estação de tratamento de esgotos estudada situa-se no município de Petrolândia- PE. É composta por uma estação elevatória constituída por duas bombas submersas, que bombeiam o esgoto para um sistema de tratamento composto por uma lagoa facultativa seguida de duas lagoas de maturação Figura 1. A população contribuinte, prevista em projeto, é de 13.805 habitantes. A vazão média teórica de contribuição é de 29,69 L/s. O TDH teórico do sistema é de 13 dias. Nesta pesquisa, foi estudada a última lagoa de maturação. A referida lagoa tem um TDH teórico de 2,14 dias; 1,01 m de profundidade útil; 102 m de comprimento e 53 m de largura.



O Município de Petrolândia (PE) está localizado na região do Submédio São Francisco, microrregião de Itaparica, fica a 495 km de Recife. Petrolândia possui 27.264 habitantes, está situada a 282 m acima do nível do mar, apresenta clima semi-árido, com precipitação pluviométrica de 435 mm/ano, com chuvas concentradas no inverno (junho a setembro) sendo os demais meses marcados pela seca. O atual sistema de esgotamento sanitário entrou em operação em junho de 1998. É composto de rede coletora condominial, duas estações elevatórias e duas estações de tratamento de esgoto (PERAZZO et al., 2002).

Programa de monitoramento da lagoa de maturação

Objetivando estudar o comportamento das algas nesta lagoa de maturação, foram definidas três estações de coleta no centro da lagoa que foram fixadas com uma estaca, onde o barco era amarrado para realização da coleta. As estações foram denominadas: E1, E2 e E3 (E1, situada a 17m da entrada; E2, situada a 51m da entrada e E3, situada a 85 m da entrada e a 17 m da saída). Em cada estação foram coletadas amostras em duas profundidades: uma a 10 cm da lâmina d'água que foi considerada amostra de superfície, e outra a 40 cm do fundo, considerada amostra de fundo. Foram realizadas 7 campanhas de coletas, incluindo um período chuvoso (maio e agosto/2006) e um período de estiagem (setembro/2006 a fevereiro/2007). Nas três últimas campanhas de coleta foram monitorados, além das estações no interior da lagoa, mais dois pontos: P1 e P2, afluente e efluente da lagoa, respectivamente. As coletas iniciavam-se à tarde, aproximadamente às 14:00 h.

As amostras destinadas a análises físico-químicas foram acondicionadas com gelo para o transporte, já as amostras de fitoplâncton foram preservadas com lugol acético. Os parâmetros físico-químicos foram determinados conforme as metodologias preconizadas no *Standard Methods for Examination of water and wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 1998). A identificação das algas seguiu os seguintes sistemas de classificação: cianobactérias (Chroococcales) – Komárek & Anagnostidis (1986); (Oscillatoriales) – Anagnostidis & Komárek (1988); Euglenophyta e Cryptophyta- Bourrelly (1970) e Chlorophyta – Bourrelly (1972). Para busca de correlação com os fatores ambientais, a frequência de ocorrência foi calculada segundo a fórmula e critérios estabelecidos pela CETESB (1978).

A fórmula utilizada foi: $Fo = Ta \cdot 100 / TA$.

Em que:

Fo = frequência de ocorrência

Ta = número de amostras em que o táxon foi observado

TA = número total de amostras

Os resultados foram apresentados em porcentagens, empregando o seguinte critério:

- > 70% = muito freqüente (MF)
- 70% a 40% = freqüente (F)
- 40% a 10% = pouco freqüente (P)
- < 10% = esporádico (E)

Foi acrescentado aos critérios da CETESB, o caso da não ocorrência de um táxon. Para este, utilizou-se o termo ausente (A).

RESULTADOS

O efluente foi considerado eutrofizante devido às altas concentrações de nutrientes observadas (TABELA 1). O efluente final da ETE Petrolândia atende aos parâmetros turbidez, pH, temperatura, OD, nitrogênio amoniacal e coliformes termotolerantes (dezembro/06). Contudo, ultrapassa os limites estabelecidos para os parâmetros fósforo total e coliformes termotolerantes (novembro/2006 e fevereiro/2007). Considerando os padrões estabelecidos pelo órgão ambiental do estado (CPRH), as concentrações de coliformes termotolerantes estiveram dentro dos limites de lançamento (10^5). A diferença entre a DQO bruta e a DQO filtrada, reflete a grande quantidade de algas no efluente final. Esta baixa eficiência de remoção, pode ser explicada devido ao baixo tempo de detenção hidráulico (TDH) da lagoa, que é de 2,14 dias.



Tabela 1 - Composição média do efluente da ETE Petrolândia.

Parâmetros	unidade	Limites	Efluente final obtido		
		CONAMA 357/05 (classe 2)	11/2006	12/2006	02/2007
Temperatura	°C	<40	30,5	31,4	35,2
pH	-	6-9	8,2	9	8,6
Cond. elétrica	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	-	692	602	887
Turbidez	UNT	Máximo: 100	74,3	90,1	70
TDS	mg.L^{-1}	-	1002	893	893
Oxigênio dissolvido	mg.L^{-1}	Mínimo: 5	11,4	11,2	12,04
Alcalinidade	mg.L^{-1}	-	157	162	173
DQOb	mg.L^{-1}	-	150	178	163
DQOf	mg.L^{-1}	-	92	61	39
Fósforo total	mg.L^{-1}	Máximo: 0,030	5,3	3,5	6,0
Ortofosfato	mg.L^{-1}	-	4,84	3,24	5,38
Nitrogênio total Kjeldahl	mg.L^{-1}	-	29	31	35
N-amoniacal	mg.L^{-1}	Máximo: 20	14	16	17
Nitrito	mg.L^{-1}	-	0,0075	0,017	0,014
Coliformes termotolerantes	CT/100 mL^{-1}	Máximo: 1000	6000	1000	7000

Projetada como lagoa de maturação, a concentração de oxigênio dissolvido deveria estar presente de forma homogênea em toda a coluna d'água. No entanto, a lagoa em estudo, que possui 1,01 m de profundidade, está se comportando como uma lagoa facultativa, com uma região de superfície rica em OD (10 a 28 mg.L^{-1}), como consequência da fotossíntese, e uma região de fundo onde prevalecem condições de anaerobiose (0,14 a 0,62 mg.L^{-1}), pela ausência da penetração de luz solar. No entanto, como as coletas foram realizadas no mesmo horário (14:00 h), esta pode ser um condição momentânea.

Neste trabalho, foi registrada a presença de 20 táxons distribuídos percentualmente conforme mostrado na Figura 1.

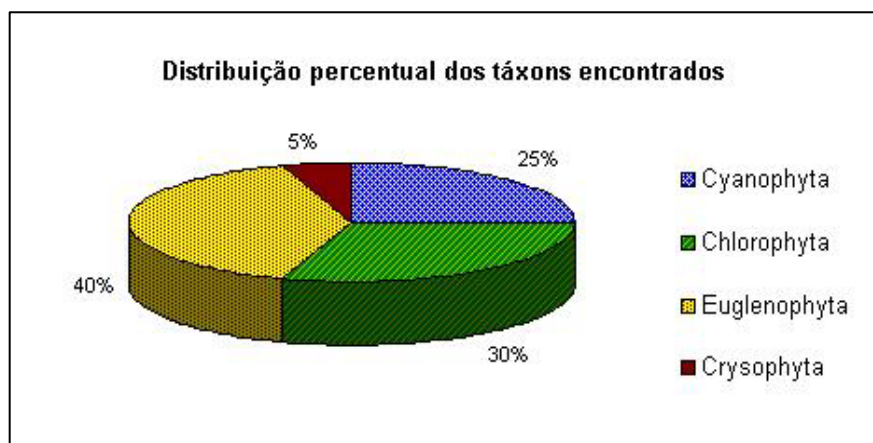


Figura 1 - Gráfico com as contribuições percentuais dos táxons entre as divisões do fitoplâncton.

A distribuição e abundância de espécies estão relacionadas com dois fatores principais: a tolerância às condições ambientais e às interações ecológicas existentes entre os microorganismos. A Tabela 2 apresenta a frequência de ocorrência dos táxons durante o período estudado.

Pela análise da Tabela 2, pode se observar que as Clorophyta e Cyanophyta estiveram bem representadas durante os períodos secos e chuvosos, já as Euglenophyta, em nenhum momento do período estudado, foram muito frequentes. Entre as Clorophyta, mereceu destaque a espécie *Closteriopsis acicularis*, fortemente presente em todos os meses.



Entre as Cyanophyta, *Oscillatoria* sp. esteve presente em todos os meses analisados. Florações de *Oscillatoria* sp. também foram observadas por Vasconcelos e Pereira (2001) em lagoas de estabilização (facultativa e de maturação), apesar da elevada biomassa apresentada, os testes de toxicidade com camundongos deram negativos. Contudo, no trabalho dos autores, foram detectadas concentrações de microcistinas de 2,3 a 56 µg/L próximo à margem, e 1,7 a 4.6 µg/L no interior da lagoa, o que aponta a importância da realização de estudos sobre cianobactérias em lagoas de estabilização.

Os meses em que *Oscillatoria* sp. apresentou sua menor frequência (agosto e setembro), foram os meses que, respectivamente, as Chlorophyta *Dityosphaerium* sp e *Sphaerocystis* sp., estiveram amplamente distribuídas na lagoa, com 100% de frequência. Estas correlações entre os táxons sugerem que cada espécie tem seu momento de floração, e que a dominância de uma, possivelmente, inibe o crescimento de outras. *Aphanocapsa* sp. apenas ocorreu no período chuvoso (maio e agosto/06). *Microcystis aeruginosa* obteve sua maior frequência em agosto, ocorrendo, posteriormente, em outubro e fevereiro/07. A Cyanophyta *Chroococcus turgidus* esteve com 100% de ocorrência até o mês de outubro. *Merismopedia tenuissima*, embora não estando muito freqüente em nenhum mês, ocorreu em todos os meses estudados.

Tabela 2 - frequência de ocorrência dos táxons.

Táxons	Mai / 06	Ago / 06	Set / 06	Out / 06	Nov / 06	Dez / 06	Fev / 07
Cyanophyta							
<i>Oscillatoria</i> sp.	MF	F	F	MF	MF	MF	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i>	A	F	A	P	A	A	P
<i>Merismopedia tenuissima</i>	P	F	P	E	P	P	P
<i>Chroococcus turgidus</i>	MF	MF	MF	MF	A	P	P
<i>Aphanocapsa</i> sp	F	P	A	A	A	A	A
Chlorophyta							
<i>Radiococcus</i> sp.	P	A	A	A	P	P	A
<i>Sphaerocystis</i> sp	F	MF	MF	P	A	P	A
<i>Dityosphaerium</i> sp	P	MF	MF	A	P	F	P
<i>Closteriopsis acicularis</i>	MF	F	MF	MF	MF	MF	MF
<i>Monoraphidium circinale</i>	MF	F	E	F	P	A	P
<i>Volvox</i> sp. cf.	F	A	A	A	P	A	F
Euglenophyta							
<i>Englena</i> sp	F	F	P	A	P	P	F
<i>Englena acus</i>	A	F	E	A	P	A	F
<i>Lepocinclis</i> sp.	A	F	E	A	P	P	P
<i>Phacus orbicularis</i>	A	E	P	A	F	F	P
<i>Phacus tortus</i>	A	A	A	A	P	P	P
<i>Phacus</i> sp1	A	A	A	E	A	A	A
<i>Phacus</i> sp2	A	A	A	A	P	P	A
<i>Phacus</i> sp3	A	A	A	A	A	P	P
Crysophyta							
<i>Synura</i> sp.	A	A	A	A	A	A	P

Nota: MF= muito freqüente (táxon encontrado em mais de 70% das amostras coletadas no mês); F= freqüente (táxon encontrado de 70 a 40% das amostras coletadas no mês); P= pouco freqüente (táxon encontrado de 40% a 10% das amostras coletadas no mês); E= esporádico (<10%); A= ausente (táxon não verificado)

A presença da Cyanophyta *Oscillatoria* sp. nas coletas de efluente é um fato que merece uma maior atenção e a realização de testes de toxicidade, visto que o gênero é apontado como sendo produtores potenciais de cianotoxinas (hepatotoxina e neurotoxina) no Brasil (BRASIL, 2003).



CONCLUSÕES

A lagoa de maturação estudada se comporta como facultativa, no horário de coleta estudado (14:00 H) apresentando concentrações elevadas de oxigênio dissolvido na superfície (10 a 28 mg.L⁻¹) e reduzidas no fundo (0,14 a 0,62 mg.L⁻¹). Este fato foi atribuído principalmente às numerosas florações que ocorrem na superfície da lagoa. As florações contribuem para o aumento do número de partículas em suspensão e impedem à penetração dos raios solares em toda a coluna d'água, desta forma, impede que a fotossíntese ocorra na região de fundo tornando-a praticamente anaeróbia.

Devido principalmente ao baixo TDH (2,14 dias), a lagoa foi ineficiente na remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio). As concentrações médias de fósforo total (4,9 mg.L⁻¹) estiveram bem acima dos valores estabelecidos (máximo de 0,030 mg.L⁻¹). Em relação aos coliformes termotolerantes, a eficiência de remoção ficou abaixo da faixa mínima estimada para lagoas facultativas (90 a 99%), fato também atribuído ao TDH muito baixo da lagoa (2,14 dias). Contudo, os valores médios em NMP/100 mL encontrados no efluente (4,8 x 10³) são menores do que os valores médios previstos no projeto da estação (4,16 x 10⁵) e atendem as normas estaduais para lançamento em rio de classe II (máximo: 10⁵) e, por vezes, alcançou os padrões mais restritivos (10³) estabelecidos pela CONAMA 357/05.

A ocorrência de cianobactéria potencialmente produtoras de toxinas (*Aphanocapsa* sp, *Microcystis aeruginosa* e *Oscillatoria* sp.), caracteriza as lagoas de estabilização como fontes potenciais de contaminação de corpos hídricos por cianotoxinas. A maior frequência de ocorrência de alguns táxons coincide com a redução e/ou ausência de outros. Existe mudança na comunidade fitoplanctônica de acordo com as variações das condições ambientais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/CT-HIDRO, FACEPE (Programa PRONEX), CHESF/ANEEL, Prefeitura de Petrolândia PE, aos colegas do LSA-UFPE e do Instituto Xingo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANAGNOSTIDIS, K. & KOLMÁREK, J. **Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 3: Oscillatoriales**. Algol. Studies, 80, 1988. p. 327-472.
2. APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th edition. Washington: APHA; AWWA; WPFC. 1998.
3. AZEVEDO, S.M.F.O. et al. **Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru- Brazil**. Toxicology, 2002. p.441-446.
4. AZEVEDO, S.M.F.O. **Toxic cyanobacteria and the Caruaru tragedy**. Proc. IV symp.Brazilian Soc. Toxicol, 1996. p. 83.
5. BOURRELY, P. **Les algues d'eau douce. Initiation à La Systématique**. Tome III: Les Algues bleues et rouges. Lês Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Ed. Boubée & Cia, Paris, 1970.
6. BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.
7. BRASIL, Ministério da saúde. Resolução CONAMA. Portaria N° 357, de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Poder executivo, Brasília.
8. BRASIL, Ministério da Saúde. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília: Fundação Nacional de saúde, 2003.
9. BRASIL, Ministério da saúde. Portaria 518 de 25 de março de 2004: **Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília.
10. CETESB, 1978. Determinação do Zooplâncton: métodos qualitativos e quantitativos. Normalização técnica, São Paulo: CETESB, 1978, L 301.



11. KOMÁREK, J. ; ANAGNOSTIDIS, K. **Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 2: Chroococcales.** Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 73, Algol. Studies, 43: 157-226, 1986.
12. MASSERET, E. et al. **Effects of a waste stabilization lagoon discharge on bacterial and phytoplanktonic communities of a stream,** 2000. Water Environment Research. V.72, n.3, p. 285-294.
13. PERAZZO, G.M et al. **Perfil do Saneamento em 29 municípios da área de Xingó.** Recife: UFPE/ Departamento de Engenharia Civil, 2002.
14. POURIA, S. et al. **Fatal Microcystin intoxication in hemodiálisis unit in Caruaru, Brasil.** The Lancet, 1998. vol.352, 21-26 p.
15. VASCONCELOS, V.M.; PEREIRA, E. **Cyanobacteria diversity and toxicity in a wastewater treatment plant (Portugal).** Water Science and Technology, 2001. v.35, n.5, p.1354-1357.
16. YUAN, M. et al. **Microcystin analysis in human sera and liver from human fatalities in Caruaru, Brazil 1996.** Toxicon, 2006.V.48, P.627-640.