

**AVALIAÇÃO DO EFEITO TÓXICO DO ALQUILBENZENO SULFONATO  
LINEAR (SURFACTANTE ANIÔNICO) SOBRE A EFICIÊNCIA DE DEPURAÇÃO  
DO LODO ATIVADO E EM *DAPHNIA LAEVIS***

**Bruno Saccumann Miranda<sup>1</sup>**  
**André Cordeiro Alves dos Santos<sup>2</sup>**  
**Iolanda Cristina Silveira Duarte<sup>3</sup>**

**Resumo:** Alquilbenzeno sulfonato linear (LAS) é o surfactante mais consumido no mundo e também o mais ambientalmente relevante, devido aos seus efeitos nocivos sobre os organismos terrestres e aquáticos. Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo estimar a inibição do LAS sobre a respiração de amostra de lodo ativado, assim como os seus efeitos tóxicos em *Daphnia laevis*, espécie encontrada em climas tropicais, utilizando-se uma das metodologias mais usadas e defendidas de avaliação do lodo ativado aeróbio, a respirometria, e ensaios ecotoxicológicos, baseados na norma ABNT NBR12713:2004. O LAS parece não apresentar efeito tóxico a microbiota aeróbia do lodo, podendo ser até mesmo usado como substrato nas concentrações testadas. A concentração efetiva (EC50%) encontrada no ensaio de toxicidade com *D. laevis*, foi de 0,53 mg L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Surfactante, Respirometria, Lodo Ativado, *Daphnia*.

**Abstract:** Linear alkylbenzene sulfonate (LAS) is the most consumed surfactant in the world and also the most environmentally relevant due their nocive effects on aquatics and terrestrial organisms. Ergo, the present study aims estimate the inhibition of LAS over the respiration of activated sludge, as well as the toxic effects in *Daphnia Laevis*, a tropical zone species, using one of the most employed methods for evaluation of aerobic activated sludge, respirometry, and ecotoxicological tests, based on ABNT NBR12713: 2004. LAS does not seem to have any toxic effect in aerobic sludge microorganisms, even been applied as substract at the tested concentrations. The effective concentration (EC50%) found in the toxicity test with *D. laevis* was 0.53 mg L<sup>-1</sup>.

**Key-words:** Surfactant, Respirometry, Activated Sludge, *Daphnia*.

---

<sup>1</sup> Graduado em Biologia, UFSCar/Sorocaba, bruno-sami@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental, UFSCar/Sorocaba, andreca@ufscar.br

<sup>3</sup> Pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento, UFSCar/Sorocaba, iolanda@ufscar.br

## **Introdução**

O LAS faz parte dos chamados surfactantes, que segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas são:

Compostos orgânicos que apresentam, na mesma molécula, um ou mais grupos estruturais que tem afinidade pela fase em que a molécula esta dissolvida e um ou mais grupos que não tem tal afinidade (ABNT, 1989).

Mais especificamente o LAS se classifica como um surfactante aniônico, ou seja, quando diluído em água apresenta carga negativa.

Sua versão comercial é formada por homólogos, em função do comprimento da cadeia alquilada (C10 até C14), e isômeros, dependendo da posição do grupo fenil na cadeia (LEON et al., 2006). Apesar do LAS ser biodegradáveis por processos aeróbios, grande parte de sua carga, supostamente entre 20-50%, em uma instalação de tratamento de esgoto esta associada com a sólidos em suspensão (MCAVOY et al., 1998 apud LEON et al., 2006) e, portanto, escapa dos processos de tratamento aeróbio (MCEVOY & GIGER, 1986; SWISHER, 1987 apud LEON et al., 2006). Além disso, durante a degradação do LAS são liberados homólogos de cadeia e, portanto de degradação reduzida, em estudo recente redução superior a 99% tem sido verificada para C12LAS, porém 92-98% deste C12LAS foi encontrado adsorvido ao lodo (TEMMINK & KAPWIJK, 2004 apud LEON et al., 2006).

A média da concentração de LAS nos esgotos dos Estados Unidos da América se encontra entre 4 e 5,7 mg L<sup>-1</sup>, enquanto em alguns países europeus essa média pode variar de 4,0 até 15,1 mg L<sup>-1</sup> (MUNGRAY E KUMAR, 2009). Autores como Mungray e Kumar (2008), citaram concentrações de LAS no esgoto de 3 a 21 mg L<sup>-1</sup>.

A importância do monitoramento do LAS já e amplamente conhecida tendo limites estabelecidos internacionalmente, no Brasil o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), na resolução Nº 375, estabelece para águas doces o limite de 0,5 mg L<sup>-1</sup> de LAS, que ele classifica como substância tenso-ativa que reage com azul de metileno. Tais parâmetros são estabelecidos através de diversas análises físico-químicas e de ensaios biológicos.

Grande número de ensaios foram desenvolvidos com o uso de micro-organismos, devido à vasta abundância e importância ecológica dos mesmos nos

mais diferentes compartimentos a serem analisados. Dentre os testes estão aqueles baseados na atividade bacteriana, como testes de inibição de crescimento com pseudomonas ou lodo ativado, luminescência de ATP, testes de inibição enzimática, de toxicidade com *Daphnia sp.* e *V. fischeri*, e até inibição de aporte de oxigênio por lodo ativado, todos testes padronizados por órgãos de relevância internacional como International Organization for Standardization (ISO) e Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (POLO *et al.*, 2011).

Pesquisas mostram que testes biológicos podem revelar o efeito conjunto de varias substâncias que interagindo podem afetar a biota presente no ambiente aquático (CETESB, 1990).

O gênero *Daphnia sp.* é comumente encontrado em ecossistemas aquáticos continentais, sendo amplamente utilizado no mundo como bioindicador e organismo-modelo para ensaios ecotoxicológicos, apresentam reprodução por partenogênese ou sexuada, gerando ovos conhecidos como ephippias (BRANDAO *et al.*, 2012).

A espécie *Daphnia laevis*, típica de regiões tropicas tem ganhado espaço nacional na área de ecotoxicologia, devido sua distribuição em águas continentais, em cultivo apresentam comprimento médio de 0,64 mm, 2,17 mm e 2,62 mm, ao nascer, durante temporada reprodutiva e na fase adulta, respectivamente; se reproduzem por volta do sétimo dia de vida, com postura de ovos em até 1 ou dois dias após reprodução (JACONETTI, 2005).

O cladóceros *Daphnia laevis* Birge, 1878, apresenta tronco e cabeça com forma alongada, espinho de carapaça longo, rostro pontiagudo, ocelos e antenas curtas com cerdas e garras com 3 pectens de espiculas finas e de mesmo tamanho (ELMOOR-LOUREIRO, 1997).

Entre outros métodos científicos usados para mensurar a toxicidade de compostos se encontra também a respirometria, método no qual uma amostra de lodo aeróbio, por exemplo, acondicionada sob condições laboratoriais ideais e suprida com uma fonte de carbono (rapidamente degradável ou complexa) pode se determinar as características, não só da biota do lodo como também a respeito do efluente, através de cálculos baseados na concentração de oxigênio dissolvido (OD), ou seja, na taxa de consumo de oxigênio (TCO) (ANDREOTTOLA, 2005).

Técnicas respirométricas também são muito usadas para determinar a máxima taxa de crescimento de organismos expostos a diferentes concentrações de compostos inorgânicos ou orgânicos (LAMB *et al.*, 1964).

### **Objetivos**

O presente trabalho objetivou verificar a influência da presença de LAS, nas concentrações mais comumente observadas em ETE's, na eficiência de digestão de matéria orgânica rapidamente biodegradável, através de seu efeito tóxico na microbiota aeróbia presente no lodo.

A determinação de EC50% do LAS em *Daphnia laevis*, espécie com distribuição nacional, também é objetivo deste trabalho, de forma a gerar uma compreensão mais ampla do efeito tóxico do LAS no ecossistema.

A caracterização de fitozooplâncton presente no lodo tem por objetivo determinar condição de normalidade das amostras coletadas.

### **Metodologia**

#### **Respirometria**

As amostras foram coletadas nos tanques de aeração da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário ETE S-1 (figura 1), localizada no município de Sorocaba, sendo armazenadas sob refrigeração até o laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMA) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba.

O lodo usado nos testes de respirometria passou por uma centrifugação de 5000 rpm por 15 minutos, após decantação a parte sólida (20–30 g de lodo úmido) será solubilizada em 500 mL de água deionizada e misturada até homogeneização com barra magnética a temperatura de  $20 \pm 0,5$  C° (TAS, 2010). Este procedimento eliminará todas as substâncias não adsorvidas ao lodo e assim o efeito das mesmas no experimento.

**Figura 1** - Ponto de coleta de lodo, tanque de aeração, ETE S1.



Fonte: Foto do autor.

Um respirômetro, figura 2, foi montado com materiais disponíveis no Laboratório de Microbiologia Ambiental (UFSCar-Sorocaba), com equipamentos adaptados baseando se no trabalho de Ferreira (2002).

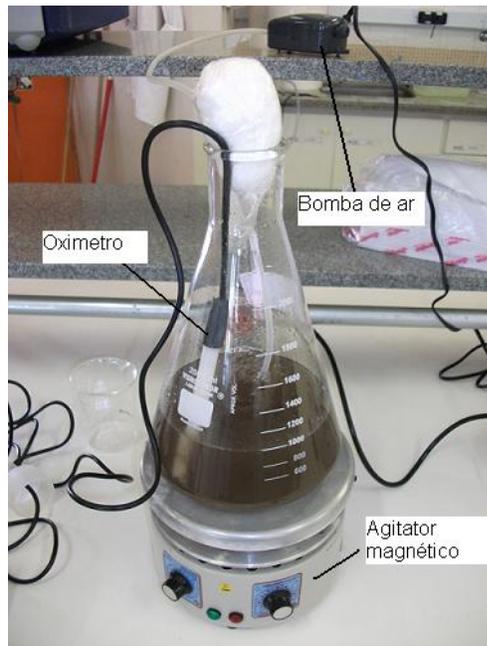
O respirômetro consiste em um erlenmeyer (reator) de 2000 ml, onde foi colocado lodo (20-30g de lodo em 1000 ml de água), o reator será colocado em um recipiente com água pré resfriada, para manter o sistema em temperatura de  $20 \pm 0,5$  C°, condição ótima que deve ser mantida para não haver alterações devido variação da temperatura (FERREIRA, 2002; TAS, 2010). O lodo será mantido sob agitação com o auxílio de barra magnética.

Na superfície do erlenmeyer foi colocada tampa confeccionada com algodão e papel filme para a passagem da bomba de ar, e do oxímetro da marca Digimed, modelo DM- 4P, devidamente testado e ajustado para a faixa de sensibilidade adequada para os testes, com resolução de  $0,01 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ , o mesmo foi calibrado através do zero eletrônico do equipamento.

As medições de oxigênio dissolvido foram anotadas a cada 5 minutos durante todo o tempo do teste, aproximadamente 1 hora, os dados foram comparados através de elaboração de respirograma para condições de respiração basal endógena, respiração do lodo com adição de fonte de carbono rapidamente biodegradável, no

caso 20 mg de acetato de sódio e com adição de concentrações de LAS com acetato de sódio.

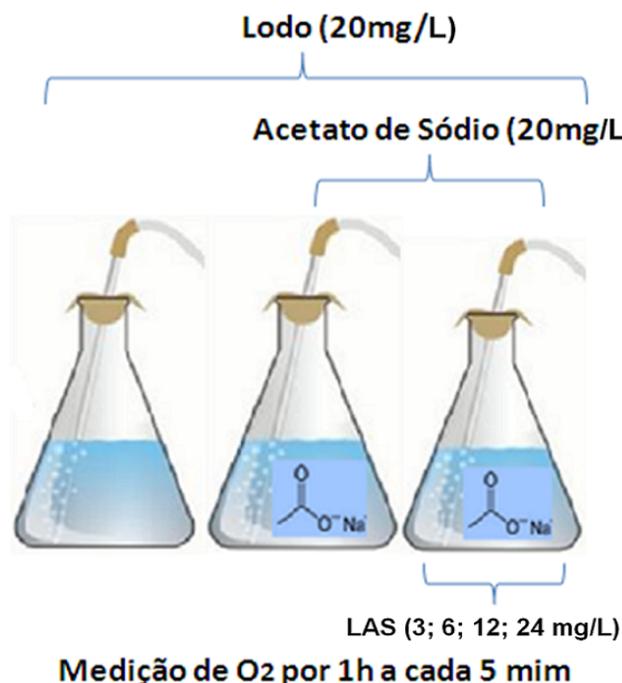
**Figura 2-** Respirômetro confeccionado no LAMA.



Fonte: Foto do autor.

Os testes foram realizados de acordo com o esquema da figura 3, abaixo.

**Figura 3** - Esquema dos testes respirométricos, indicando a concentração de cada composto.



Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

### Caracterização da Microbiota do lodo ativado

As amostras coletas foram armazenadas em frasco de polietileno ou vidro, sendo que o frasco foi preenchido apenas até a metade do volume, mantendo uma camada de ar para a sobrevivência da microbiota. Logo após a coleta realizou-se um rápido levantamento dos gêneros mais abundantes, as amostras foram acondicionadas à 4 C<sup>o</sup> por no máximo 48 horas antes de serem analisadas (CETESB, 1990).

Ao microscópio ótico os gêneros e espécies foram identificados com o auxílio de bibliografia especializada como BRANCO, 1989; CETESB, 1990; EIKELBOOM & BUIJSEN, 1983; NOGRADY & SEGERS, 2002; PARRA; GONZALES; DELLAROSSA, 1982; PARRA et al., 1982; PARRA; GONZALES; DELLAROSSA, 1983; The Plankton of Lake Biwa, 1982.

### **Cultivo de *Daphnia laevis***

O cultivo de *Daphnia* sp. (*Daphnia magna*, *D. similis* e *D. laevis*) foi implementado no laboratório de Microbiologia Ambiental (UFSCar-Sorocaba) e a realização dos testes de toxicidade aguda seguiram as normas estipuladas pela ABNT-NBR 12713:2004. Para a água de cultivo e diluição inicialmente foi testada a viabilidade de diferentes águas de fonte naturais, uma vez que água enriquecida poderia alterar mais facilmente a sensibilidade dos organismos, água mineral de diferentes marcas comercializadas em Sorocaba, através do método de titulação com preto de eriocromo T foi constatado que a única água com dureza adequada foi a da marca Klarina, cuja dureza natural de 30 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> pode ser facilmente corrigida para 45 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> segundo os parâmetros da ABNT para dureza (40 a 48 mg L<sup>-1</sup> em CaCO<sub>3</sub>). O pH da água era naturalmente 7.3, logo dentro dos parâmetros (7.2 a 7.6) não necessitando de correção e a condutividade de aproximadamente 160 uS/cm.

As amostras de neonatos de *Daphnia laevis*, para início da cultura, foram fornecidas pelo Laboratório de Limnologia da UFSCar, campus São Carlos, a espécie de *D. laevis* mostrou rápido crescimento sendo assim usada como organismo-modelo para os testes de toxicidade.

O estabelecimento da cultura da alga *Pseudokirchneriella subcaptata* (antiga *Selenastrum capricornutum*) se deu em meio L. C. Oligo, sendo usada como alimento para as *Daphnias*, após procedimento de lavagem e centrifugação a 2500 rpm por 10 minutos, em uma concentração de 3,0<sup>10</sup><sup>5</sup> células/*Daphnia*, verificada através de contagem em câmara de Neubauer dupla espelhada, segundo o Protocolo Operacional Padrão cedido pelo Laboratório De Ecotoxicologia Aquática E Microbiologia Ambiental da UNICAMP (2010). O alimento composto utilizado, a base de ração de truta e fermento biológico, foi preparado em grande quantidade e armazenado sob congelamento, sendo utilizado na concentração de 0,05 mL/*Daphnia*.

### **Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia laevis***

Os testes de sensibilidade e os ensaios de toxicidade foram realizados com quadruplicatas para cada concentração, cada uma com 10 mL de solução e 5 organismos, totalizando 20 organismos por concentração que deve ficar expostos a

solução por 48 horas, exigência da ABNT-NBR 12713:2004. Foram usados durante os testes recipiente de plástico branco atóxico, facilitando a leitura dos testes, uma vez que sua cor fornece contraste com as *Daphnias* facilitando a visualização dos indivíduos (figura 4)

Os testes de sensibilidade, são realizados para que os resultados do ensaio definitivo não variem em detrimento de alterações metabólicas dos organismo. O teste poderia ser realizado tanto com dicromato de potássio como cloreto de sódio, devido à menor toxicidade e facilidade de descarte optou-se pelo cloreto de sódio nas seguintes concentrações: 1; 2; 2,5; 3; 4 g L<sup>-1</sup> e um grupo controle, contendo apenas água de diluição.

Os testes de viabilidade pretendem analisar as condições da água de diluição, nele 20 organismos são expostos por 48 horas à água sem alimento, no final do teste o percentual de organismos imóveis não deve exceder 10%.

O ensaio foi realizado com LAS Sigma em pó, com concentração de aproximadamente 99%.

**Figura 4** – Cristalizadores com cultura de *Daphnia laevis* no Laboratório de Microbiologia Ambiental, UFSCar/Sorocaba.



Fonte: Foto do autor.

## Resultados e Discussão

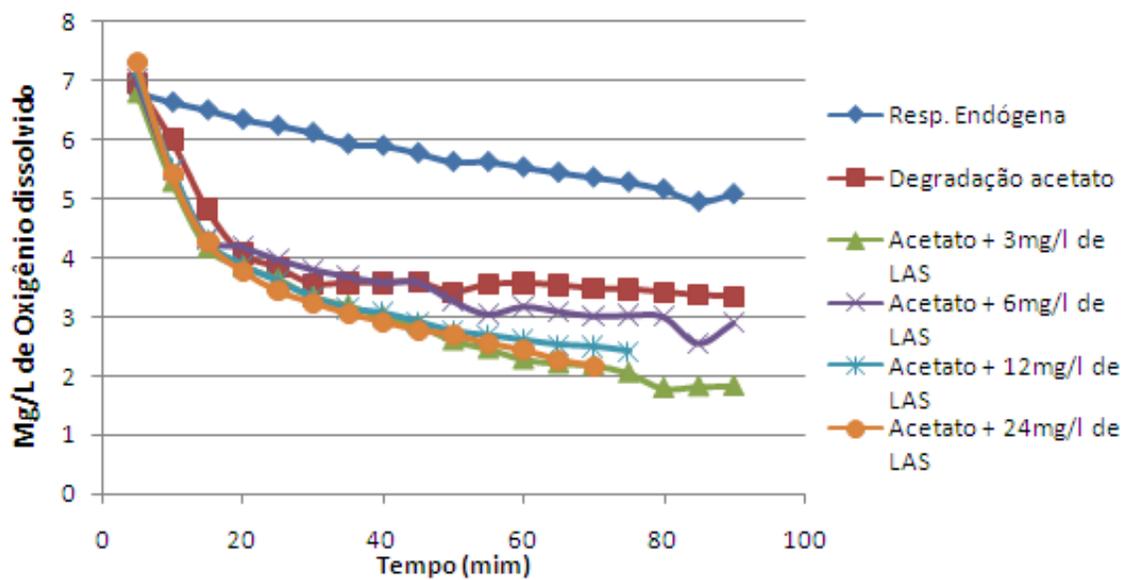
### Respirometria

É importante destacar que, devido à alta sensibilidade do oxímetro,  $0,01 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ , pequenas alterações poderiam influenciar no resultado, notou-se que a posição do oxímetro deve se localizar na periferia do reator, na zona ainda afetada pela rotação do lodo, esta posição deve ser mantida fixa para não alterar os resultados. Outro fator alterador é o número de rotações por minuto do agitador magnético, que deve ser mantida constante durante todo experimento. O lodo usado nos testes apresentou  $13,85 \text{ mg/mL}$  de sólidos totais (ST) e  $11,09 \text{ mg/mL}$  de sólidos totais voláteis (STV).

Durante o teste pode-se notar a formação de espuma durante as etapas de aeração, entretanto quando é suspensa a agitação do lodo dissolve novamente a espuma no meio, não afetando, significativamente, assim a concentração na qual o lodo fica exposto.

O resultado obtido a partir da análise dos dados, presentes no ANEXO 1 (figura 1 e 2), podem ser observados no respirograma abaixo (figura 5).

**Figura 5** – Respirograma evidenciando a variação da concentração de oxigênio em função da adição de diferentes concentrações de LAS ao longo do tempo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise do respirograma deu-se segundo trabalho de Andreottola (2005), a inclinação da reta da respiração endógena, ou seja, taxa de consumo de oxigênio para o manutenção da biota do lodo, respiração da biota, fornece o valor referência. A maior inclinação que se observa nos primeiros 20 minutos do gráfico, na curva de degradação do acetato se refere a taxa de consumo de oxigênio necessário para a degradação da fonte de carbono, caso a presença de LAS afetasse a capacidade de degradação de matéria orgânica isso afetaria a curva do respirograma, a desviando para mais perto da curva de respiração endógena, entretanto isso não foi o observado nas concentrações testadas.

Como a inclinação das curvas com presença de LAS após o pico de consumo de acetato dos primeiros 20 minutos se mostraram maior em relação a da respiração endógena, sem um perfil de estabilidade formado, é possível especular a respeito do

uso do LAS como substrato para biodegradação pela microbiota do lodo (MUNGRAY E KUMAR, 2009).

### Caracterização da Microbiota do lodo ativado

Abaixo segue tabela dos organismos identificados (tabela 1).

**Tabela 1.** Biota presente na amostra de lodo ativado do tanque de aeração.

Classe	Ciliophora	Cyanophyceae	Gamophyceae	Sarcodina	
Gênero	<i>Opercularia sp.</i>	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Spirogyra sp.</i>	<i>Lobosea:</i>	<i>Filosea:</i>
	<i>Aspidisca sp.</i>			<i>Diffugia sp.</i>	<i>Euglypha ciliata</i>
	<i>Paramecium sp.</i>				

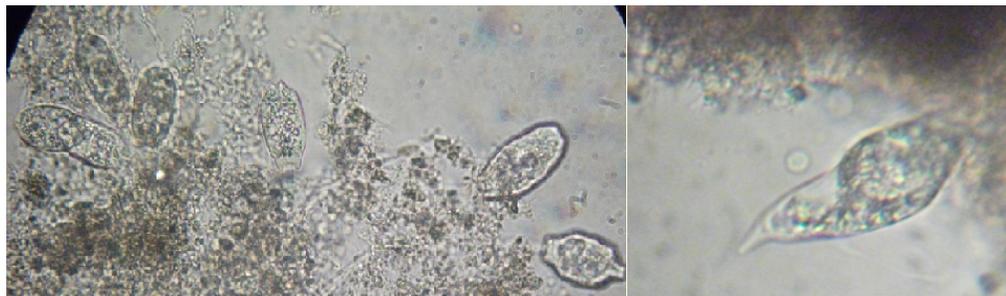
Classe	Chlorophyceae	Euglenophyceae	Bacillariophyceae	Nematoda
Gênero	<i>Chlamydomonas sp.</i>	<i>Peranema sp.</i>	<i>fragilaria sp.</i>	<i>Rhabditis sp.</i>
	<i>Cryptomonas sp.</i>	<i>Euglena sp.</i>	<i>Diatomaceas penadas</i>	
	<i>Carteria globulosa</i>	<i>Phacus sp.</i>		

A classe mais abundante encontrada foi Ciliophora (figura 6) com predominância de *Opercularia sp.* sendo encontrado em grande quantidade em todas as lâminas analisadas, são indicativo de boa qualidade de depuração (CETESB, 1990). A segunda classe mais abundante foi a Chlorophyceae, com grande representatividade de *Chlamydomonas sp.* podendo indicar presença de um lodo jovem (CETESB, 1990)

A presença de nematoides já era esperada, uma vez que as amostras foram retiradas do tanque de aeração e a presença de *Rhabditis sp.* é indicativo de grande concentração de oxigênio dissolvido.

Por ordem de abundancia se encontram as demais classes: Euglenophyceae, Sarcodina, Gamophyceae, Bacillariophyceae e Cyanophyceae. Sendo que dessas classes não foram encontrados muito mais que 3 indivíduos de cada gênero.

**Figura 6** – Foto evidenciando a predominância de cílios pedunculados, *Opercularia sp.*, à esquerda, e flagelados moveis, *Peranema sp.*, à direita.



Fonte: Foto do autor, aumento de 100x.

### Ensaio com *Daphnia laevis*

#### Testes de Sensibilidade

Como pode ser observado na tabela 2, dos testes de dezembro de 2011 até abril de 2012 apenas o teste 2 e 3 se encontraram fora da faixa de sensibilidade aceitável ( $1,64$  a  $2,98 \text{ g L}^{-1}$ ), desta forma testes realizados nos meses reprovados foram desconsiderados.

**Tabela 2-** Resultado dos testes de sensibilidade em *D. laevis*.

Testes	
	( $\text{g L}^{-1}$ de NaCl)
1	1,7
2	1,23
3	1,32
4	1,85
5	1,73

#### Testes de Viabilidade

Dos testes realizados apenas o do mês de fevereiro não se apresentou adequado, ver tabela 3, acredita se que isso não se deva a qualidade da água e sim aos organismo que estavam fragilizados nesse mês devido as variações de temperatura que foram expostos devido a problemas com a câmara de germinação.

Tabela 3- Resultado dos testes de viabilidade do período de 2011 a 2012.

Organismos Imóveis (%)	TESTE DE VIABILIDADE				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
	6	8	14	7	6

### Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia laevis*

Inicialmente foi realizado testes preliminares para detectar a faixa de sensibilidade da *Daphnia laevi*, o primeiro teste consistiu na exposição da mesma a LAS nas seguintes concentrações: 1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 g L<sup>-1</sup> de LAS. Em todas concentrações 100% dos organismos se encontravam imóveis após 48h, indicando assim a necessidade de reduzir as concentrações em fator de 10 e 100%.

Novo teste foi realizado com concentrações de 0,01; 0,02; 0,03; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,4 g L<sup>-1</sup> de LAS, desta vez a concentração de 0,01 g L<sup>-1</sup> apresentou 55% de imóveis e 0,02 g L<sup>-1</sup> imobilidade de 75%, sendo que o restante das concentrações apresentaram 100% de imobilidade, tais dados indicaram que o limite superior da faixa de sensibilidade deveria ser em torno de 10 mg L<sup>-1</sup>.

Seguindo sugestão contida na ABNT-NBR 12713:2004, realizou se então um teste com as concentrações de 1,0; 0,5; 0,25; 0,13; 0,06 mg L<sup>-1</sup> de LAS e grupo controle, o teste foi iniciado no dia 25/01/12 às 17:00h e finalizado após 48h. Os resultados obtidos foram analisados segundo o método trimm de Spearman-Karber (HAMILTON, 1977), através do software livre TRIMMED SPEARMAN-KARBER (TSK) PROGRAM VERSION 1.5, o resultado pode ser visualizado na figura 7.

Figura 7. Resultado do Ensaio de toxicidade com *D. laevis*.

DATE:	25/1/201	TEST NUMBER:	1	DURATION:	48 h
TOXICANT :	LAS				
SPECIES:	Daphnia laevis				
RAW DATA:	Concentration	Number	Mortalities		
---	(mg)	Exposed			
	.00	20	8		
	.06	20	5		
	.13	20	8		
	.25	20	10		
	.50	20	13		
	1.00	20	16		
SPEARMAN-KARBER TRIM:		29.63%			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES:	EC50:		.53		
	95% LOWER CONFIDENCE:		.34		
	95% UPPER CONFIDENCE:		.82		
NOTE:	MORTALITY PROPORTIONS WERE NOT MONOTONICALLY INCREASING. ADJUSTMENTS WERE MADE PRIOR TO SPEARMAN-KARBER ESTIMATION.				

O resultado indica uma concentração efetiva (EC50%) de 0,53 mg L<sup>-1</sup>, valor bem diferente do observado em testes com *Daphnia magna* e homólogos de LAS, sendo que o resultado de EC50% pode variar desde 0,68 mgL<sup>-1</sup> para C14LAS até 27,6 mg L<sup>-1</sup> para C10LAS (STACHE, 1995).

## Conclusões

A análise do respirograma gerado permite inferir que a presença de LAS, nas concentrações mais comumente encontradas em estações de tratamento de esgoto (ETE), não pode ser usada como argumento para perda de eficiência da depuração de matéria orgânica. O método respirométrico mostrou ser uma forma rápida e prática para se avaliar o efeito de xenotóxicos na eficiência de depuração de uma planta de ETE.

O uso de LAS como fonte de carbono não foi descartada, entretanto são necessários mais testes para que se possa afirmar isto.

A concentração efetiva (EC50%) de 0,53 mg L<sup>-1</sup> de LAS, encontrada no ensaio de toxicidade é um resultado muito próximo do apresentado na resolução N<sup>o</sup> 375 do CONAMA que estabelece para águas doces o limite de 0,5 mgL<sup>-1</sup> de LAS, concentração nessa que já se mostra altamente danosa ao zooplâncton segundo o teste com organismo modelo *D. laevis*.

Desta forma é possível constatar que a legislação vigente ainda se mostra muito branda, subestimando o poder tóxico do LAS, novas pesquisas utilizando como organismos-modelo um maior gama de espécies tropicais, quebrando o paradigma

setentrional da ecotoxicologia, poderia traçar com mais nitidez o efeito ecotoxicológico, não apenas de surfactantes como o LAS, mas de diversos compostos de interesse, para toda biota aquática colaborando com embasamento científico para elaboração de normas menos práticas e que visem mais a saúde do ecossistema.

### Referências Bibliográficas

ANDREOTTOLA, G.; OLIVEIRA, E. L.; FOLADORI, P.; DALLAGO, L.; PETERLINI, R.; CADONNA, M. **MÉTODO RESPIROMÉTRICO PARA O MONITORAMENTO DE PROCESSOS BIOLÓGICOS**. Engenharia Sanitaria Ambiental, Vol.10, Nº 1, 14-23p, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713: Ecotoxicologia Aquática-Toxicidade Aguda – Método de Ensaio com Daphnia spp (Cladocera, Crustácea)**. Rio de Janeiro: 2004e. 1-13p.

BIRGE, E. A. **Note on Cladocera IV**. Transactions of the Wisconsin Academy 16: 1017-1066, 1910.

BRANCO, S. M; BRANCO, W. C; LIMA, H. A. dos S; Martins, M. T. **Identificação e importância dos Principais Gêneros de Algas de Interesse para o Tratamento de Águas e Esgoto**. Revista do Departamento de Águas e esgotos, 1989.

BRANDAO, L.P. M.; FAJARDO, T.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.; BRITO, S.; MAIA-BARBOSA, P. **Fluctuations of the population of Daphnia laevis Birge 1878: a six-year study in a tropical lake**. Braz. J. Biol., vol.72, n.3, pp. 479-487, 2012 ISSN 1519-6984. <http://dx.doi.org/10.1590/S151969842012000300010>, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 375, de 17 de março de 2005**.– In: Resoluções, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 8. Abr. 2011.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Microbiologia de Lodos Ativado**. Series Manuais, São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, Brasil, 1990.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil**. Universidade Católica de Brasília. Brasília: Universa. 156 p. ,1997.

EIKELBOOM, D.H; van BUIJSEN, H. J. J. **Microscopic Sludge Investigation Manual**. TNO Research Institute for Environmental Hygiene. Water and Soil Division, Netherlands, 1983.

FERREIRA, E.D.S.; SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R. S.. **Uso da respirometria para caracterização de esgotos domésticos: aplicação, limites e apresentação de método simplificado**; Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental, AIDIS, 28; 2002; ; 1; ; ; 1; 8; XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental; Cancún, México; BRASIL; Português; ; Meio digital. HAMILTON, M. A., RUSSO, R. C. & THURSTON, R. V. **Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays.** *Environ. Sci. Technol.*, 11: 714-719, 1977.

JACONETTI, P. C. M. **Validação De Ensaios Ecotoxicológicos Com Organismos Autóctones Daphnia laevis e Ceriodaphnia silvestrii.** São Paulo. Dissertação de Mestrado – IPEN, Universidade de São Paulo, 2005.

LAMB, J. C. et al. **A technique for evaluating the biological treatability of industrial wastes.** *Journal Water Pollution Control Federation*, v. 36, n. 10, p. 1263-1285, 1964.

LEON, V.M.; LOPES, C.; LARA-MARTIN, P. A.; PRATS, D.; VARO, P.; GONZALEZ-MAZO, E. **Removal of linear alkylbenzene sulfonates and their degradation intermediates at low temperatures during activated sludge treatment.** *Chemosphere* 64. 1157–1166p, 2006.

MUNGRAY, A. K; KUMAR, P. **Anionic surfactants in treated sewage and sludges: Risk assessment to aquatic and terrestrial environments.** *Bioresource Technology* 99. P. 2919–2929, 2008.

MUNGRAY, A. K.; KUMAR, P. **Fate of linear alkylbenzene sulfonates in the environment: A review.** *International Biodeterioration & Biodegradation* 63. P. 981–987, 2009.

NOGRADY, T; SEGERS, H. **Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Water of the World – Rotifera.** Backhuys Publishers, Vol. 6, Leiden, 2002.

OLIVEIRA, A. C.; ALMEIDA, G. **POP- ABNT NBR -12713 – Daphnia spp. (2004).** Laboratório de Ecotoxicologia Aquática e Microbiologia Ambiental. LEAL/FT/UNICAMP, 2010.

PARRA, O. O; GONZALES, M; DELLAROSSA, V. **Manual Taxonomico Del Fitoplancton de Aguas Continentales – Classe Euglenophyceae.** Conception, XXX.

PARRA, O. O; GONZALES, M; DELLAROSSA; RIVEIRA, P; ORELLANA, M. **Manual Taxonomico Del Fitoplancton de Aguas Continentales- Com Especial Referencia al Fitoplancton de Chile, I- Cyanophyceae.** Conception, 1982.

PARRA, O. O; GONZALES, M; DELLAROSSA. **Manual Taxonomico Del Fitoplancton de Aguas Continentales- Com Especial Referencia al Fitoplancton de Chile, V- Chlorophyceae.** Conception, 1983.

POLO, A. M.; TOBAJAS, M.; SANCHIS, S.; MOHEDANO, A. F.; RODRÍGUEZ, J. J. **Comparison of experimental methods for determination of toxicity and biodegradability of xenobiotic compounds.** Biodegradation 22. P. 751–761, 2011.

STACHE, H. W. **Anionic Surfactants: Organic Chemistry.** CRC Press, 720 p., 1995.

TAS, D. O. **Respirometric assessment of aerobic sludge stabilization.** **Bioresource Technology** 101. 2592–2599 p.,2010.

THE SHIGA PREFECTURAL INSTITUTE OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. **The Plankton of Lake Biwa.** Japan, 1982.

ANEXO 1

Dados dos Ensaios Respirométricos

Figura 1 – Dados dos ensaios respirométricos em respiração endógena, com adição de acetato e com adição de 3 mg L<sup>-1</sup> de LAS.

	ph= 6,8	ph= 6,8	ph= 6,8	
	20mg Iodo Resp. endógena (mg/L de O <sub>2</sub> )	Iodo + 20mg acetato de sódio (mg/L de O <sub>2</sub> )	Iodo + acetato + 3mg/L LAS (mg/L de O <sub>2</sub> )	Resp. endógena (mg/L de O <sub>2</sub> )
	6,79	6,94	6,81	7,3
	6,63	6	5,3	7,41
	6,5	4,83	4,18	7,11
	6,34	4,08	3,86	6,81
	6,24	3,85	3,65	6,67
	6,12	3,57	3,35	6,51
	5,93	3,59	3,2	6,3
	5,9	3,59	3,01	6,1
	5,78	3,6	2,87	5,89
	5,63	3,43	2,61	5,83
	5,63	3,56	2,47	5,75
	5,54	3,58	2,29	5,7
1 Hora	5,45	3,55	2,22	5,63
	5,37	3,49	2,19	-
	5,29	3,48	2,06	-
	5,17	3,43	1,8	-
	4,96	3,38	1,83	-
	5,09	3,36	1,84	-

ANEXO 1

Dados dos Ensaio Respirométricos

Figura 2 – Dados dos ensaios respirométricos com adição de 6; 12 e 24 mg L<sup>-1</sup> de LAS.

	ph= 6,8	ph= 6,9	ph= 7,01
	lodo + acetato + 6 mg/L LAS	lodo + acetato + 12 mg/L LAS	lodo + acetato + 24 mg/L LAS
	(mg/L de O <sub>2</sub> )	(mg/L de O <sub>2</sub> )	(mg/L de O <sub>2</sub> )
	7	7,16	7,29
	5,47	5,52	5,4
	4,34	4,3	4,26
	4,18	3,89	3,77
	3,97	3,61	3,43
	3,8	3,34	3,23
	3,68	3,15	3,05
	3,58	3,07	2,91
	3,58	2,92	2,77
	3,27	2,76	2,69
	3,04	2,69	2,54
	3,17	2,61	2,43
1 Hora	3,09	2,53	2,36
	3,01	2,5	2,16
	3,02	2,42	-
	3	-	-
	2,55	-	-
	2,89	-	-