



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## IMPACTO NA MICROBIOTA DO LODO ATIVADO DURANTE A ACLIMATAÇÃO COM DIFERENTES EFLUENTES INDUSTRIAIS

Lívia Cordi<sup>1</sup>; Márcia Regina Assalin<sup>2</sup>; Edna dos Santos Almeida<sup>3</sup>;

Sandra Gomes de Moraes<sup>4</sup>; Nelson Durán<sup>5</sup>

---

### RESUMO

O processo de lodos ativados é amplamente utilizado no tratamento de efluentes domésticos e industriais, podendo ser empregado no tratamento dos efluentes papelheiro, têxtil (ambos caracterizados por elevada DQO, toxicidade e cor intensa) e das indústrias queijeiras (caracterizado pela altíssima carga orgânica). Para um melhor desempenho do sistema biológico na remediação de efluentes é necessário que a biomassa esteja adaptada ao efluente a ser tratado. Neste trabalho foi avaliado o impacto do processo de aclimação do lodo ativado coletado de uma estação de tratamento de esgoto doméstico aos efluentes papelheiro, têxtil e queijeiro. As diferenças observadas nos lodos aclimatados aos diferentes efluentes indicam que a população presente no sistema de lodos ativados é dependente dos substratos estudados, resultando na predominância de diferentes classes de protozoários. Quanto às bactérias presentes nenhuma diferença foi observada para os parâmetros estudados.

Palavras-chave: lodo ativado; microbiota; efluentes.

### IMPACT ON ACTIVATED SLUDGE MICROBIOTA DURING ACCLIMATION WITH DIFFERENT INDUSTRIAL EFFLUENTS

### ABSTRACT

The activated sludge process is widely used in domestic and industrial effluents being also applied in pulp and paper textile (both characterized by a high COD, toxicity and intense color) and dairy (cheese) (characterized by extremely high organic charge) industries. In order to get the high efficient performance the biological system, in the remediation the biomass, this it must be been adapted to the treated effluent. In this case was evaluated the impact of the process of acclimation to the activated sludge collected in a domestic treatment station to a pulp and paper, textile and dairy effluents. The differences found in the acclimated activated sludge indicated that the biota in this one was dependent from the substrate studied, resulting the predominance of the different classes of protozoa. Meanwhile, the bacterial distribution in the activated sludge no differences for the studied parameters were observed.

Keywords: activated sludge; microbiota; effluents.

---

Trabalho recebido em 09/02/2010 e aceito para publicação em 17/07/2010.

---

<sup>1</sup>Mestra pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas. Doutoranda do Programa de Genética e Biologia Molecular do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. CP: 6109, CEP 13084-970, Campinas-SP. e-mail: cordi@unicamp.br

<sup>2</sup> Doutora em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. Técnica de Nível Superior da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 km 127,5 - Tanquinho Velho, CP. 69 CEP 13820-000 Jaguariúna- SP. e-mail: massalin@cnpm.embrapa.br

<sup>3</sup>Doutora em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI CETIND, Área de Meio Ambiente, Av. Luis Tarquinio Pontes, 938, Aracuí. CEP 42700000, Lauro de Freitas- BA. e-mail:ednasa@cetind.fieb.org.br

<sup>4</sup> Professora da Universidade Metodista de Piracicaba. Laboratório de Energia e Meio Ambiente, Universidade Metodista de Piracicaba, Rodovia SP 306 - km 24, 13450-000, Santa Barbara d'Oeste - SP. e-mail: sgmoraes@unimep.br

<sup>5</sup> Professor da Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Laboratório de Química Biológica, Laboratório de Química Biológica - IQ. Universidade Estadual de Campinas, CP. 6154, CEP 13084-970, Campinas-SP. e-mail: duran@iqm.unicamp.br

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de lodo ativado foi desenvolvido na Inglaterra em 1914. Desde então, o processo é amplamente utilizado no tratamento de águas residuárias industriais e domésticas. Este pode ser definido como um sistema no qual uma massa biológica cresce e flocula, sendo continuamente circulada e colocada em contato com a matéria orgânica do despejo líquido afluente ao sistema, na presença de oxigênio (CORDI *et al.*, 2007). Tal sistema é constituído de tanque de aeração (reator) e uma unidade de separação dos sólidos, de onde o lodo separado é quase que totalmente retornado ao tanque de aeração para mistura com as águas residuais, e o restante é descartado (SOBRINHO, 1983).

O sistema de lodos ativados possui uma população de microrganismos característica que é composta por bactérias, fungos, algas e protozoários. Dentre a população biológica presente no sistema de lodo ativado, as bactérias constituem o grupo mais importante e as mais frequentes são: *Pseudomonas*, *Zoogloa*, *Schromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Klebscella* e bactérias nitrificantes como *Nitrossomas* e *Nitrobacter* (CORDI *et al.*, 2007). Formas filamentosas podem estar

também presentes. Também são encontrados protozoários (segundo grupo mais numeroso após as bactérias) ciliados, flagelados e amebas, além de micrometazoários (anelídeos, rotíferos, nematóides e tardígrados). Estes atuam como polidores do efluente, consumindo bactérias dispersas que não floclulam e flocos biológicos de partículas que não sedimentam, sendo sua presença um indicativo das condições de depuração do sistema (CETESB, 2000; GAUTHIER, 2000).

A presença da microbiota é um importante indício de funcionamento do processo, sendo um bom indicador biológico (CORDI *et al.*, 2008). A observação quantitativa e qualitativa da microbiota vem sendo utilizada há anos como controle do processo de lodos ativados. Entretanto, esta atividade encontra-se pouco desenvolvida como instrumento nesses processos, pois na prática se encontram problemas de amostragem, contagem e de aproveitamento dos dados obtidos, devido à interação complexa (CETESB, 2000).

Diversos efluentes industriais têm sido submetidos ao tratamento pelo processo de lodos ativados, no entanto, o impacto de diferentes substratos sobre a microbiota do lodo não tem sido muito reportada.

A indústria de papel e celulose descarrega no meio ambiente uma enorme variedade de substâncias químicas, tóxicas, além de apresentar uma cor intensa resultante da presença de lignina e de seus derivados, que causam danos aos ecossistemas aquáticos dificultando a passagem da luz e impedindo a realização da fotossíntese (FREIRE *et al.*, 2000). Já a indústria têxtil é responsável pela geração de efluentes com elevados níveis de coloração, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos em suspensão e baixas concentrações de oxigênio dissolvido (ASSALIN *et al.*, 2004). Dentre outras espécies químicas presente no meio, especial atenção tem sido dada aos corantes reativos, principalmente em função da sua elevada toxicidade e resistência ao ataque microbiano (CETESB, 2001). O efluente da indústria de queijos constitui-se basicamente de soro, que representa 85-95 % do volume de leite e retêm cerca de 55% dos nutrientes do leite, sendo constituído de lactose, proteínas e lipídios, que são responsáveis pela altíssima carga orgânica deste efluente (ALMEIDA, 2004).

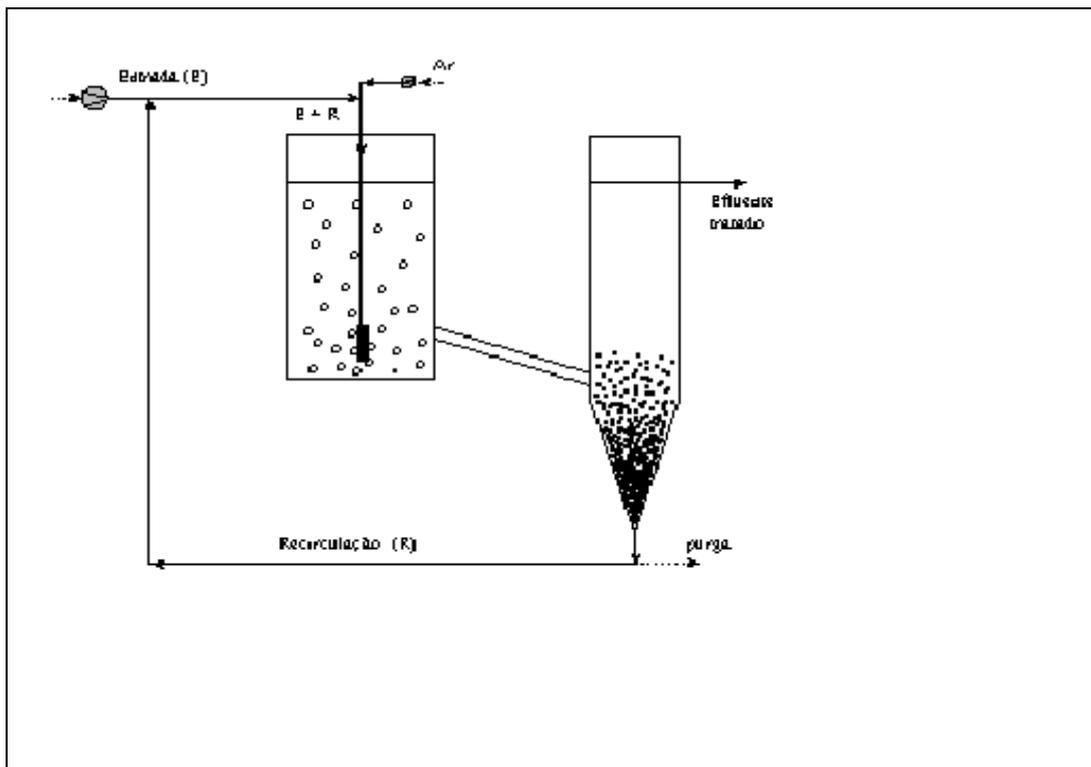
O objetivo deste trabalho é identificar as diferenças na microbiota de sistemas de lodos ativados submetidos ao processo de aclimação natural aos efluentes têxteis, papeleiros e queijeiros durante 30 dias.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de lodos ativados foram coletadas na Estação de Tratamento de Esgoto Santa Rosa, SANASA - Campinas, SP. As amostras foram colocadas em frascos de polietileno, que foram preenchidos até a metade de seu volume de modo a manter oxigênio em sua parte superior, necessário à sobrevivência da microbiota durante o transporte. Tal biomassa foi submetida ao processo de aclimação de reatores de escala laboratorial como ilustrado na Figura 1 pelo período de 30 dias.

O lodo foi monitorado através da determinação de pH, SS (sólidos suspensos) e contagem bacteriana (UFC).

Para a análise de sólidos suspensos uma alíquota de 10 mL de lodo proveniente dos bioreatores foi filtrada utilizando-se filtros GF-C Wattman, que retêm partículas maiores que 1,0  $\mu\text{m}$ , previamente seco e pesado. Após secagem em estufa por 2 horas, o papel de filtro foi retirado e deixado em dessecador até atingir a temperatura ambiente, quando então é novamente pesado. Pela diferença na massa do filtro foi calculado o teor de sólidos suspensos. O valor ótimo para SS descrito na literatura situa-se na faixa de 1500-3000  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (DIEZ & COL, 2002).



**Figura 1:** Esquema do reator de lodo ativado utilizado

A análise das bactérias foi feita pelo método de esgotamento em placa para a obtenção de colônias isoladas em um meio nutriente não seletivo (ágar nutriente). O período de incubação foi de 24 horas a 37°C. Observou-se por coloração de gram a morfologia celular e a composição da parede celular bacteriana do lodo antes da aclimação e aclimatado.

Foram determinadas contagens das colônias bacterianas, tendo sido as amostras diluídas sucessivamente em água estéril e as diluições plaqueadas em meio ágar nutriente por 24 horas a 37°C. As colônias formadas foram contadas e expressas em  $10^x$  UFC mL<sup>-1</sup> (APHA 1995)

A análise qualitativa de protozoários e de micrometazoários foi feita por microscopia ótica com Microscópio Olympus Vanox modelo AH2 (cedido pela Divisão de Microbiologia do CPQBA) e estes organismos foram separados em: Filo Protozoa, sendo encontradas as classes sarcodina, ciliata, mastigophora e Micrometazoários como: rotífera, nemátoda, tardigrada e anélida (CETESB, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi feita uma caracterização inicial do lodo ativado recém coletado através dos parâmetros de pH, sólidos suspensos (SS) e

contagem bacteriana (UFC·mL<sup>-1</sup>). Foram avaliados os protozoários presentes no início e ao final de um mês de aclimação. Na Tabela 1 podem ser observados os

resultados obtidos da contagem bacteriana, pH e SS para o lodo ativado recém coletado.

**Tabela 1.** Resultados obtidos antes da aclimação do lodo ativado pelos efluentes.

<b>Parâmetros</b>	<b>Efluente Papeleiro</b>	<b>Efluente Têxtil</b>	<b>Efluente Queijeiro</b>
pH	8,30	6,50	7,09
SS (mg L <sup>-1</sup> )	3150	2100	2170
Contagem Bacteriana (UFC mL <sup>-1</sup> )	2 x10 <sup>7</sup>	2 x10 <sup>7</sup>	ND.*

\*ND. – não determinada

Há uma divergência nítida ao relacionarmos os valores de SS e isto pode ser explicado devido ao fato de que diferentes coletas de lodos foram feitas para a montagem do bioreator e aclimação nos três diversos efluentes. Os valores de sólidos suspensos (SS) são também variáveis de uma coleta para outra, porém esses servem somente como partida para o objetivo do trabalho. A contagem das colônias bacterianas permaneceu idêntica para os efluentes da indústria papeleira e têxtil.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de contagem bacteriana, pH e

SS obtidos após a aclimação do lodo ativado aos efluentes estudados. Ocorreu um aumento do número de unidades formadoras de colônia, com exceção do efluente têxtil. Na aclimação com o efluente papeleiro (pH corrigido para 7,50) o pH do lodo sofreu elevação em relação ao lodo coletado, mas em contato com o efluente apresentando pH corrigido para 7,50, ocorreu uma diminuição do valor inicial de 8,30 para 7,86. Observou-se com o crescimento bacteriano uma satisfatória adaptação da microbiota aos efluentes da indústria queijeira e papeleira, demonstrando assim, uma possível eficiência do processo.

**Tabela 2.** Resultados obtidos após a aclimação do lodo ativado pelos efluentes.

Parâmetros	Efluente Papeleiro	Efluente Têxtil	Efluente Queijeiro
pH	7,86	8,50	7,45
SS (mg L <sup>-1</sup> )	5100	1000	2780
Contagem Bacteriana (UFC mL <sup>-1</sup> )	3 x 10 <sup>8</sup>	1,4 x 10 <sup>7</sup>	1,7 x 10 <sup>8</sup>

Na aclimação do efluente têxtil foi observada uma diminuição do crescimento bacteriano com redução considerável do valor de colônias, assim como diminuição do valor de sólidos suspensos. Mesmo sem retirada do lodo ao adicionarmos efluente, não foi possível a recuperação da população. O período de aclimação proposto para o respectivo efluente parece não ter sido suficiente para uma aclimação da microbiota.

Para todos os sistemas estudados foram somente observadas bactérias gram-negativas, que apresentaram morfologia de cocos, diplococos e bastonetes. Quanto às

bactérias presentes nenhuma diferença foi observada para os parâmetros estudados durante o período de aclimação, sendo necessária a identificação de gênero e espécie para que se possa melhor inferir sobre a população de bactérias predominantes nos sistemas estudados.

### 3.1 Avaliação de Protozoários e Micrometazoários na Aclimação do Lodo ativado ao Efluente Papeleiro

Na Tabela 3, podem-se avaliar quais os organismos estavam presentes no início e final do período de aclimação, assim como a estimativa qualitativa dos mesmos.

**Tabela 3.** Presença dos organismos ao início e fim da aclimação do efluente papeleiro.

Protozoários e Micrometazoários	Inicial	Final
<b>Classe ciliata</b>	Pouca quantidade livres e fixos	Muitos livres e fixos
<b>Classe sarcodina</b>	NI*	Muitos
<b>Classe mastigophora</b>	Muitos e pequenos	Poucos
<b>Rotíferos</b>	Poucos	Muitos
<b>Nemátodas</b>	Poucos	NI*
<b>Anélicas</b>	NI*	NI*

\*N.I. = Não Identificado

Ao início da aclimação foi possível observar nemátodas que são indicativos de pobre sedimentabilidade, porém ao final não mais são encontrados. A população de rotíferos aumentou bastante, também a de ciliados livres e fixos que são indicativos da eficiência do processo. Foram observados *Aspidisca costata*, *Tracheophyllum sp.* (Classe ciliata – livre), *Vorticella sp.*, *Opercularia sp.* (Classe ciliata - fixo), tanto coloniais quanto

isoladas, *Tecamebas* (Classe sarcodina), *Rotaria citrinus* e *Philodinavus paradoxus* (Rotíferos).

### 3.2 Avaliação de Protozoários e Micrometazoários na Aclimação do Lodo ativado ao Efluente Têxtil.

Pelos dados da Tabela 4, podem-se verificar as espécies presentes no início e final do período de aclimação.

**Tabela 4.** Presença dos organismos ao início e fim do tratamento do efluente têxtil.

Protozoários e Micrometazoários	Inicial	Final
<b>Classe ciliata</b>	Poucos livres e fixos	Muitos livres e fixos
<b>Classe sarcodina</b>	NI *	Muitos
<b>Classe mastigophora</b>	Poucos	NI *
<b>Rotíferas</b>	Muitos	Muitos
<b>Nemátodas</b>	NI *	NI *
<b>Anelidas</b>	NI *	NI *

\*N.I. = Não Identificado

Houve predomínio de ciliados livres como *Paramecium sp.* Os ciliados fixos encontrados predominantemente foram dos gêneros *Vorticella* e colônias de *Opercularia*. Ao final da aclimação foi observada grande quantidade de *Amoeba* (classe sarcodina), assim como *Tecamebas*, sendo indício de boa eficiência do processo. A população de rotíferos parece não ter se alterado e foram observadas as

espécies *Rotaria citrinus* e *Philodinavus paradoxus* (CETESB, 2000).

### 3.3 Avaliação da Microbiota na Aclimação do Lodo ativado ao Efluente Queijeiro

Na Tabela 5, podem-se observar os protozoários e micrometazoários presentes no início e no final da aclimação, assim como uma estimativa qualitativa destes organismos.

Ao início da aclimação foi possível observar predominância de rotíferos e esta predominância se estendeu até o final do período de um mês. Observamos as espécies *Rotaria citrinus*, *Philodinavus paradoxus* comum aos outros dois efluentes e a espécie *Epiphanes brachionus* que se apresentou exclusivamente na aclimação deste efluente.

Os ciliados fixos foram encontrados em baixa concentração e foram observadas

*Vorticella sp.* e *Opercularia sp.*. Ao início da aclimação foi observada pouca quantidade de *Tecamebas* (classe sarcodina), e o único ciliado livre observado foi o *Blepharisma sp.*, apresentando coloração rosada.

A presença de tecamebas e de ciliados fixos conferem à aclimação uma eficiência no tratamento por lodos ativados (CORDI et al., 2008).

**Tabela 5.** Presença da microbiota ao início e fim da aclimação do efluente queijeiro.

<b>Protozoários e Micrometazoários</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
<b>Classe ciliata</b>	Poucos fixos e livres	Muitos livres
<b>Classe sarcodina</b>	Poucos	NI *
<b>Classe mastigophora</b>	Poucos	Poucos
<b>Rotíferos</b>	Muitos	Muitos
<b>Nemátodas</b>	NI *	NI *
<b>Anelidas</b>	NI *	NI *

\*N.I. = Não Identificado

#### 4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S. Tratamento de efluente da indústria de queijos por processos químicos e biológicos. 2004. 81 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 ED, New York,

American Public Health Association, 1995.

ASSALIN, M. R.; ALMEIDA, E. S.; ROSA, M. A.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Application of ozonation process in industrial wastewaters: textile, kraft E1 and whey effluents. **Environmental Technology**. v. 25, n. 8, p.867-72, 2004.

- CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Microbiologia de lodos ativados ; Editora da CETESB, São Paulo, 2000.
- CETESB, Relatório Técnico Cermatex Indústria de Tecidos Ltda – Projeto de prevenção à poluição do setor têxtil; Editora da CETESB, São Paulo, 2001.
- CORDI, L.; ALMEIDA, E. S.; ASSALIN, M. R.; DURÁN, N. Intumescimento filamentosos no processo de lodos ativados aplicado ao tratamento de soro de queijo: caracterização e uso de floculantes para melhorar a sedimentabilidade. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, v. 4, p. 3, 2007.
- CORDI, L.; ASSALIN, M. R.; DIEZ, M. C.; DURÁN, N. Montagem, partida e operação de um sistema de lodos ativados para o tratamento de efluentes: parâmetros físico-químicos e biológicos. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 5, p. 97-115, 2008.
- DIEZ, M. C., CASTILLO, G., AGUILAR, I., VIDAL, G., MORA, M. L. Operational factors and nutrient effects on activated sludge treatment of *Pinus radiata* Kraft mill. **Waterwaster Bioresource Technology**, 83, 131-138, 2002.
- FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N. Novas Tendências para o Tratamento de Resíduos Industriais Contendo Espécies Organocloradas. **Química Nova**, v. 23, n.4, p.504-511, 2000.
- GAUTHIER, F.; NEUFELD, J.D.; DRESCOLL, B. T.; ARCHIBALD, F. S. Coliform bacteria and nitrogen fixation in pulp and paper mill effluent treatment systems. **Applied Environmental Microbiology**. v. 66, n.12, p. 5155-5160, 2000.
- SOBRINHO, P. A. Estudo dos fatores que influenciam no processo de lodos ativados - determinação de parâmetros de projeto para esgotos predominantemente domésticos; **Revista DAE**, v. 132, p. 49, 1983.

## 5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio financeiro e ao Dr. Alexandre Nunes Ponezi e à Dra. Marta Teixeira, da Divisão de Microbiologia do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA)/UNICAMP.