

## Caracterização do Floco Biológico e da Microfauna em Sistema de Lodos Ativados

### Characterization of Biological Floc and Microfauna in Activated Sludge System

Juliana Ferreira Soares<sup>1</sup>, Róbson Ilha<sup>2</sup>, Noeli Júlia Schüssler de Vasconcellos<sup>3</sup>,  
Mariana Ribeiro Santiago<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria - RS- Brasil

<sup>3</sup>Centro Universitário Franciscano – UNIFRA - Santa Maria - RS- Brasil

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS - Porto Alegre - RS - Brasil

### Resumo

*A investigação microscópica dos flocos e da microfauna presente no lodo é um importante indicador do desempenho e eficiência do sistema de lodos ativados. Diante desta importância, o objetivo do trabalho foi caracterizar a estrutura dos flocos biológicos e identificar os organismos que compõem a microfauna dos tanques de aeração de uma ETE industrial, relacionando aos parâmetros físico-químicos e à eficiência do processo. Para a caracterização do floco e da microfauna foi empregada a técnica microscópica qualitativa. Os parâmetros físico-químicos foram fornecidos pelo próprio laboratório da indústria. Durante o estudo foi possível observar organismos dos grupos de Tecamebas, Rotíferos, Ciliados Fixos e Ciliados Livre-Natantes, caracterizando o processo com boa depuração, e a estrutura do floco foi caracterizada entre ideal e intumescido. A análise qualitativa da estrutura do floco biológico mostrou-se importante para a identificação de casos de intumescimento do lodo.*

**Palavras-chave:** microbiota, microscopia óptica, efluente industrial, indústria de bebidas, eficiência.

### Abstract

*The microscopic investigation of the floc and the microfauna present in the sludge is an important indicator of the performance and efficiency of the activated sludge system. Given this importance, the study aimed to characterize the structure of the biological flocs and identify the organisms that make up the microfauna in the aeration tanks from the industrial WWTP, relating to the physico-chemical parameters and process efficiency. For the characterization of floc and microfauna qualitative microscopic technique was employed. The physical-chemical parameters were supplied by industry's own laboratory. During the study were observed groups of testate amoebae, rotifers, attached ciliates and ciliates free natantes characterizing the process with good purification and as the structure of the flocs between ideal and filamentous bulking. Qualitative analysis of biological floc structure proved important for the identification of cases of the filamentous bulking.*

**Keywords:** microbiota, optical microscopy, industrial sewage, beverage industry, efficiency.

Recebido em: 15.02.13, Aceito em: 21.01.14

## 1 Introdução

Estudos e análises sobre o comportamento da população microbiana dos lodos ativados no Brasil são insuficientes, uma vez que o conhecimento dessa dinâmica é de fundamental importância no controle operacional do processo. A investigação microscópica dos flocos e da microfauna presente no lodo é um importante indicador do desempenho e da eficiência do sistema, permitindo uma análise mais rápida das condições depurativas do processo, do que os resultados das análises químicas convencionais (CYBIS et al, 1997).

O sistema de lodos ativados é atualmente o mais empregado para tratamento biológico de efluentes no mundo, principalmente pela alta eficiência alcançada (HERMOSO et al, 2004). Em geral, este tipo de sistema de tratamento é composto por um tanque, sistema de aeração, decantador e sistemas de recirculação e de descarte do lodo. Nos tanques de aeração ocorre a exposição da matéria orgânica para ser degradada pela massa biológica, que na presença de oxigênio, cresce e flocula, esta floclulação ou aglutinação biológica permite a separação dos microrganismos em suspensão, do meio líquido, dentro do decantador secundário, proporcionando o seu retorno ao tanque de aeração (JARDIM et al, 1997).

**Tabela 1** – Classificação utilizada para agrupar os organismos da microfauna.

Grupos	Classificação	Breve Descrição
<b>Ciliados</b>	Ciliados predadores de flocos - CPF	Possuem a célula achatada dorsoventralmente e cílios modificados e agrupados na parte do corpo que fica em contato com o substrato. São vorazes predadores de bactérias.
	Ciliados Livre Natantes – CLN	Possuem cílios distribuídos regularmente por toda a célula e nadam livremente entre os flocos. São predadores e carnívoros.
	Ciliados Fixos - CF	Ficam unidos ao substrato por um pedúnculo, sendo algumas espécies, coloniais. Os cílios encontram-se na região anterior do corpo, próximo à cavidade oral.
<b>Amebas</b>	Tecamebas – AMB	Possuem revestimento externo constituído por proteínas, sílica, cálcio, ferro, etc.
	Amebas nuas - AMN	Não possuem forma definida, têm corpo mole.
<b>Flagelados</b>	Zooflagelados – ZFL ou FLG	São flagelados não pigmentados e podem ter de um a vários flagelos. Ingerem matéria sólida ou substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas.
<b>Micro- metazoários</b>	Rotíferos, Nematóides, Anelídeos, Tardígrados - MTZ	São organismos pluricelulares de vários filos. Possuem lenta taxa de crescimento, sendo a maioria composta por predadores de bactérias e protozoários.

Adaptado de Figueiredo et al, 1997.

O princípio do processo baseia-se na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos esgotos, a qual é mediada por uma população microbiana diversificada e mantida em suspensão num meio aeróbio. Esta população consiste em uma complexa associação de bactérias, protozoários, fungos e micrometazoários que formam os flocos biológicos do sistema (BENTO et al, 2005; MOTTA et al, 2001).

A eficiência do sistema de lodos ativados depende, dentre outros fatores, da capacidade de floculação, da biomassa ativa e da composição dos flocos formados (JORDÃO et al, 2005). Flocos ideais são classificados como sendo predominantemente de média e grande dimensão, firmes, redondos, com aspecto compacto e com uma quantidade equilibrada de bactérias filamentosas (CAVALCANTI, 2012).

Embora os organismos filamentosos sejam importantes na estrutura do floco, seu crescimento excessivo não permite a sedimentação do lodo ativo, resultando em um intumescimento filamentoso ou "bulking" (CORDI et al, 2007). Já a predominância de organismos formadores de floco dificulta a formação de um floco rígido, tornando-o pequeno e fraco, com má sedimentabilidade, denominados "pin-point floc" (SPERLING, 2002).

Entretanto, os componentes da microfauna (protozoários e micrometazoários) têm importante função por serem extremamente sensíveis às alterações no sistema, como as condições físico-químicas e ambientais, tornando-se assim ótimos bioindicadores da eficiência do sistema (CORDI et al, 2007). A grande maioria dos autores, dentre eles Jenkins et al (1993), Madoni (1994), Figueiredo et al (1997) e Bento et al (2000) agrupam a microfauna presente no lodo ativado conforme descrito na Tabela 1.

A análise microscópica qualitativa, dos aspectos gerais dos flocos e a identificação das espécies dominantes, mostram-se suficiente para a caracterização imediata das condições depurativas do sistema de tratamento (BENTO et al, 2005; HERMOSO et al, 2004). Desse modo, a presença desses microrganismos pode ser utilizada como indicador biológico das condições e eficiência do processo, visto que a microfauna pode ser facilmente observada ao microscópio óptico.

O trabalho teve como objetivo caracterizar a estrutura dos flocos biológicos e a identificar os organismos que compõem a microfauna dos tanques de aeração de uma ETE industrial do tipo lodos ativados, relacionando aos parâmetros físico-químicos e à eficiência do processo.

## 2 Metodologia

As amostras de lodo ativo foram fornecidas por uma indústria de bebidas, localizada no município de Santa Maria – RS, a qual emprega o sistema de lodos ativados por aeração prolongada para tratamento de seus efluentes.

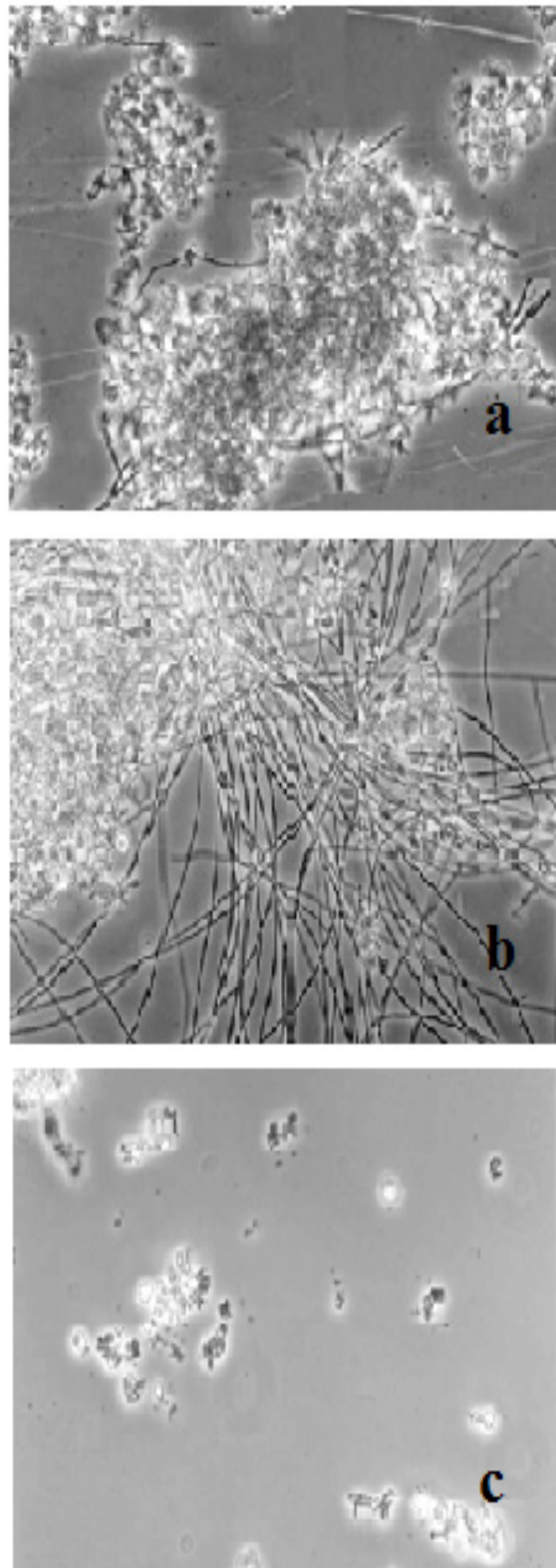
A amostragem foi realizada semanalmente por um período de seis meses, tendo início em maio de 2012 e término em outubro de 2012. Para cada amostragem foram coletados 10 ml de lodo ativo do tanque de aeração utilizando um frasco de vidro e analisada com prazo máximo de 2 horas, a fim de assegurar a vitalidade de toda comunidade microbiana presente no lodo (CETESB, 1985).

As análises microscópicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Curso de Eng. Ambiental e Sanitária – UNIFRA. Para a visualização óptica foram empregadas lâminas e lamínulas de vidro, usando preparações simples a fresco, analisando-se a estrutura, densidade dos flocos, identificação e predominância de microrganismos (HERMOSO et al, 2004). As análises qualitativas foram realizadas em duas etapas, conforme a seguinte descrição:

1) Caracterização da estrutura dos flocos pela densidade de filamentos, classificando-os em floco ideal, intumescido ou pin-point, utilizando-se aumento de 100X. A figura 1 ilustra aspectos dos flocos de lodo ativado encontrados em exame microscópicos conforme a classificação proposta no Manual da CETESB (1997);

2) Em seguida, realizaram-se as análises de identificação e de predominância de microrganismos, empregando a técnica de visualização simples, descrita no Manual Técnico da CETESB (1985), utilizando-se aumento de 400X, e analisando seu indicativo de condições de depuração, descrito no mesmo manual.

Dados de análises físico-químicas, como Demanda Química de Oxigênio (DQO), Índice Volumétrico do Lodo (IVL), pH e Oxigênio Dissolvido foram fornecidos pela indústria de bebidas, a qual realiza essas análises em laboratório próprio. Esses dados podem ser vistos na tabela 2.



**Figura 1** – Aspectos dos flocos de lodo ativado. (a) Floco Ideal, (b) Floco intumescido e (c) Floco Pin Point. Adaptado de Figueiredo et al (1997).

Tabela 2 – Dados de OD, IVL, pH do lodo biológico nos tanques de aeração e de eficiência de remoção de DQO no processo nas respectivas semanas de amostragem e análise qualitativa.

<b>Semana</b>	<b>OD (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>IVL (ml g<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>DQO (% remoção)</b>
1	0,23	177	7,5	98,7
2	1,25	178,31	7,6	97,2
3	0,21	205,57	7,9	98,7
4	0,27	149,8	8,1	95,0
5	0,19	166,02	8,1	89,7
6	0,44	178,7	8,0	94,4
7	0,2	174,91	7,6	98,2
8	0,25	182,49	7,5	98,5
9	0,46	184,21	7,8	98,1
10	2,62	175,1	7,8	98,1
11	0,56	179,6	7,6	95,9
12	2,17	182,65	8,0	95,0
13	2,36	170,86	8,2	96,8
14	2,67	219,9	8,1	92,1
15	2,68	231,7	8,1	99,1
16	2,27	193,88	7,7	98,9
17	1,07	180,27	8,4	99,5
18	0,53	160,74	7,4	99,1
19	2,59	149,65	7,4	95,1
20	1,36	158,17	7,6	97,7
21	1,29	175,62	7,7	93,1
22	1,8	161	7,8	98,3
23	0,13	185,18	7,4	98,9

### 3 Resultados e discussão

Durante o período de desenvolvimento deste trabalho foi possível identificar microrganismos dos grupos de Tecamebas (TAMB), Rotíferos (ROT), Ciliados Fixos (CF) e Ciliados Livre-Natantes (CLN), e a estrutura do floco entre ideal e intumescido, como mostram a figura 2 e 3, respectivamente.

A microfauna do tanque de aeração do sistema mostrou-se composta por organismos dos grupos de Tecamebas e Rotíferos, com 100% de frequência, além de Ciliados Fixos e Ciliados Livre-Natantes, como mostra a tabela 3. A presença desses microrganismos permite caracterizar o processo com elevada idade do lodo e boa qualidade de depuração, ou seja, eficiência no tratamento (BENTO et al, 2005; CORDI et al, 2007). A Tabela 4 mostra os principais gêneros encontrados de cada grupo de microrganismos.

Nas três últimas semanas de análises microscópicas observou-se uma significativa diminuição no número de rotíferos, comparando-se com o restante do período de observação, e um grande aumento na quantidade de ciliados natantes. Este tipo de alteração deve-se a mudanças da qualidade do efluente que chega aos tanques de aeração, pois a microfauna se adapta a novas condições, estabelecendo então uma nova densidade populacional, pois de acordo com estudo de Cordi et al (2007), o excesso de carga orgânica pode resultar em alterações abruptas na microbiota adaptada.

A caracterização da estrutura dos flocos apre-

sentou uma boa formação dos mesmos em 65,3% do período de estudo e 34,7% intumescido no restante do tempo, como mostra a Tabela 5.

Como mostra a figura 4, nas análises em que o lodo foi caracterizado como intumescido o nível de OD estava abaixo de 0,5 mg L<sup>-1</sup> em 87,5% dos casos, comprovando que em baixo OD, entre 0,1 e 0,5 mg L<sup>-1</sup>, as bactérias filamentosas se desenvolvem melhor. A faixa ideal de OD é considerada entre 1 a 3 mg L<sup>-1</sup>, o que coincidiu com a boa estrutura do floco em 73,4% dos eventos do período amostral, o que é coerente, pois o aumento de oxigênio, não excessivo, implica em maior eficiência e melhor formação do floco (LIMA et al, 2011; OLIVEIRA et al, 2009).

Quanto ao IVL, este encontrou-se entre 149,65 e 231,7 ml g<sup>-1</sup>, estando abaixo de 200 ml g<sup>-1</sup> em 86,9% do tempo, caracterizando flocos com boa formação, pois o IVL ideal caracteriza-se entre 50 e 150 ml g<sup>-1</sup> e a partir de 200 ml g<sup>-1</sup> há um começo de intumescimento, o que ocorreu quando o IVL foi mais alto, porém não chegou a níveis críticos, visto que neste caso o IVL pode chegar a 800 ml g<sup>-1</sup> (LIMA et al, 2011).

Para o pH e remoção de DQO pode-se, também, caracterizar o bom funcionamento do sistema de lodos ativados. Em média, a DQO teve 96,8% de eficiência de remoção, e o pH permaneceu na faixa ideal, entre 6 a 9, durante todo o período, comprovando, assim, a eficiência do processo (BENTO et al, 2005; LIMA et al, 2011).

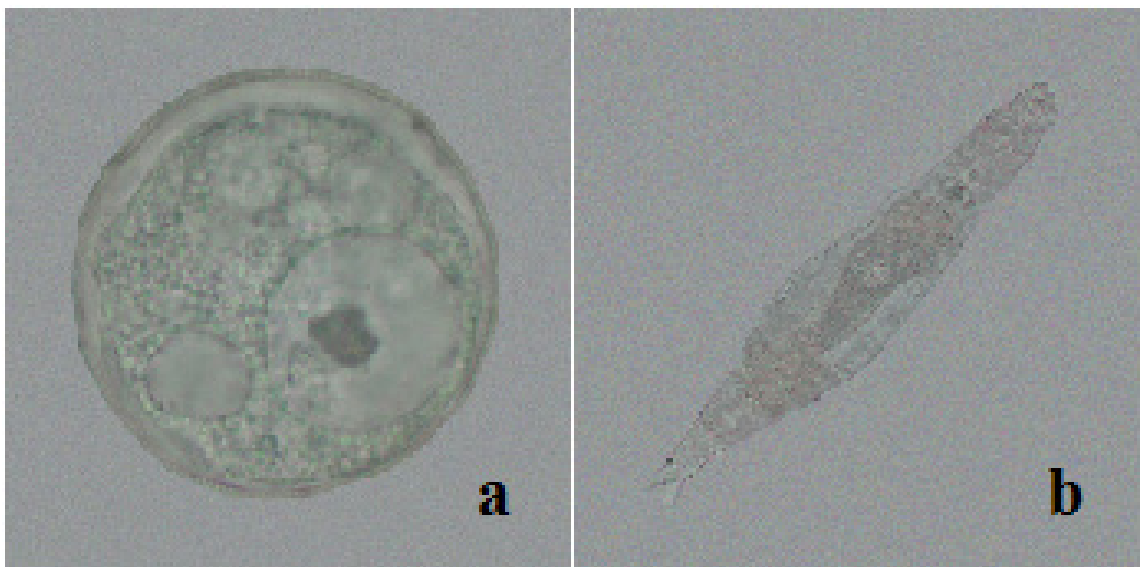


Figura 2 – Microrganismos encontrados no lodo ativado. (a) Tecameba (Arcella), (b) Rotífero (Philodina), (c) Ciliado Fixo (Vorticella) e (d) Ciliado Livre-Natante (Aspidisca).....  
..continua..

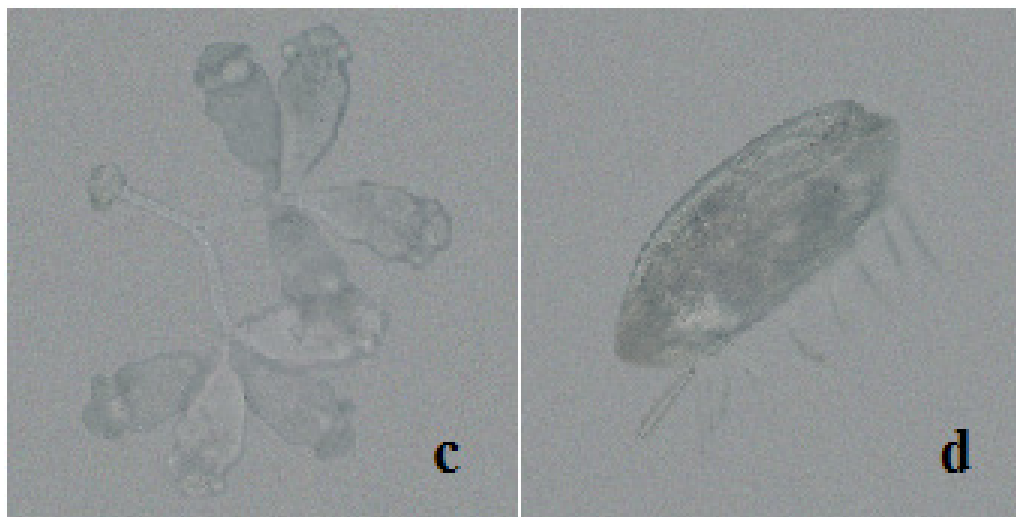


Figura 2 – continuação...Microorganismos encontrados no lodo ativado. (a) Tecameba (Arcella), (b) Rotífero (Philodina), (c) Ciliado Fixo (Vorticella) e (d) Ciliado Livre-Natante (Aspidisca).

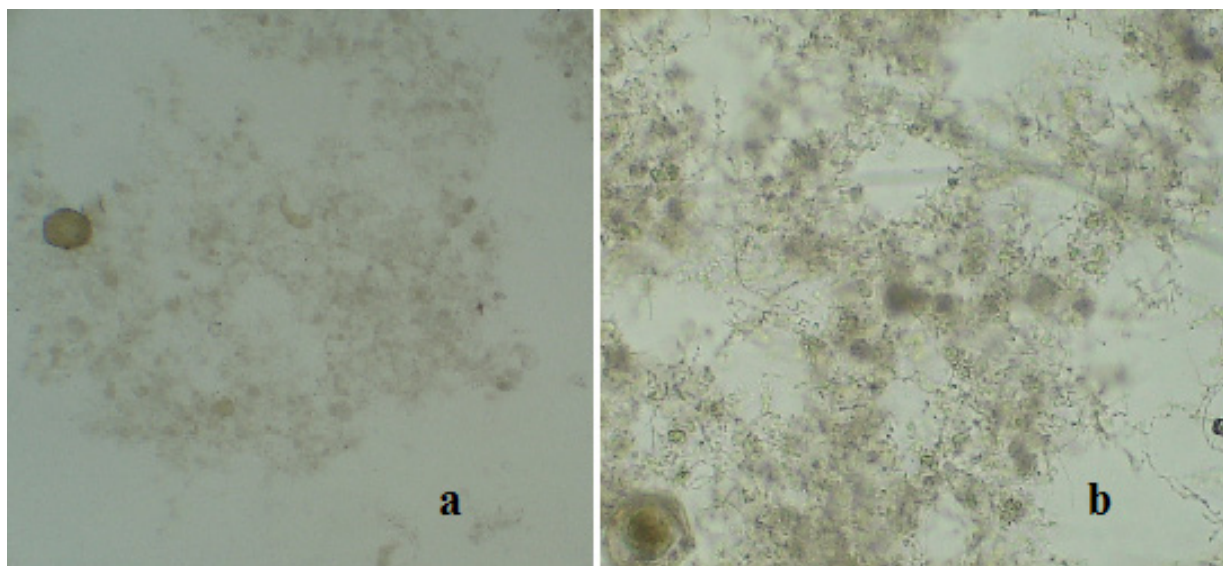


Figura 3 – Aspectos identificados dos flocos do lodo ativado. (a) Floco Ideal e (b) Floco intumescido.

Tabela 3 – Frequência dos grupos identificados na microfauna do tanque de aeração durante o período de estudo.

<b>Grupo</b>	<b>Frequência (%)</b>
Tecamebas	100
Rotíferos	100
Ciliados Fixos	91,7
Ciliados Livre-natantes	70,9

Tabela 4 – Gêneros dos diferentes grupos de organismos identificados na microfauna do tanque de aeração.

<b>Grupo</b>	<b>Gêneros</b>
Tecamebas	<i>Euglypha tuberculata</i> <i>Arcella vulagaris</i> <i>Arcella discoides</i> <i>Arcella dentata</i>
Rotíferos	<i>Philodina roséola</i>
Ciliados Fixos	<i>Epiphanes brachionus</i> <i>Epistylis plicatilis</i> <i>Vorticella aequilata</i> <i>Vorticella microstoma</i>
Ciliados Livre-natantes	<i>Aspidisca costata</i> <i>Euplotes patella</i>

Tabela 5 - Resultados da caracterização da estrutura dos flocos biológicos durante o período de estudo.

<b>Semana</b>	<b>Estrutura dos flocos</b>	<b>Semana</b>	<b>Estrutura dos flocos</b>
<b>1</b>	Intumescido	<b>13</b>	Intumescido
<b>2</b>	Ideal	<b>14</b>	Ideal
<b>3</b>	Intumescido	<b>15</b>	Ideal
<b>4</b>	Intumescido	<b>16</b>	Ideal
<b>5</b>	Intumescido	<b>17</b>	Ideal
<b>6</b>	Intumescido	<b>18</b>	Ideal
<b>7</b>	Ideal	<b>19</b>	Ideal
<b>8</b>	Intumescido	<b>20</b>	Ideal
<b>9</b>	Intumescido	<b>21</b>	Ideal
<b>10</b>	Ideal	<b>22</b>	Ideal
<b>11</b>	Ideal	<b>23</b>	Ideal
<b>12</b>	Ideal		



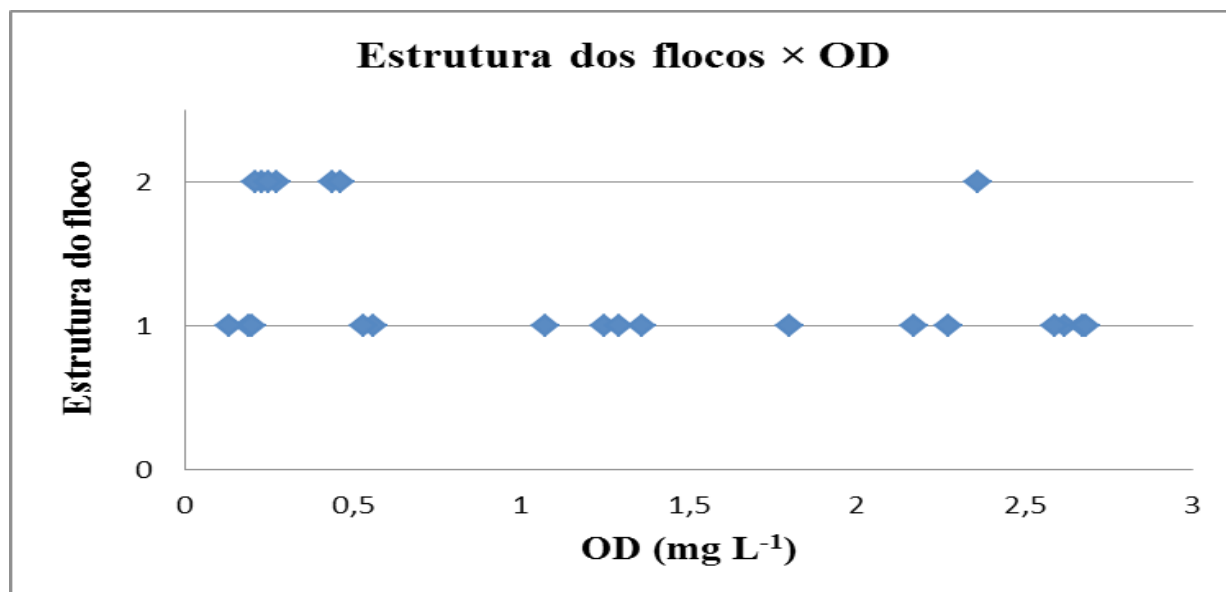


Figura 4 – Relação entre o Oxigênio Dissolvido (OD) e a Estrutura do floco biológico, onde 1 é Ideal e 2 Intumescido.

## Conclusão

A microbiota do lodo ativo mostrou-se composta por diferentes gêneros de organismos dos grupos de Tecamebas, Rotíferos, Ciliados Fixos e Ciliados Livre-Natantes, e quanto à estrutura, os flocos mostraram características de formação ideal e de intumescimento.

A análise qualitativa da estrutura do floco biológico mostrou-se importante para a identificação de casos de intumescimento do lodo, evidenciado quando analisados com os parâmetros de OD e IVL, os quais estão diretamente ligados com as condições de sedimentabilidade.

Embora as análises de microfauna e caracterização do floco sejam ainda tão pouco utilizadas no Brasil, podem ser de extrema utilidade para uma melhor compreensão e otimização do processo que ocorre nos reatores biológicos.

A caracterização da estrutura dos flocos e densidade de filamentos é indispensável quando há um problema de intumescimento do lodo. Porém, as análises microbiológicas não devem substituir as análises físico-químicas, mas sim complementá-las.

## Referências

BENTO, A. P.; et al. Caracterização da Microfauna em Estação de Tratamento de Esgotos do Tipo Lodos Ativados: Um Instrumento de Avaliação e Controle do Processo. *Revista Engenharia*

*Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 329-338. 2005.

BENTO, A.P.; PHILIPPI, L.S. Caracterização da microfauna na avaliação da remoção de nitrogênio e matéria orgânica em um sistema de tratamento por lodos ativados. In: *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9, 2000. Porto Seguro, Anais. Porto Seguro, ABES. p. 678-687. 2000.

CAVALCANTI, J. E. W. A. *Manual de Tratamento de Efluentes Industriais*. 2 ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2012.

CETESB. *Manual Técnico da microbiologia para sistemas de lodos ativados operando com esgotos domésticos*. São Paulo, SP, 1985. 43 p.

CORDI, L.; et al. Intumescimento Filamentoso no Processo de Lodos Ativados Aplicado ao Tratamento de Soro de Queijo: Caracterização e Uso de Floculantes para Melhorar a Sedimentabilidade. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 4, n. 2, p. 026-037, jul./dez. 2007.

CYBIS, L.F., PINTO, C.R.R. Protozoários e metazoários presentes em reatores sequenciais em batelada (RSB) observados no processo de nitrificação. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19, 1997. Foz do Iguaçu, Anais. Foz do Iguaçu, ABES. p. 793-802. 1997.

- FIGUEIREDO, M. G.; DOMINGUES, V. B. Microbiologia de Lodos Ativados. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo: CETESB, 48 p. 1997.
- HERMOSO, A. R., et al. Correlação entre a Microfauna e Parâmetros Físico-químicos de um Sistema de Lodos Ativados de uma Indústria de Refrigerantes. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004. Florianópolis, Anais. Florianópolis, ICTR. p. 1470-1479. 2004.
- JARDIM, F. A.; BRAGA, J. M. S.; MESQUITA, M. M. S. Avaliação da Eficiência do Tratamento Biológico de Esgotos Através da Caracterização da Microbiota da ETE Fonte Grande - Contagem – MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, 1997. Foz do Iguaçu, Anais. Foz do Iguaçu, ABES. p. 1-16. 1997.
- JENKINS, D., RICHARD, M.G., DAIGGER, G.T. Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming. 2 ed. Chelsea, Michigan: Lewis Publishers, Inc., 193 p. 1993.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4 ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 2005.
- LIMA, U. A.; et al. Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e enzimáticos. 1 ed., vol. 3. São Paulo: Blücher, 2011.
- MADONI, P. A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, v. 28, n. 1, p. 67-75, 1994.
- MOTTA, M.; et al. Characterisation of activated sludge by automated image analysis. *Biochemical Engineering Journal*, v.9, p.165-173. 2001.
- OLIVEIRA, G. S. S. et al. Microbiologia de sistema de lodos ativados e sua relação com o tratamento de efluentes industriais: a experiência da Cetrel. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.14, n.2, p. 183-192. abr/jun 2009.
- SPERLING, M. V. Lodos Ativados: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.