

## II-026 – CARACTERIZAÇÃO DA MICROFAUNA EM UM REATOR DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR)

**Railene Pezente Zilli<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Gerente de projetos da empresa Ycatu Engenharia.

**Virgínia Grace Barros**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Doutora em Ciências Ambientais – Università Ca' Foscari di Venezia. Professora do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UDESC-Joinville.

**Humberto Gracher Riella**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Tecnologia Nuclear pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor em Maschinenbauingenier - Universität Karlsruhe (1983). Professor Permanente do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Antônio Ramos Alvim, 422 - Floresta - Joinville - SC - CEP: 89211-460 - Brasil - Tel: (47) 3063 2863 - e-mail: raizilli@yahoo.com.br

### RESUMO

O reator de leito móvel com biofilme (MBBR) tem se estabelecido como um processo simples, porém robusto e flexível, além de ser uma tecnologia compacta para tratamento de efluentes. Este processo utiliza elementos suportes para fixação do biofilme, mantidos em suspensão no reator através de sistemas de aeração ou agitadores mecânicos, empregando microrganismos em suspensão e aderidos aos meios suportes, aumentando a quantidade de biomassa contida no reator. Além das bactérias, principais responsáveis pela remoção de matéria orgânica e nitrificação, são encontrados no biofilme diversos protozoários e micrometazoários. Estes atuam como polidores do efluente. Contudo, estas informações estão sempre vinculadas com sistemas de crescimento de biomassa em suspensão. Sendo assim, este trabalho buscou caracterizar a microfauna presente em um MBBR submetido a diferentes condições experimentais, variando-se a velocidade superficial do ar e o tempo de retenção hidráulica. O biofilme foi observado através de análises microscópicas. O meio suporte utilizado, contendo  $490 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$  de área superficial específica interna, foi introduzido no reator biológico de acordo com uma razão  $V_s/V_R$  (razão entre o volume de meio suporte e o volume do reator) de 25%. Após o reator biológico, alimentado com efluente sanitário, foi instalado um decantador para separação do efluente tratado do lodo excedente. O MBBR foi operado por um período total de 120 dias, sendo que cada condição experimental operou por 30 dias. As velocidades superficiais do ar empregadas foram de 1,78 e 3,57  $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$  e os tempos de retenção hidráulica de 8,33 e 12,00 h. A concentração de sólidos suspensos totais no meio reacional foi em média de  $218 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , característicos de sistemas MBBR. As microscopias realizadas no período de testes mostraram o desenvolvimento de um biofilme fino e denso, recobrindo somente a superfície interna do meio suporte, sendo esta última uma característica de MBBRs que utilizam baixas concentrações de meio suporte. Foi notado o crescimento expressivo do biofilme somente na parte interna do meio suporte, suportando a premissa de que no projeto de reatores MBBR deve-se levar em consideração apenas a área interna protegida do suporte. Foi observada também a predominância de rotíferos, indicativos de alto tempo de retenção celular. Outros microrganismos recorrentes nas microscopias foram os ciliados fixos e os ciliados livres natantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microfauna, MBBR, Biofilme.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, o reator de leito móvel com biofilme (MBBR) tem se estabelecido como um processo simples, porém robusto e flexível, além de ser uma tecnologia compacta para tratamento de efluentes. O processo MBBR tem demonstrado sucesso quando aplicado na remoção da demanda bioquímica de oxigênio

(DBO), oxidação da amônia e remoção de nitrogênio, em diferentes configurações de tratamento. Esta tecnologia foi concebida para atender uma ampla faixa de qualidade do efluente, incluindo limites de nutrientes (Water Environment Federation, 2011).

O processo MBBR utiliza elementos suportes para fixação do biofilme mantidos em suspensão no meio reacional através do emprego de sistemas de aeração, recirculação de líquido ou agitadores mecânicos. Este processo, portanto, emprega microrganismos decompositores tanto em suspensão na massa líquida, como também aderidos aos meios suportes, aumentando a quantidade de biomassa contida no reator (Water Environment Federation, 2011).

Além das bactérias, principais responsáveis pela remoção de matéria orgânica e nitrificação, são encontrados no biofilme protozoários ciliados fixos ou livres, flagelados e amebas, além de micrometazoários como anelídeos, rotíferos, nematóides e tardígrados. Estes atuam como polidores do efluente, consumindo bactérias dispersas que não floculam e partículas de flocos biológicos. A presença da microbiota é um indicativo das condições de depuração do sistema, sendo, portanto um bom indicador biológico (CORDI et al., 2010).

Contudo, estas informações estão sempre vinculadas com sistemas de crescimento de biomassa em suspensão, como os lodos ativados. No caso da biomassa aderida (biofilmes) não existe muito conhecimento a respeito da importância ou relação desses microrganismos com as questões operacionais, sobretudo quando se trata do processo de nitrificação no tratamento terciário (VENDRAMEL, 2009).

Desta forma, com a intenção de caracterizar a microfauna presente em um MBBR, o biofilme desenvolvido em diferentes condições experimentais foi submetido a análises microscópicas. Nas condições experimentais estudadas foram variadas a velocidade superficial do ar e o tempo de retenção hidráulica (TRH) do reator.

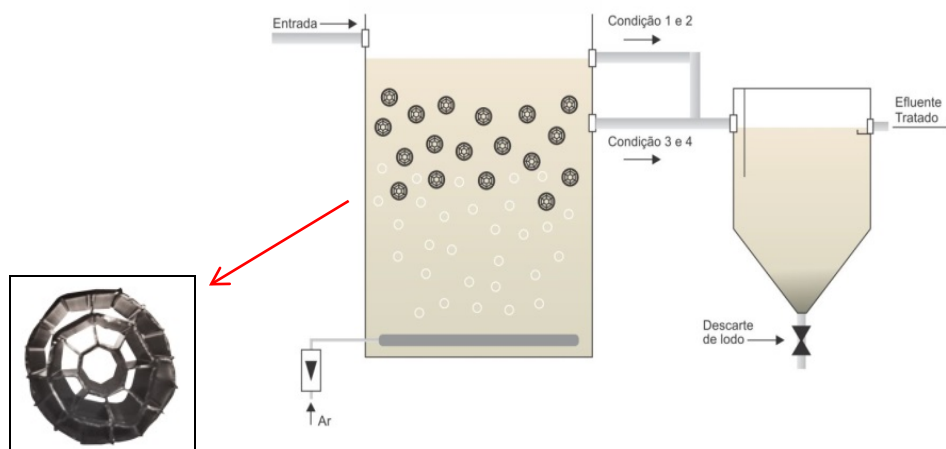
## MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios para avaliação do desempenho do processo MBBR foram conduzidos em um sistema piloto, apresentado na Figura 1, composto de um reator de leito móvel com biofilme (37,84 L) seguido de um decantador (7,11 L), ambos confeccionados em acrílico.

O meio suporte utilizado neste trabalho, B&F Oxring, mostrado na Figura 1, possui formato cilíndrico com ranhura externa, diâmetro de 2,50 cm e altura de 1,50 cm, sendo produzido em PEAD (polietileno de alta densidade) com uma densidade de  $0,96 \text{ g.cm}^{-3}$ . Este suporte fornece uma área superficial total de  $641 \text{ m}^2.\text{m}^{-3}$ , mas como critério de projeto adotou-se apenas a área superficial interna para adesão da biomassa, a qual é de  $490 \text{ m}^2.\text{m}^{-3}$ . Neste experimento foi utilizada uma razão  $V_s/V_R$ , razão entre o volume de meio suporte e o volume do reator, igual a 0,25, resultando em uma superfície específica de  $122,50 \text{ m}^2.\text{m}^{-3}$  (em relação ao volume do reator).

O MBBR do tipo completamente misturado era alimentado continuamente com efluente sanitário através de uma bomba dosadora, modelo FCE 0505, com vazão ajustada para  $3,00 \text{ L.h}^{-1}$ . O ar era distribuído dentro do reator através de um difusor tubular do tipo bolha fina e soprador modelo LP 40A, sendo a vazão ajustada através de um rotâmetro.

A vazão de alimentação do efluente sanitário,  $3 \text{ L.h}^{-1}$ , foi mantida constante ao longo das condições experimentais. Para variação do tempo de retenção hidráulica foi alterado o nível de líquido dentro do reator. No nível de saída 1, aplicado para as condições 1 e 2, a altura útil foi de 0,428 m resultando em um volume útil de 36,00 L. O nível de saída 2, o qual possuía altura útil de 0,297 m e volume útil de 25,00 L, foi utilizado para as condições 3 e 4.



**Figura 1 - MBBR Piloto: reator de leito móvel com biofilme seguido pela unidade de decantação e meio suporte B&F Oxring.**

## INÍCIO DA OPERAÇÃO

Com o intuito de proporcionar o desenvolvimento do biofilme nos meios suportes, o reator foi operado em regime contínuo durante 30 dias. Para isso, foram acrescentados ao reator os meios suportes virgens ( $V_S/V_R = 25\%$ ), inóculo na proporção de 10% do volume do reator, e por fim, completado o volume deste (36,00 L) com efluente sanitário bruto, sendo mantido em batelada por 24 horas. O sistema foi alimentado diariamente com efluente sanitário. Após o desenvolvimento do biofilme, iniciou-se o estudo e o monitoramento de quatro diferentes condições experimentais impostas ao sistema.

No início de cada condição experimental, o MBBR foi inoculado com lodo biológico na proporção de 10% do volume do reator e o volume de meio suporte mantido na razão  $V_S/V_R$  de 25%. Em seguida, o volume do reator foi completado com efluente sanitário para 36 L (condição 1 e 2) ou 25 L (condição 3 e 4), conforme as condições experimentais investigadas. Após completado o volume do reator com efluente, a concentração inicial de sólidos suspensos totais no volume reacional foi em média de  $670 \text{ mg.L}^{-1}$ . O reator foi mantido em batelada pelo período de 24 horas e após este período a sua operação foi em modo contínuo, com vazão de alimentação de efluente constante de  $3,00 \text{ L.h}^{-1}$ .

## MICROSCOPIA

Observações da biomassa aderida ao suporte foram realizadas em microscópio óptico Nikon modelo Eclipse E200, acoplado a uma câmera Sony cyber-shot. Amostras de biofilme foram obtidas removendo-se manualmente, com auxílio de uma agulha, o material aderido ao suporte, sendo este transferido para uma lâmina (DIAS, 2011). O volume das amostras foi de aproximadamente  $0,1 \text{ mL}$ . Após transferência para a lâmina de microscópio, a amostra foi coberta por uma lamínula.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

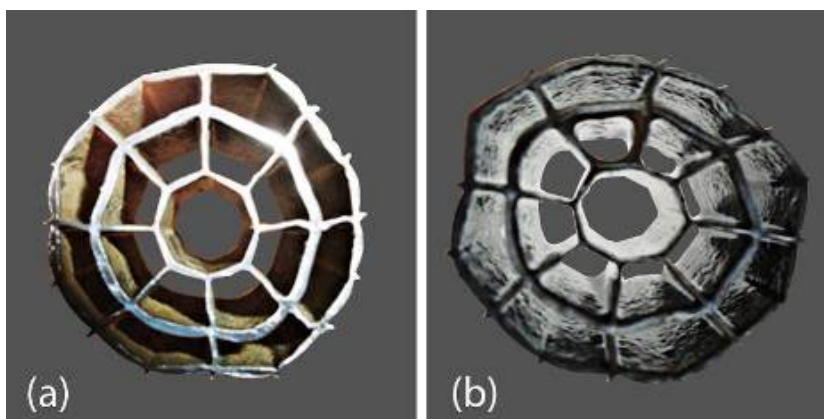
O desenvolvimento do biofilme sobre o meio suporte ocorreu após três dias do início da fase de aclimação, a qual foi mantida por um período de 30 dias. Em seguida foram iniciadas as condições experimentais. A Tabela 1 apresenta as condições de tempos de retenção hidráulica (TRH) e velocidade superficial do ar ( $U_G$ ) empregadas no estudo do sistema MBBR. O MBBR piloto foi operado com a presença de um decantador e sem o reciclo de lodo. Desta forma, o descarte de lodo era feito diariamente do fundo da unidade de sedimentação.

**Tabela 1 – Condições operacionais adotadas para o estudo do MBBR.**

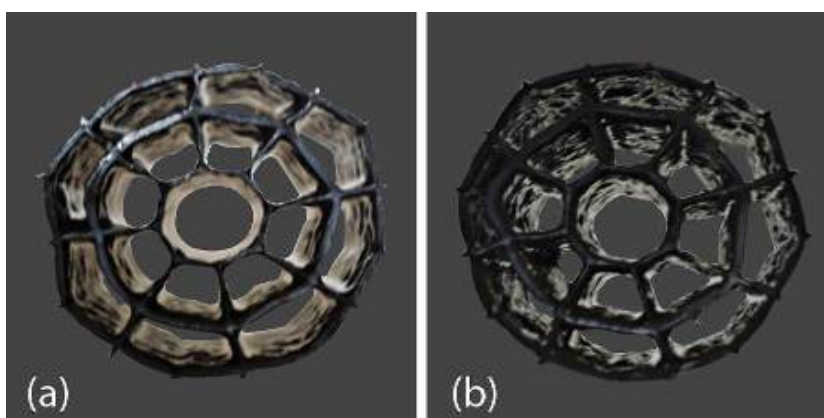
Experimento	Velocidade superficial do ar ( $U_G$ ) ( $m.h^{-1}$ )	Tempo de retenção hidráulica (TRH) (h)	COS ( $gDQO.m^{-2}.d^{-1}$ )
1	3,57	12,00	$6,45 \pm 3,24$
2	1,78	12,00	$6,33 \pm 1,58$
3	3,57	8,33	$8,51 \pm 1,34$
4	1,78	8,33	$6,73 \pm 2,40$

Foi observada uma baixa concentração de sólidos em suspensão, durante as condições experimentais estudadas, sendo esta uma característica do processo MBBR, uma vez que a maioria da biomassa presente no reator encontra-se aderida ao meio suporte. A concentração de sólidos suspensos totais no meio reacional foi em média de  $218 mg.L^{-1}$ .

Para avaliação da microfauna existente no MBBR piloto foram realizadas análises microscópicas, semanalmente, da biomassa aderida ao meio suporte. As Figuras 2 e 3 mostram o meio suporte coberto pelo biofilme.



**Figura 2 - Desenvolvimento do biofilme sobre toda a superfície interna do meio suporte. (a) Condição experimental 1 e (b) Condição experimental 2.**



**Figura 3 - Desenvolvimento do biofilme sobre toda a superfície interna do meio suporte. (a) Condição experimental 3 e (b) Condição experimental 4.**

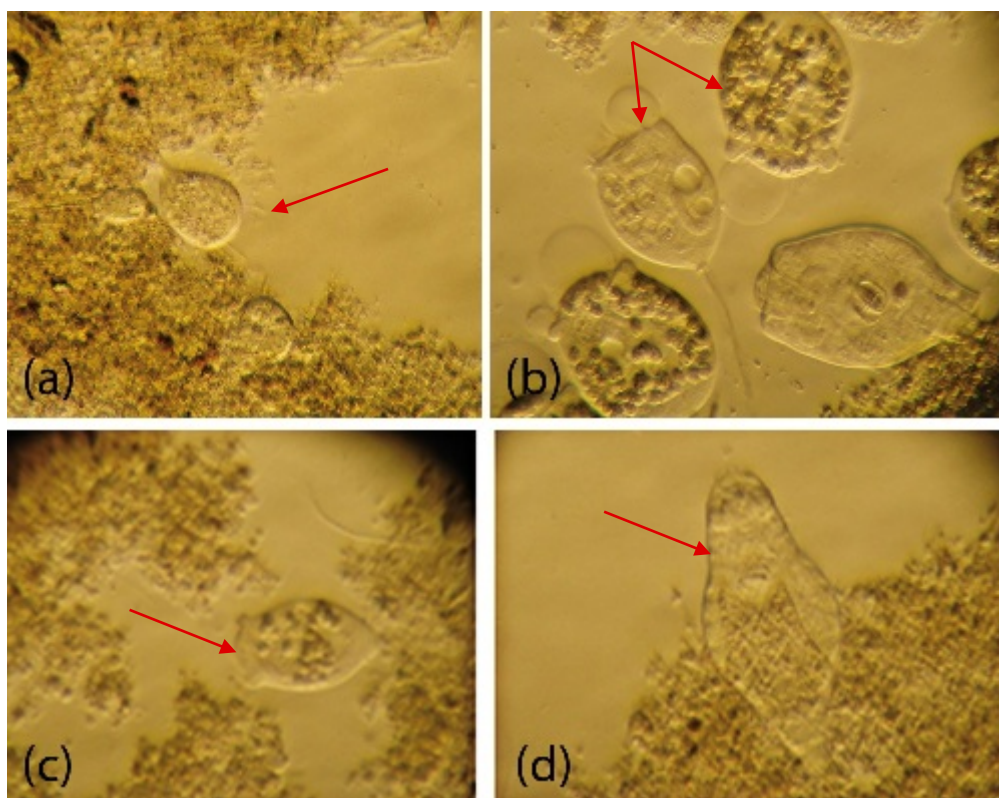
Estas análises revelaram o desenvolvimento de um biofilme fino, compacto e com a presença de poucos filamentos, não sendo observado crescimento do biofilme na área externa do meio suporte. Cabe ressaltar, que nas condições 3 e 4 foi observada uma maior quantidade de bactérias filamentosas do que nas condições



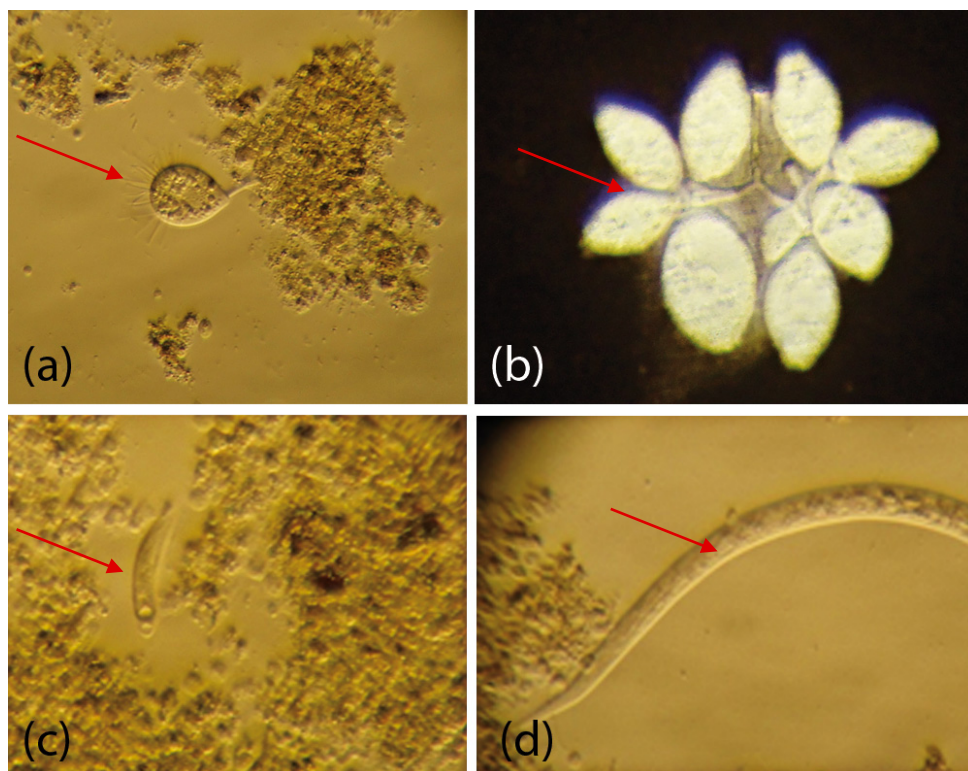
experimentais anteriores. No entanto, o desenvolvimento de tais microrganismos não influenciou negativamente no processo.

Nos estudos feitos por Wang, Wen e Qian (2005), foi observado que em baixas concentrações de meio suporte, em torno de 20%, toda a superfície do meio suporte é coberta pelo biofilme, enquanto que em razões  $V_S/V_R$  igual a 50% o biofilme se desenvolve apenas nas fendas e fissuras do meio suporte. Como a razão  $V_S/V_R$ , no trabalho em questão, foi de 25%, observou-se que o biofilme ocupou toda a superfície interna do meio suporte, conforme observado por Wang, Wen e Qian (2005).

Em geral, foi visualizada uma grande quantidade de ciliados fixos e rotíferos, além de ciliados livres natantes, nematóides e tecamebas. As fotos inseridas nas Figuras 4 e 5 apresentam alguns resultados das microscopias realizadas para as condições experimentais 1 e 2, respectivamente.



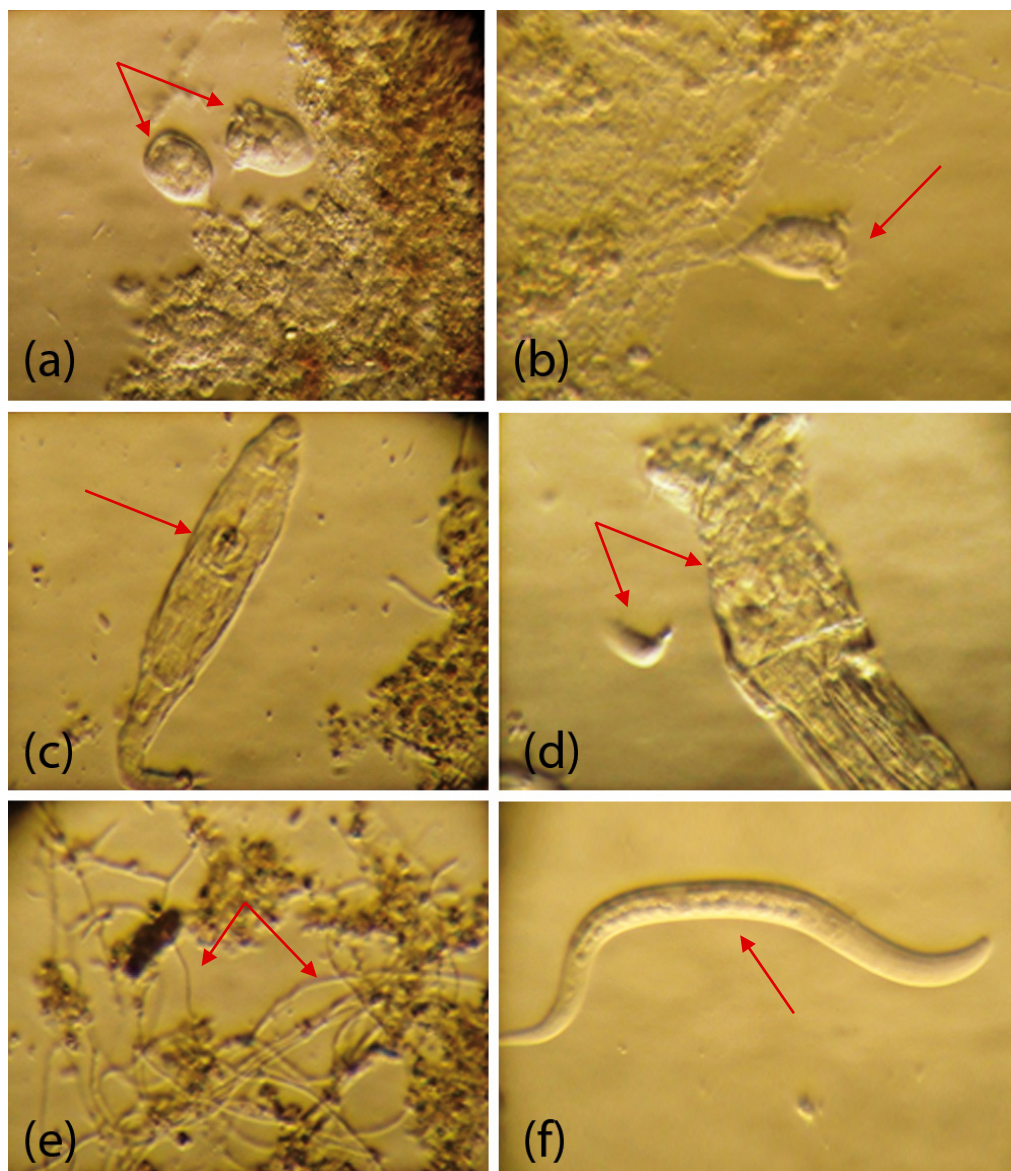
**Figura 4 – Microscopias, aumento de 20x ao microscópio, evidenciando os rotíferos e ciliados fixos encontrados no biofilme gerado ao longo da condição experimental 1. (a) Suctória e (b) e (c) Ciliados fixos, (d) Rotífero.**



**Figura 5 - Microscopias, aumento de 20x ao microscópio, evidenciando os rotíferos, ciliados fixos, tecameba e nematóide encontrados no biofilme gerado ao longo condição experimental 2. (a) Suctória e (b) Colônia de ciliados fixos, (c) Ciliado Livre Natante e (d) Nematóide.**

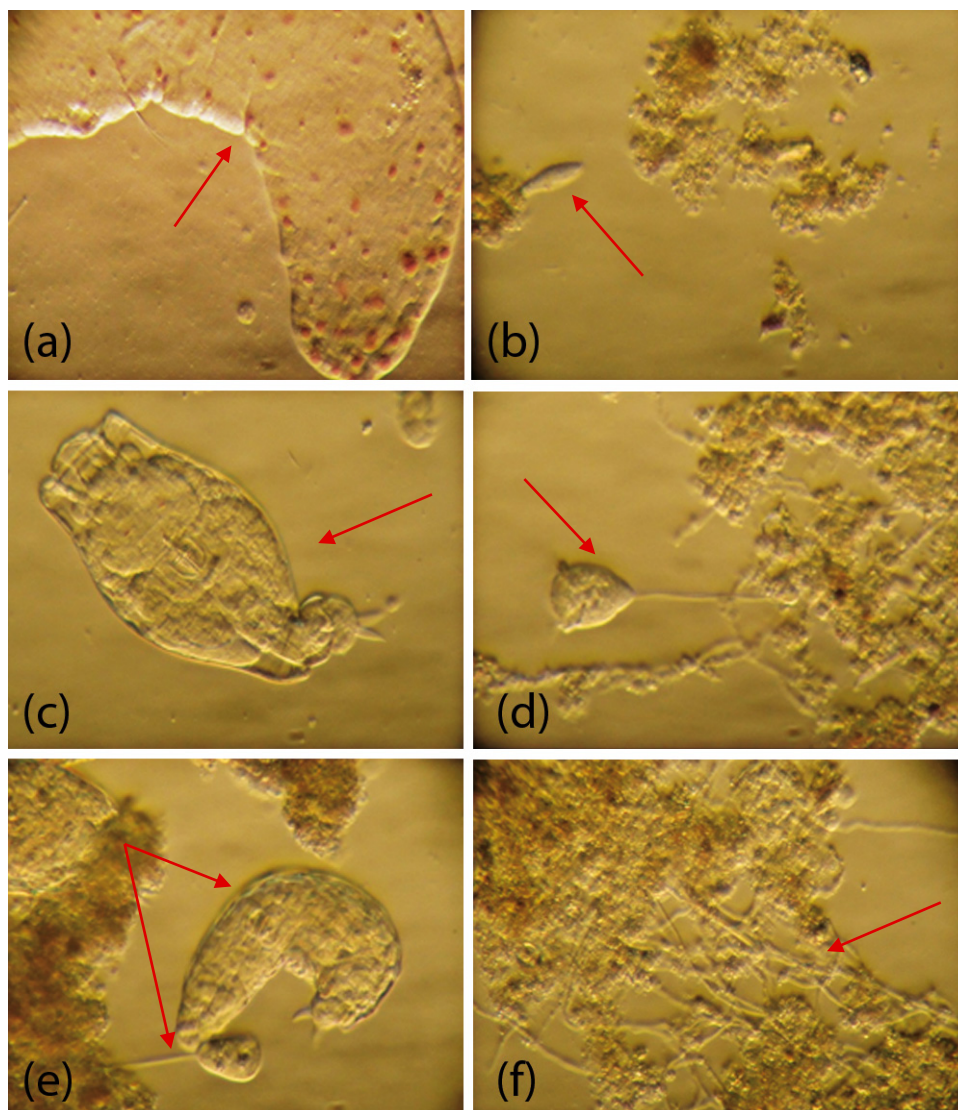
Na condição 1 houve predominância de rotíferos (*Rotaria* sp.) e ciliados fixos (*Podophrya* sp., *Epystilis* sp.). Já na condição 2, ocorreu a predominância de rotíferos (*Rotaria* sp.) e ciliados livres natantes (*Litonotus* sp.), visto que a quantidade de ciliados fixos (*Podophrya* sp.) diminuiu em relação a condição anterior. Além disso, apareceram algumas tecamebas (*Arcella* sp.) e no último dia desta condição experimental foi observada a presença de nematóides (*Rhabdtis* sp.).

Com relação à microfauna observadas nas condições experimentais 3 e 4, foram observados, em maior quantidade, ciliados fixos, rotíferos e ciliados livres natantes; em menor quantidade foram visualizados ciliados predadores de floco, aelosomas e anelídeos. Nas Figuras 6 e 7 podem ser visualizados alguns dos protozoários e micrometazoários observados nas microscopias realizadas para as condições 3 e 4.



**Figura 6 - Microscopias, aumento de 20x ao microscópio, evidenciando os rotíferos e ciliados fixos encontrados no biofilme gerado ao longo da condição experimental 3. (a) e (b) Ciliado fixo, (c) Rotífero, (d) Ciliados livre natante e Rotífero e (e) Filamentos presentes no biofilme (f) Nematóide.**





**Figura 7 - Microscopias, aumento de 20x ao microscópio, evidenciando os rotíferos, ciliados fixos, aelosoma e nematóide encontrados no biofilme gerado ao longo da condição experimental 4. (a) Aelosoma, (b) Ciliados livre natante, (c) Rotífero e (d) Ciliado Fixo (e) Rotífero e ciliado fixo (f) Presença de Filamentos no biofilme.**

Na condição experimental 3 houve predominância de rotíferos (*Rotaria* sp. e *Philodina* sp.), ciliados fixos (*Epystilis* sp.), livres natantes (*Litonotus* sp.) e alguns nematóides (*Rhabdtis* sp.). Na condição 4 ocorreu a predominância de rotíferos (*Rotaria* sp. e *Philodina* sp.) e ciliados livres natantes (*Litonotus* sp.). Nas últimas semanas de funcionamento surgiram alguns anelídeos (*Aelosoma* sp.). Durante esta condição também foram visualizados alguns ciliados fixos (*Epystilis* sp.) e nematóides (*Rhabdtis* sp.). Diferente das demais condições, nas condições 3 e 4 foi observada a presença de bactérias filamentosas em pequena quantidade no biofilme.

De acordo com Ødegaard (2006), um biofilme menos denso dominado por protozoários pedunculados se desenvolve sob condições de cargas orgânicas moderadas, na faixa de 10 - 15 gDQO.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>. Nos experimentos realizados com o processo MBBR foram aplicadas cargas orgânicas na faixa de 6,33 a 8,51 gDQO.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, entretanto a presença de ciliados fixos não foi pronunciada, conforme sugerido pelo referido autor. Neste trabalho, a presença de rotíferos foi mais marcante, sendo estes observados em grande quantidade em todas as condições experimentais estudadas.



Nos estudos realizados por Schneider (2010), também ocorreu o desenvolvimento mais expressivo de rotíferos, sendo empregadas cargas orgânicas compreendidas entre 1,00 e 16,40 gDQO.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> e efluente oriundo da Refinaria Duque de Caxias (REDUC) da Petrobrás.

Cabe ressaltar, que micrometazoários como rotíferos, nematóides e anelídeos indicam elevado tempo de retenção celular no processo. Por serem extremamente sensíveis às alterações no processo, os componentes da microfauna alternam-se no sistema em resposta às mudanças nas condições físico-químicas e ambientais (BENTO, 2005).

Ressalta-se, que a alternância dos componentes da microfauna é comum em sistemas biológicos, pois estes são extremamente sensíveis às alterações no processo, como mudanças nas condições físico-químicas e ambientais (CORDI et al., 2010). Adicionalmente, a presença desses microrganismos evidencia uma das principais características do ambiente desses reatores, que é a diversidade microbiana no biofilme (DOS REIS, 2007).

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As microscopias do biofilme formado no MBBR evidenciaram o desenvolvimento de um biofilme fino e denso, o qual cobriu toda a superfície interna do meio suporte, sendo esta última característica comum em biofilmes desenvolvidos em baixas concentrações de meio suporte no reator.

Não foi observado o crescimento do biofilme na área externa do meio suporte, corroborando a hipótese de que no projeto de reatores MBBR deve-se levar em consideração apenas a área interna protegida do suporte.

Pode-se concluir também, que na microfauna do reator, na maior parte do tempo, ocorreu a predominância de rotíferos, os quais indicam uma elevada idade de lodo, dentro do esperado para reatores MBBR. Outros microrganismos que foram encontrados em grande quantidade no biofilme foram ciliados fixos e ciliados livres natantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENTO, Alessandra Pelizzaro et al.. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo, Engenharia sanitária e ambiental, v. 10, p. 329-338, 2005.
2. CORDI, Livia et al. Impacto na microbiota do lodo ativado durante a aclimação com diferentes efluentes industriais, Engenharia Ambiental, v. 7, p. 03 -11, 2010.
3. DIAS, Isabelli do Nascimento. MBBR acoplado a filtro lento de areia e a osmose inversa para tratamento de efluente da indústria de petróleo visando reuso. Rio de Janeiro : [s.n.], 2011. 173 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
4. ØDEGAARD, Halvard. Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process, Water Science and Technology, v. 53, p. 17-33, 2006.
5. SCHNEIDER, Elisângela Edila. Avaliação de um reator de leito móvel com biofilme para tratamento de efluente da indústria de petróleo, com posterior ozonização acoplada a carvão ativado granular com biofilme. Rio de Janeiro : [s.n.], 2010. 215 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
6. VENDRAMEL, Simone Maria Ribas. Nitrificação de efluente industrial em reator de leito móvel com biofilme: efeito da salinidade. Rio de Janeiro : [s.n.], 2009. 226 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
7. VON SPERLING, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodos Ativados. v.4. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.
8. WANG, Rong-Chang; WEN, Xiang-Hua; QIAN, Yi. Influence of carrier concentration on the performance and microbial characteristics of a suspended carrier biofilm reactor, Process Biochemistry, v. 40, p. 2992-3001, 2005.
9. Water Environment Federation. Biofilm reactors: WEF manual of practice no. 35. Alexandria: Mcgraw Hill, 2011. 608 p.