



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

EMPREGO DE PNEU TRITURADO COMO MEIO SUPORTE DE UM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO EXPANDIDO TRATANDO EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

Danilo A dos Santos¹, Lucas T. B. Arrosti², Francisco J. C. Teran³

RESUMO

Este trabalho relata a experiência adquirida durante a operação de um reator anaeróbico de leito expandido que empregou pneu triturado como meio suporte para microrganismos, aplicado no tratamento de efluente da indústria de refrigerantes. O estudo foi dividido em três etapas em função da diminuição de tempo de detenção hidráulica imposta ao sistema. O aumento na eficiência de remoção de matéria orgânica na forma de DQO foi gradual, apresentando 93 % no final da primeira etapa, 93 % no final da segunda e 75 % de remoção no final da terceira etapa. O meio suporte mostrou-se adequado para a fixação de microrganismos conforme pode ser verificado a partir de observações microscópicas.

Palavras-chave: RALF; biofilmes; pneu triturado.

USE OF GRANULATED TREAD OF SCRAP TIRES AS SUPPORT MEDIA IN AN ANEROBIC EXPANDED BED REACTOR TREATING SOFT DRINK'S INDUSTRIAL EFFLUENTS

ABSTRACT

This study reports the experience acquired during the operation of an anaerobic expanded bed reactor that used granulated tread of scrap tires as microorganisms support media, applied to the treatment of effluent of soft drink's industry. Study was divided in three stages according to the reduction of hydraulic detention time imposed to the system. Increase in efficiency of removal of organic matter as COD was gradual, presenting 93% by the end of the first stage, 75% by the end of second stage and 75% by the end of stage number three. Support media showed adequacy for microorganisms fixation as can be seen from electronic scan microcopy topographies.

Keywords: anaerobic expanded bed reactors; biofilm; granulated tread of scrap tires

Trabalho recebido em 27/07/2010 e aceito para publicação em 28/09/2010.

¹ Engenheiro Ambiental, mestrando na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo

² Engenheiro Ambiental, mestrando no Centro De Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual De Londrina

³ Engenheiro Civil, Doutor em Hidráulica e Saneamento, professor da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente. fteran@fct.unesp.br Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP

1. INTRODUÇÃO

Com o surgimento da indústria, associando o desenvolvimento do homem e de seus conhecimentos, surgiram também os processos industriais, de complexidades diversas, que tem em sua dinâmica a água como matéria-prima de suma importância. Esses processos geram resíduos que entram em contato com águas naturais alterando suas características, passando a serem considerados como poluentes.

Os resíduos líquidos da indústria de refrigerantes, objeto deste estudo, são principalmente constituídos por carboidratos provenientes do açúcar adicionado e lipídios provenientes do pó de lavagem de caminhões. Além disso, diariamente é produzida uma descarga de água com pH igual a 15, proveniente da máquina lavadora de vasilhames de vidro. Apesar da elevada biodegradabilidade do despejo tem se notado a ausência de nutrientes o que se constitui em fator limitante para qualquer processo biológico. Os esgotos sanitários são descarregados diretamente na rede de esgotos do município.

De acordo com Portugal, LNEC (1984 apud TOMAZ, 2000, p.64) o valor médio de consumo de água por atividades ligadas a indústria de bebidas corresponde a 337 litros/dia/empregado.

A escolha do sistema de tratamento depende da análise das características do efluente a ser tratado, observando sua carga orgânica e demais parâmetros, como presença de metais pesados, substâncias tóxicas, pH, assim como a análise do processo produtivo na indústria como um todo. Considerando que Shreve & Brink Jr. (1980, apud MIERZWA & HESPANHOL, 2005) relataram que muitas vezes, a preparação e a transformação das matérias-primas em produtos finais envolvem operações bastante complexas, como transformações químicas, e também operações mais simples, como o fracionamento e embalagem de substâncias sólidas, líquidas ou gasosas.

O reator de crescimento aderido e leito expandido foi considerado o primeiro processo anaeróbio capaz de tratar esgotos diluídos à temperatura ambiente Jewell (1981, apud CHERNICHARO, 1997).

A retenção de biomassa nesses sistemas de tratamento se dá através da utilização de um meio suporte para a adesão dos microorganismos. Como meio suporte é comum a utilização de areia, antracito, resina, cascalho, PVC, dentre outros materiais, deixando em aberto um amplo campo de estudo na utilização de novos materiais, buscando eficiência no tratamento, viabilidade econômica e ambiental.

De acordo com Braga (2005) um dos princípios da prevenção da poluição é a mudança de procedimentos, que visa encontrar métodos mais eficientes para o desenvolvimento das nossas atividades ou das atividades industriais, como incorporar o conceito de reciclagem no desenvolvimento de novos produtos e processos.

Assim, a busca por projetos de tratamento de águas residuárias eficientes, mas também com uma aplicação viável economicamente, traz a necessidade da criação de alternativas diversas, tanto quanto no que se refere aos materiais utilizados como matéria-prima para seu desenvolvimento, quanto na parte referente às metodologias de monitoramento e operação do mesmo.

O tratamento de águas residuárias com reator de leito expandido/fluidificado, utilizando pneu triturado como meio suporte para o biofilme e efluente gerado em uma indústria de refrigerante no teste para a avaliação do desempenho do sistema piloto, traz em seu contexto um estudo para mais uma opção de tratamento de águas residuárias com reatores de alta taxa (UTSUMI & FIGUEIRA, 2008).

Além disso, promove-se com a utilização do pneu como matéria prima para o meio suporte do reator, a reciclagem e reutilização de um resíduo sólido abundante e de destinação final

complicada, devido a sua necessidade de uma grande área para disposição adequada e um longo tempo para a degradação.

As vantagens apresentadas pelos reatores de leito fluidificado, principalmente associadas ao baixo tempo de retenção hidráulica aplicável nos sistemas, receberam a contribuição do emprego de um material suporte com massa específica igual a $1,14 \text{ g/cm}^3$, quase a metade da massa específica da areia comumente empregada com o meio suporte para os microrganismos. Além de apresentar a grande vantagem de causar a redução na potencia necessária para promover a fluidificação do leito, esse material provém de um passivo ambiental presente em grandes quantidades no meio ambiente.

O presente trabalho teve como objetivo, a avaliação do desempenho de reator anaeróbio de leito expansível/fluidificado, em escala de bancada, com a utilização de pneus inservíveis triturados como meio suporte para as bactérias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa envolveu as seguintes etapas: Dimensionamento e montagem do sistema construído em escala piloto, análises dos dados obtidos durante a operação, para a tomada de decisões e melhoramento do sistema e análises do

desempenho do sistema anaeróbio para a remoção de matéria orgânica do efluente industrial de refrigerantes.

2.1 Descrição do Sistema

O sistema estava constituído por um reservatório de armazenamento do efluente industrial bruto, que descarregava por gravidade em um reservatório de recirculação com volume de 5L e temperatura fixada em 30 °C. A partir desse reservatório o líquido era recalado por meio de uma bomba dosadora até o

corpo do reator (tubo de vidro com diâmetro interno de 100mm), ingressando pela parte inferior. No seu caminho ascendente, o líquido fluidificava o leito e era retirado pela parte superior da unidade, sendo que a maior parte da vazão, necessária para fluidificar o leito, voltava ao reservatório de recirculação e a outra se constituía no efluente final do sistema. A Figura 1 apresenta o esquema do sistema operado.

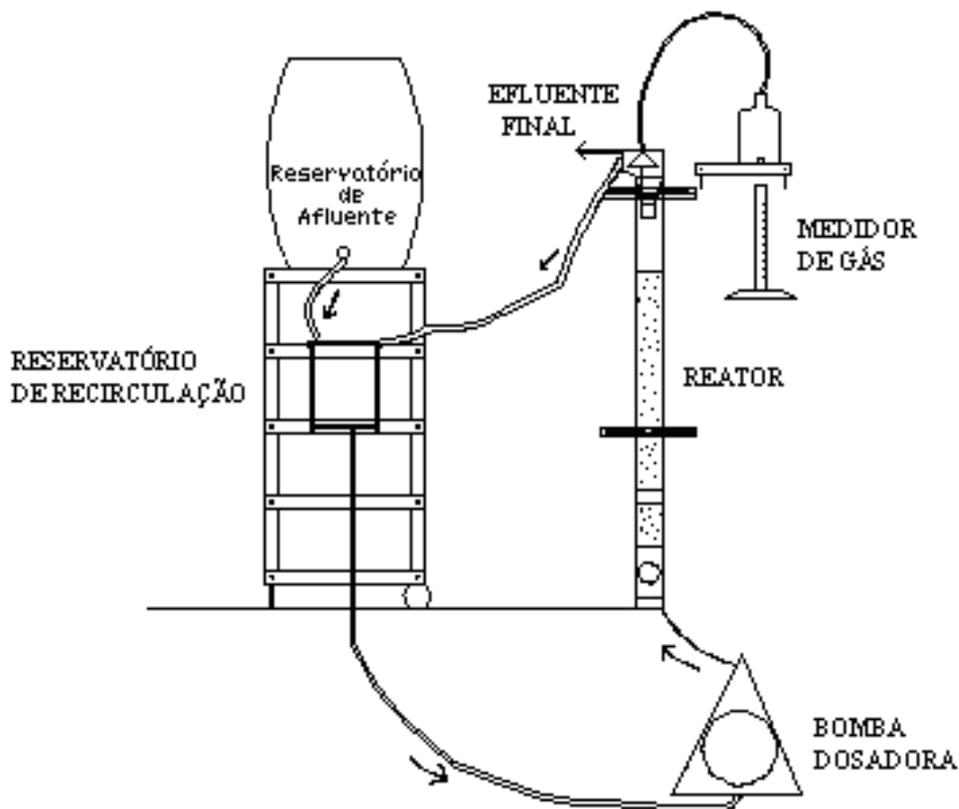


Figura 1. Esquema do Sistema de Tratamento

2.2 Inóculo do Reator

Com o propósito de acelerar a partida do reator, foi utilizado como inóculo lodo proveniente do reator UASB

da uma indústria de refrigerantes da cidade de Presidente Prudente – SP. Para promover a adesão de bactérias no meio suporte, foram inseridos no sistema 15

litros de lodo. Esse material, permaneceu recirculando no sistema por 4 dias. Após esse período o reator passou a ser

alimentado com o efluente da mesma empresa. As características do inóculo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do lodo usado como inóculo

CARACTERÍSTICAS DO INÓCULO DO REATOR		
Sólidos totais	1275	mg/L
Sólidos totais voláteis	325	mg/L
Sólidos totais fixos	950	mg/L

2.3 Características do efluente industrial

A água residuária gerada no processo industrial era proveniente de alguns processos de produção da indústria, eles eram: lavagem de garrafas por meio de submersão em uma solução aquecida de NaOH a 50%, lavagem dos tanques de preparo de xarope composto basicamente por água e açúcar (gerando um efluente com elevada carga de DQO, porém com reduzida quantidade de nutrientes) e lavagem de máquinas, caminhões e pátios.

Para determinar as características do efluente da indústria, foram feitas coletas de amostras durante seis dias, de hora em hora, a fim de determinar a os valores médios de DQO e pH. Em algumas amostras do efluente bruto também foram analisadas outros parâmetros como sólidos totais e nitrogênio amoniacal. A Tabela 2 apresenta os valores médios de alguns parâmetros medidos.

Tabela 2. Resultados das análises de alguns parâmetros do efluente bruto

Parâmetros	Valores
Temperatura	25°C
OD	1,0 mg/L
DQO média	1253,83 mg/L (variando entre 248 e 4017 mg/L)
pH	9,5 (variando entre 6,6 e 12,3)
Sólidos Totais	5,61 mg/L
Nitrogênio amoniacal	Ausente

Fonte: Moura & Garcia (2008).

De forma a operar o sistema com as mesmas características que o efluente industrial possui ao chegar à estação de

tratamento da indústria de refrigerantes, não foram adicionados nutrientes nem foi realizada a correção do pH.

2.4 Fases de operação do sistema

A diminuição do tempo de detenção hidráulica definiu as fases de operação do trabalho. A primeira fase começou no dia 25 de setembro com o tempo de detenção hidráulica de 8 dias que foi diminuído gradativamente com o decorrer do tempo,

para 4 horas na segunda fase, que começou no dia 1º de outubro, e para 2 dias e 15 horas na terceira fase que começou no dia 23 de outubro. A Tabela 3 mostra as fases de operação do sistema.

Tabela 3. Fases de operação do sistema piloto

FASE	DQO média (g/L)	Carga (gDQO/d)	Dia de início
1	1,53	0,19	25 de setembro
2	1,13	0,28	1º de outubro
3	0,44	0,16	23 de outubro

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o melhor acompanhamento do desempenho do sistema, o pH foi aferido diariamente em três pontos, reservatório de armazenamento, reservatório de recirculação e interior do reator. As maiores oscilações ocorreram no reservatório de armazenamento, onde o desvio padrão foi de 0,831 e a média 6,57. Essas variações ocorreram devido à atividade microbiana no mesmo, ou

seja, depois de certo período, o efluente começava a ser degradado dentro do reservatório. No reservatório de recirculação e no interior do reator as variações de desvio padrão foram menores 0,316 e 0,317, respectivamente. A menor variação de pH no interior do reator era indicativo de que o sistema encontrava-se em condições favoráveis para a estabilização anaeróbia da matéria orgânica. A Figura 2 mostra a variação do pH ao longo da operação do sistema.

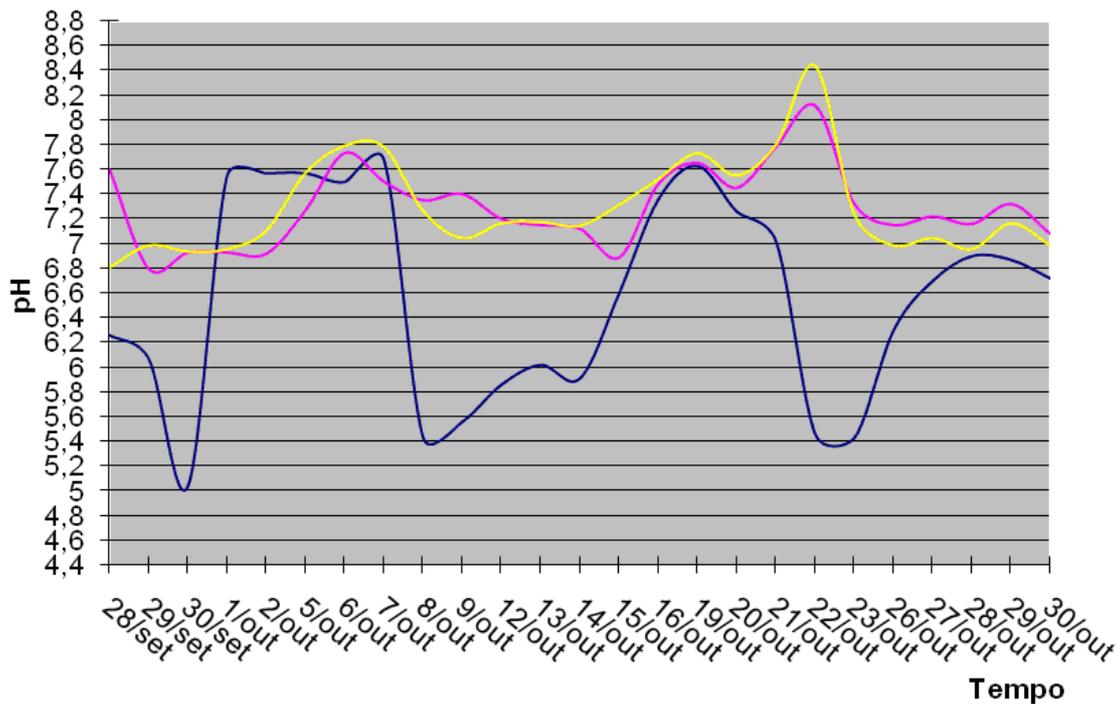


Figura 2. Monitoramento do pH ao longo do tempo. (■) efluente bruto, (■) Recirculação, (■) interior do reator.

No início das análises o sistema encontrava-se em equilíbrio e a concentração de ácidos voláteis era relativamente baixa 15,7, 13,2 e 10,8mg/L para o reservatório, de recirculação e saída do reator respectivamente.

Mesmo após um acúmulo de ácidos no sistema da ordem de 200mg/L, decorrente de falha na bomba de alimentação do reator, o conjunto tendeu ao equilíbrio, fazendo com que esse material em excesso seja diluído pela adição de afluente ao reservatório e pelo consumo desse material acumulado pelas bactérias metanogênicas envolvidas no processo.

De uma maneira geral, a entrada de ácidos voláteis no sistema sempre se manifestou maior que a saída, sendo que a faixa de variação para esse parâmetro no reservatório foi de 247,2 a 15,7mg/L, no reservatório. Na saída a faixa teve uma amplitude menor, variando de 10,8 a 204mg/L.

As mudanças de fase do sistema resultaram em uma queda de remoção, devido a adaptação das bactérias a uma nova carga oferecida. A primeira fase teve início no dia 25 de setembro com uma carga orgânica de 0,19g DQO/L.d. Como pode ser observado na Figura 3, ocorreu um aumento gradativo da taxa de remoção até o dia 1 de outubro. Em 1 de outubro

deu-se início à segunda fase com o tempo de detenção reduzido pela metade e uma carga orgânica de 0,28g DQO/L.d.

É possível observar o decaimento da porcentagem de remoção de DQO de 93 para 79%. Tal fato ocorreu devido à adaptação das bactérias a nova carga que lhes foi oferecida. No dia 14 de outubro teve-se a menor porcentagem de remoção de DQO devido à entrada de ar no reator, a oxigenação do meio e o conseqüente acúmulo de ácidos voláteis, fizeram com que as condições do meio fossem menos favoráveis à atividade anaeróbia completa. Depois de aplicar medidas corretivas, o

reator reiniciou o funcionamento recuperando-se e alcançando 85% de remoção de DQO no dia 21 de outubro.

A melhor média de remoção foi na primeira fase 84,9%, para a carga orgânica aplicada de 0,19g DQO/L.d. A pior média de remoção foi para a segunda fase, 72,3%, para a carga orgânica volumétrica de 0,28g DQO/L.d. A baixa média de remoção na segunda fase pode ser atribuída ao colapso ocorrido no sistema.

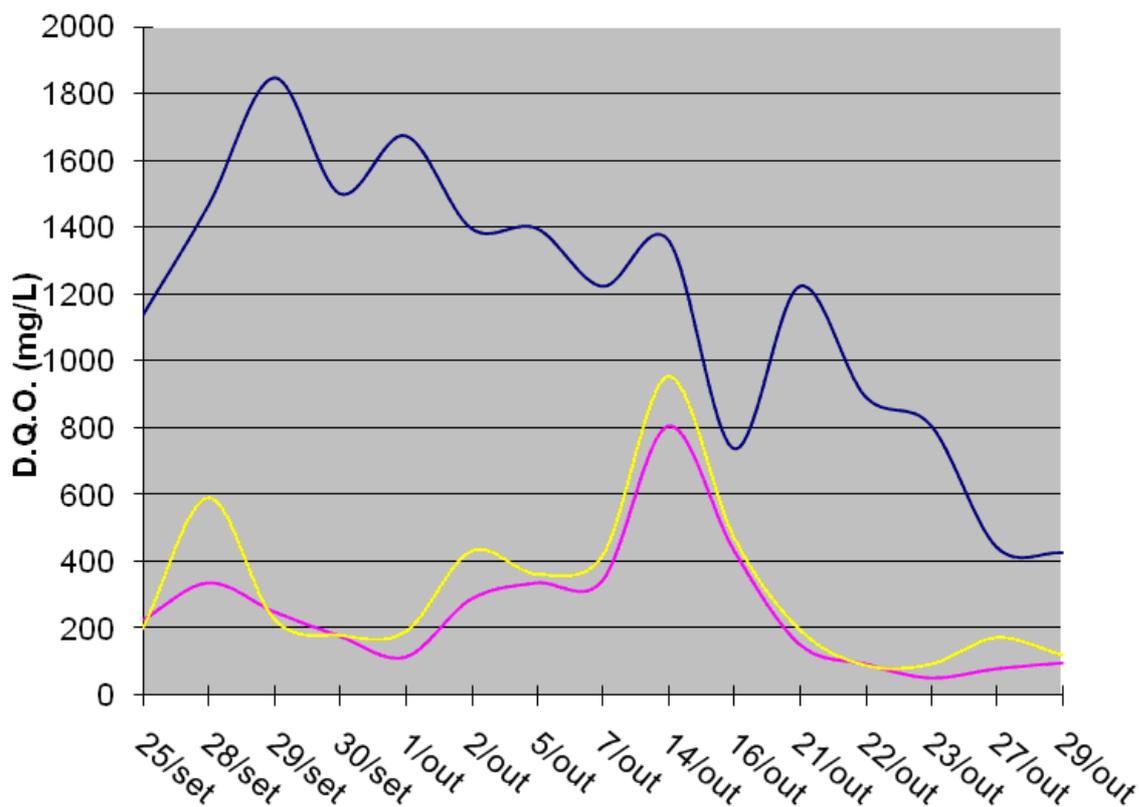


Figura 3. Curva de DQO nos compartimentos do sistema. (■) DQO reservatório, (■) DQO efluente final, (■) DQO recirculação.

Durante todo o período de coleta de dados a velocidade ascensional foi de 18,8 m/h, velocidade considerada baixa para a fluidificação do leito, por isso a adoção do termo expandido.

Segundo Niciura (2005), para a aplicação do termo fluidificado não pode ser aplicada no reator em questão, pois, a velocidade mínima de fluidificação para leito de BPIT foi determinada em 40m/h. Portanto o leito expandido é o mais adequado para a situação.

Para o leito do reator em questão ocorreu a estratificação do mesmo, por não ter sido realizada a separação granulométrica do material envolvido. Com a estratificação das partículas de pneu triturado, ocorreu que, as partículas maiores ficaram mais próximas da entrada do reator, e as partículas menores situadas acima e com maior expansividade.

Como pode ser observado na Figura 4, o leito teve um aumento gradativo, fato condizente com o crescimento de biofilme

nas partículas de pneu triturado, diminuindo sua densidade, facilitando assim o arrasto pela velocidade ascensional.

Essas observações foram coerentes com Encina & Polanco (1995), (citados por Webber, 2006), que afirmam que o crescimento do biofilme sobre o material suporte ocasiona dois efeitos sobre o comportamento hidrodinâmico do leito. Primeiramente, a velocidade ascensional para manter a expansão do leito diminui, devido à formação e aumento da espessura do biofilme e diminuição da densidade do suporte e, em segundo lugar a ocorre a estratificação do leito, ocasionada pelo crescimento não uniforme dos microrganismos.

Pode se observar na Figura 4, que os maiores valores de remoção de DQO coincidiram com a maior expansão do leito. A exceção é verificada apenas nos dias 14 e 16 de outubro devido ao colapso do sistema explicado anteriormente.

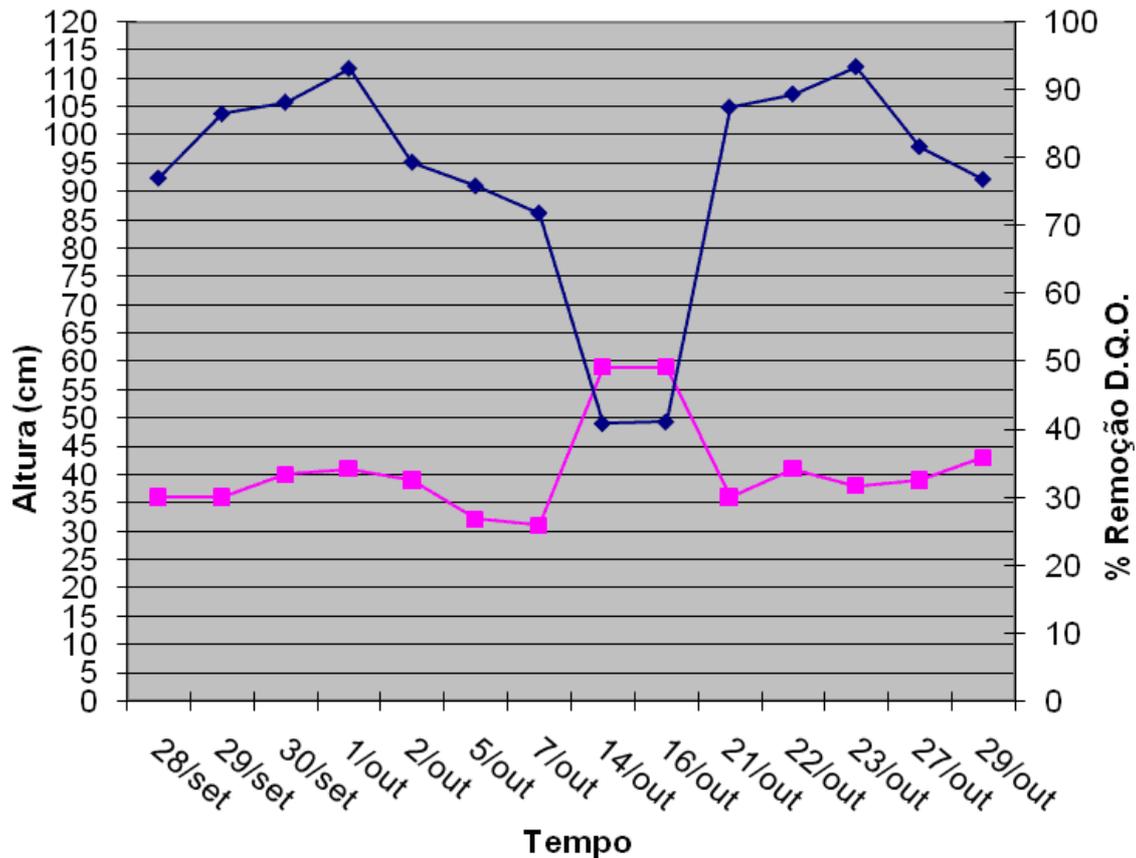


Figura 4: Comparação da altura do leito do reator com a porcentagem de remoção de DQO (♦)% de remoção de DQO, (■) altura do leito em cm.

As mudanças de fase marcam a queda na porcentagem de remoção e a conseqüente queda na altura da coluna de leito, devido ao choque sofrido pelas bactérias, pela nova carga aplicada. Na mudança para a terceira fase pode-se verificar uma queda na porcentagem de remoção, porém houve um aumento na altura da coluna de leito. Esse fato pode ser relacionado ao maior tempo de funcionamento do sistema, tornando o mesmo mais estável. O aumento da coluna de leito é uma resposta das bactérias a essa nova carga. A continuação do

monitoramento esboçaria um provável aumento da porcentagem de remoção de DQO.

Crescimento do biofilme

As Figuras 5 a 7 mostram microfotografias obtidas com o microscópio eletrônico da varredura do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo e foram obtidas com o intuito de verificar a mudança na superfície do pneu em conseqüência da formação do biofilme.

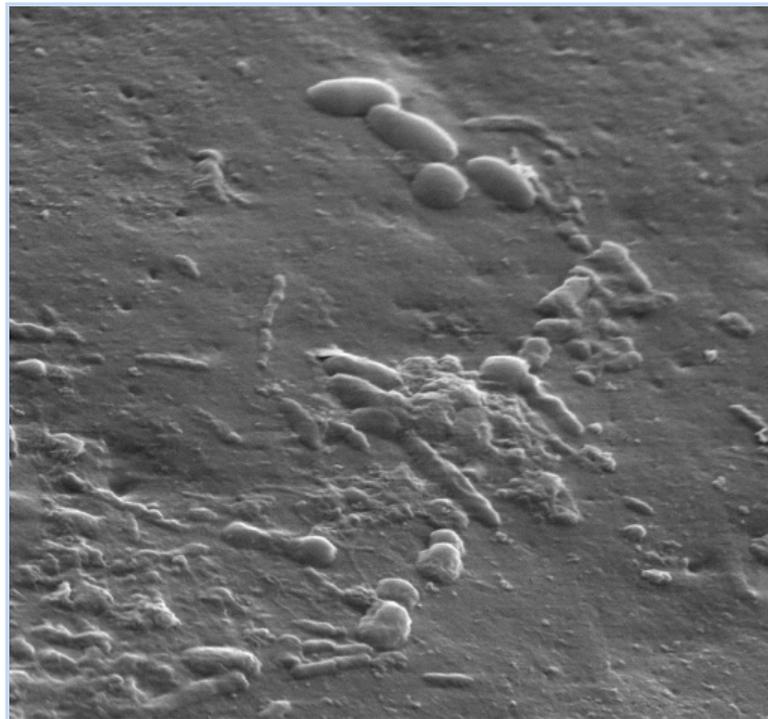


Figura 5. Colonização da superfície do pneu aumentada em 5000x.

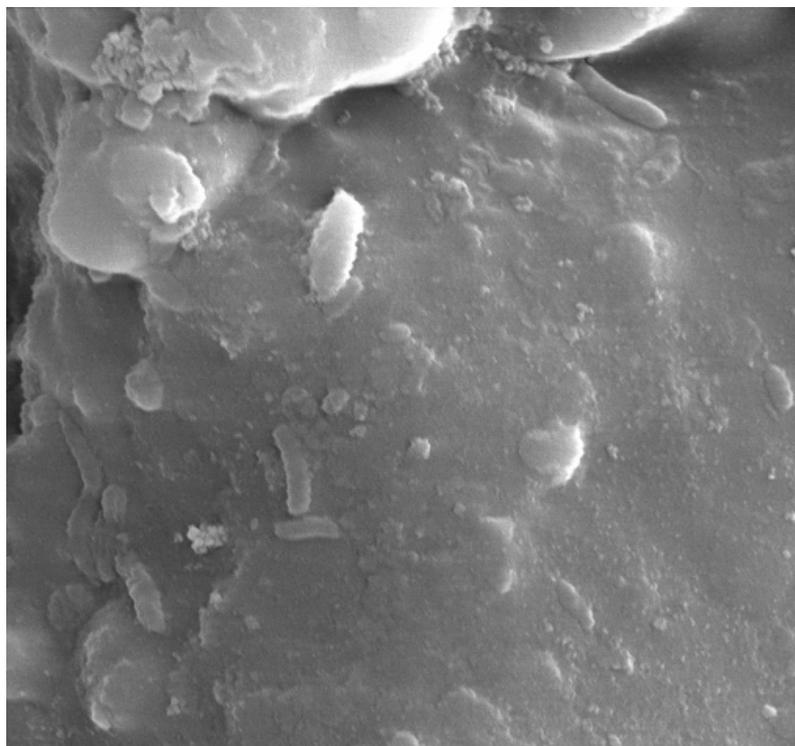


Figura 6.- Imagem do biofilme aumentada em 5000x.

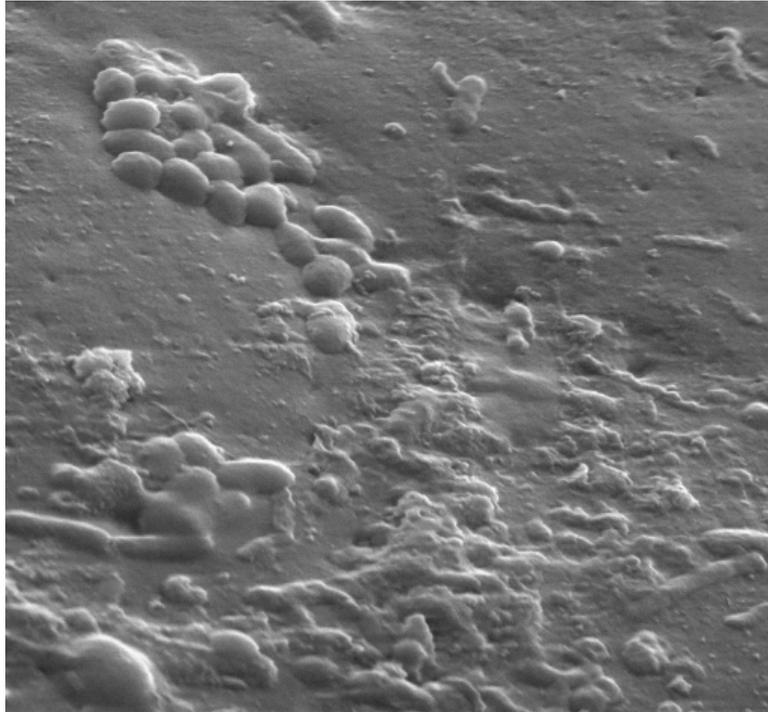


Figura 7. Consórcio de bactérias com morfologia semelhante a bacilos e cocos. Aumento de 5000x.

4. CONCLUSÕES

A operação do reator anaeróbio com a utilização de banda de pneus inservíveis trituradas nos permite as seguintes conclusões:

- A concepção e operação do sistema anaeróbio, utilizando banda de pneus inservíveis triturada, se mostraram eficientes quanto à remoção de DQO;
- A remoção de DQO obteve a melhor média, 84,85%, para a carga orgânica volumétrica de 0,19 g.DQO/L.d;
- Foi constatada a produção de alcalinidade no interior do reator, indicando uma estabilidade do sistema;
- A concentração de ácidos voláteis só aumentou quando o sistema se mostrou em colapso, provocando a queda na porcentagem de remoção de DQO, e uma redução na alcalinidade do sistema;
- A BPIT se mostrou eficiente como meio suporte, devido a criação de biofilme nas partículas de pneu triturado. Como pode ser observado nas microfotografias obtidas com o microscópio eletrônico de varredura, há um consórcio de microrganismos que compõem o biofilme, mostrando uma diversidade de bactérias.

5. REFERENCIAS

- BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 2ª edição.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Vol. 5- Reatores Anaeróbios** - Belo Horizonte, DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.
- JEWELL (1981) in Chernicharo, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: SEGRAC, 1997.
- SHRVE E BRINK JR. (1980) in Mierzwa, J.C.; Hespanhol, I. **Água na indústria**. Oficina de textos, 2005.p. 81.
- MOURA, R. B; Garcia, G. C. P. **Otimização do rendimento de um reator seqüencial por batelada para o tratamento de efluentes de indústria de refrigerantes**. Trabalho de Conclusão (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2008.
- NICIURA, C. L. **Avaliação do uso da banda de rotação de pneus inservíveis triturada como suporte ao desenvolvimento de biofilmes em um reator anaeróbio de leito expansível**. Dissertação (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- PORTUGAL, LNEC (1984) in Tomaz, P. **Previsão de consumo de água**, Navegar Editora, 2000. p.64.
- UTSUMI, A. G. FIGUEIRA, T. M. **Tratamento de águas residuárias provenientes de uma indústria de refrigerantes por meio de reator anaeróbio de leito fluidificado**. Trabalho de graduação (Graduação – Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2008.
- WEBER, M. I. **Avaliação da eficiência de um reator anaeróbio de leito fluidizado para o tratamento de resíduos líquidos da indústria de refrigerantes**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.