

TRATAMENTO BIOLÓGICO ANAERÓBIO-AERÓBIO PARA REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CORANTE DE ÁGUA RESIDUÁRIA SINTÉTICA TÊXTIL.

**Bárbara BARBOSA (1); Carla VIDAL (2); Rinaldo, ARAÚJO (3); Glória MARINHO (4)
Kelly RODRIGUES (5)**

(1) CEFET-CE. Av. Tenente Lisboa nº 2535, Carlito Pamplona –Fortaleza- CE, (85)32360006/87487279,

bitabarbosa@hotmail.com (2) CEFET-CE, e-mail: carlab_vidal@hotmail.com

(3) CEFET-CE, e-mail: rinaldo@cefetce.br

(4) CEFET-CE, e-mail: gloriamarinho@cefetce.br (5) CEFET-CE, e-mail: kelly@cefetce.br

RESUMO

Com o aumento da produção têxtil, houve maior geração de seus efluentes, os quais possuem em sua composição corantes de difícil biodecomposição, que não são removidos eficientemente no processo anaeróbio, ocorrendo formação de subprodutos perigosos, amins aromáticas, com alto potencial carcinogênico. No presente trabalho foi estudada a eficiência de tratamento de água residuária sintética têxtil pelo uso de sistema anaeróbio seguido de reator aeróbio com fungos, como unidade de pós-tratamento, objetivando-se a remoção de matéria orgânica carbonácea e de corante. Utilizou-se filtro anaeróbio e reator aeróbio, inoculado com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400, na concentração de 2×10^4 esporos /mL, com leito fixo e escoamento ascendente. A água residuária sintética foi preparada com adição de nutrientes, de corante Vermelho Congo e de sacarose (0,5g/L). Foram determinadas as variáveis cor real, cor aparente, corante, demanda química de oxigênio (amostra bruta e filtrada) e alcalinidade (na entrada e saída no filtro anaeróbio) esta última realizada para verificação das condições de operação do filtro anaeróbio, assim como pH para manutenção operacional do sistema. A remoção média de corante no filtro anaeróbio e no reator com fungos atingiu patamar similar, com percentuais em torno de 63%. Em termos de remoção de matéria orgânica bruta, foram obtidos percentuais médios de 71% e de 71,6%, respectivamente para o filtro anaeróbio e para o reator com fungos. A remoção de matéria orgânica dissolvida foi de 57%, para o filtro anaeróbio, e de 73%, para o reator com fungos, sendo a eficiência global do sistema anaeróbio/aeróbio de 76%, para remoção de matéria orgânica da amostra bruta, e de 66,6% para matéria orgânica da amostra filtrada. Estes resultados mostraram-se promissores para indicativo do uso de reatores com fungos como pós - tratamento de unidades anaeróbias no tratamento de águas residuárias têxteis.

Palavras-chave: *Aspergillus niger*, filtro anaeróbio, fluxo ascendente, reator aeróbio com fungos e remoção de corante.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o futuro do meio ambiente é uma das prioridades da sociedade moderna. Nesse sentido, várias iniciativas têm sido apresentadas na perspectiva de minimizar impactos ocasionados pelo homem. Um desses impactos é a grande quantidade de efluentes despejados indevidamente em corpos hídricos. Dentro desse contexto, a indústria têxtil, cujo volume potencialmente perigoso, se apresenta como um dos principais setores responsável pela geração desses efluentes, aumentados pela crescente demanda de produção do setor (DOS SANTOS, 2005).

Os efluentes gerados pela indústria têxtil possuem elevada carga orgânica, alto teor de sais inorgânicos e presença de forte coloração, sendo esta última devido à concentração elevada de corantes que não se aderem à fibra do tecido durante a fase de tingimento (GUARATINI e ZANONI, 2000). Particularmente, um dos principais agravantes desse efluente é a cor, que afeta a fotossíntese das algas em decorrência da presença das partículas dissolvidas do corante que impedem a passagem da luz para o meio aquático, devendo-se isso a seu alto poder de diluição (GEORGIO *et al.*, 2002; GUARATINI e ZANONI, 2000, VANDEVIVERE *et al.*, 1998).

Os principais corantes utilizados na indústria têxtil são da classe azo, caracterizados pela ligação (-N=N-). Esses corantes são em sua maioria de difícil degradação, sendo resistentes a ataques de microrganismos. Daí a dificuldade de remoção de corantes por meio de tratamentos convencionais físico-químicos e biológicos, que além de eficiência baixa, podem se tornar inviáveis economicamente. Os físico-químicos apresentam-se dispendiosos e os biológicos têm limitações quando utilizados isoladamente (HEINFLING *et al.*, 1998, *apud* LIMA, 2004).

O emprego dos mais variados tipos de reatores anaeróbios para a remoção de cor e matéria orgânica de efluentes têxteis tem alcançado grande êxito, principalmente quando seguidos de unidades aeróbias de pós-tratamento, que tem função de remover aminas aromáticas, potencialmente carcinogênicas, formadas a partir da clivagem dos corantes azo, durante o processo anaeróbio (VAN DER ZEE *et al.*, 2005).

Na perspectiva de melhoramento das unidades de tratamento biológico, a utilização de fungos tem mostrado relevante eficiência. Os fungos possuem grande potencial para degradar moléculas de alto peso molecular, como por exemplo, em águas residuárias de beneficiamento da castanha de caju (VIDAL *et al.*, 2006) e de pesticidas (SAMPAIO, 2005), entre outras. A capacidade dos fungos para reduzir corantes da classe azo está relacionada ao fato desses microrganismos sintetizarem exoenzimas, tais como peroxidases e fenoloxidasas que atacam os grupamentos das ligações azo (DOS SANTOS, 2005).

Esta pesquisa teve como proposta estudar o tratamento biológico de águas residuárias têxteis empregando sistema anaeróbio/aeróbio constituído por filtro anaeróbio e reator com fungos, o qual foi inoculado com a espécie *Aspergillus niger* AN400. O objetivo principal da pesquisa foi a verificação da remoção de corante e de matéria orgânica carbonácea, em termos de DQO.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram montados e operados dois reatores biológicos de leito fixo e escoamento ascendente, sendo um filtro anaeróbio e um reator aeróbio, inoculado com *Aspergillus niger* AN400, em escala de laboratório, para tratamento biológico da água residuária sintética têxtil. Os reatores foram operados no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE), Fortaleza-CE.

A pesquisa foi dividida em etapas: cultivo e contagem de esporos de *Aspergillus niger* AN400; montagem e operação do filtro anaeróbio e do reator de leito fixo e fluxo ascendente aeróbio inoculado com fungos. A escolha do Vermelho Congo foi baseada na facilidade de obtenção do corante, bem como por apresentar formulação conhecida, apresentada na Figura 1.

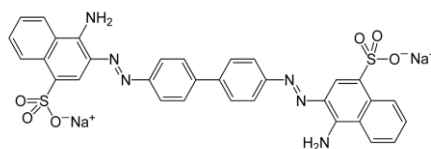


Figura 1- Estrutura do corante Vermelho Congo.

2.1. Água residuária

A água residuária sintética têxtil que alimentou o reator anaeróbio foi preparada com água de torneira, acrescida de 0,25 g/L do azo corante Vermelho Congo, macro nutrientes (Tabela 1) e 1 mL de solução contendo micro nutrientes (50 mg/L de H_3BO_3 , 2000 mg/L de $FeCl_2 \cdot 4H_2O$, 50 mg/L de $ZnCl_2$, 500 mg/L de $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, 38 mg/L de $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, 90 mg/L de $AlCl_3 \cdot 3H_2O$, 2000 mg/L de $CoCl_2 \cdot 6H_2O$). Foram utilizados como substrato primário 500 mg/L de sacarose.

Tabela 1: Macro nutrientes adicionados para composição da água residuária.

Composto	Concentração (mg/L)
NH_4Cl	280
K_2HPO_4	250
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	100
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	10

2.2. Filtro anaeróbio (FA)

O FA era cilíndrico, com 100 cm de comprimento, construído em PVC com volume útil do FA foi de 4,3 L. O meio suporte utilizado no reator foi espuma de poliuretano, cortada em cubos de 1,5 cm de aresta. A água residuária sintética têxtil foi recalçada através de bomba peristáltica com vazão máxima de 1,6 L/h.

2.2.1 Biomassa

O FA foi inoculado com lodo obtido de reator UASB da Companhia de Águas e esgotos do Estado do Ceará (CAGECE), utilizado para o tratamento de despejos domésticos. A imobilização da biomassa nas espumas de poliuretano foi realizada de acordo com a metodologia desenvolvida por Zaiat *et al.* (1996).

2.2.2 Operação e monitoramento do FA

Após a imobilização do lodo, este foi adicionado manualmente, ao FA através da abertura superior do reator, a qual foi posteriormente vedada com CAP de PVC. Em seguida, foi iniciado o recalque da água residuária sintética, mantendo-se as mesmas condições operacionais (Carga orgânica volumétrica - COV e TDH) do reator UASB, de onde foi originado o lodo do inóculo. Este procedimento teve o objetivo de minimizar o choque da coleta e transporte do lodo, facilitando sua aclimação.

O afluente e o efluente do FA foram armazenados em reservatórios, que tinha capacidade para volume de 60 L de água residuária.

2.3. Reator biológico com fungos

2.3.1 Cultivo, produção e contagem de esporos da espécie fúngica

O cultivo e produção da espécie fúngica foi realizado de acordo com os procedimentos descritos em Sampaio (2005). A espécie *Aspergillus niger* AN400 foi cultivada em placas de Petri com meio de cultura Agar Sabouraud Dextrose, acrescido de 1mL da solução de Vishniac por litro de meio de cultura e 0,05 g cloranfenicol /L (antibiótico para minimizar a proliferação das bactérias).

As placas foram mantidas à temperatura de $\pm 28^{\circ}\text{C}$, pelo período de sete dias. Os esporos de *Aspergillus niger* foram removidos das placas com 4 mL solução de Tween 80 e transferidos para tubos de ensaio. Para contagem dos esporos foi preparada uma solução de esporos utilizando 50 μL de suspensão, previamente agitada em agitador tipo Vórtex, acrescido de 950 μL de solução Tween 80, resultando em diluição de 1:20. Em seguida foram transferidos, para uma câmara de Neubauer, 20 μL da solução preparada, onde se procedeu a contagem dos esporos em microscópio óptico. Para o cálculo do número de esporos foi empregada a Equação 1.

$$\text{esporos/mL} = \text{esporos contados} \times \text{diluição} \times 2,5 \times 10^5. \quad [\text{Eq. 1}]$$

2.3.2 Imobilização dos fungos no meio suporte

O reator foi preenchido com o meio suporte e, em seguida, com meio de crescimento adaptado de Rodrigues (2006), sendo acrescido de 0,05 g cloranfenicol /L.

A concentração de inóculo colocada e semeada no reator foi de 2×10^4 esporos/mL, permanecendo sob aeração, por 24 h, sendo alimentado continuamente, pela recirculação, com o referido meio de crescimento, durante 4 dias, até a formação do biofilme na superfície do material suporte.

Após este período, o reator foi operado em regime de escoamento contínuo, sem recirculação, procedendo-se à partida do sistema, quando se iniciou a alimentação com o efluente oriundo do FA.

2.3.3 Operação e monitoramento RBF

O reator aeróbio de leito fixo e escoamento ascendente foi confeccionado em acrílico, com volume total de 5 L, e diâmetro interno de 90 mm e 80 cm de altura. A unidade possuía dispositivos de entrada e saída da água residuária a ser tratada e ainda um dispositivo para entrada de ar, cujo fornecimento foi realizado por mini-compressor de ar.

O meio suporte empregado foi manta de polietileno, cortada em quadrados de 2 x 2 cm, pesada e acomodada dentro do reator em redes de polietileno.

O reator foi alimentado com o efluente do FA, sendo depois da primeira fase de operação, acrescido de 0,5 g de sacarose/L, 0,05 g de cloranfenicol /L, como inibidor bacteriano, e 1 mL de solução de Vishniac/L.

2.4. Ciclos de Operação

O filtro anaeróbio foi operado com tempo de detenção hidráulica (TDH) constante de oito horas ao longo de todo o experimento. A operação no reator com fungos começou com TDH de 6 h e, posteriormente, com TDH de 8 h, sendo que o tempo de detenção de 6 h foi dividido em duas fases: a primeira sem adição de sacarose e a segunda com adição de sacarose no afluente. A operação com 8 h continuou com adição de sacarose. Desta forma o sistema operou em dois ciclos, 8 h - 6 h e 8 h - 8 h, respectivamente, para o FA e RBF. Na Figura 2 é mostrado o sistema em operação.

2.5. Variáveis determinadas

Foram determinadas as seguintes variáveis no filtro anaeróbio: DQO, alcalinidade, pH, corante e ácidos graxos voláteis (AGV). No monitoramento do reator com fungos determinou-se DQO, corante e pH.

Todas as análises físicas e químicas foram realizadas segundo métodos descritos em APHA (1995).

Foram realizadas varreduras espectrofotométricas nos comprimentos de onda do espectro visível (100nm a 800 nm), sendo os picos de comprimento de onda referentes ao corante Vermelho Congo encontrados conforme procedimento descrito em Dos Santos (2005), com obtenção da curva de calibração e posterior leitura da concentração dos corantes a partir de soluções padrões de diluições.

2.6. Teste estatístico

Foram feitos testes, de acordo com Stevenson (1981), para que se pudesse afirmar que as remoções de matéria orgânica carbonácea, em termos de DQO (amostra bruta e filtrada), e remoção de corante, sob adição de sacarose e diferentes tempos de detenção hidráulica, foram distintos entre si. O teste foi usado para definir se as médias alcançadas de remoção foram diferentes para as condições de operação do sistema, onde a hipótese inicial era que as médias nos ciclos estudados eram iguais, tendo-se utilizado o teste estatístico T-teste,

aplicado teste em termos do sistema global (entrada FA – saída RBF) e para o reator com fungos, em separado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Filtro anaeróbio

Na Tabela 2 são apresentadas características da água residuária utilizada para alimentação da entrada do sistema (filtro anaeróbio).

Tabela 2 – Características da água residuária

VARIÁVEL	VALOR MÉDIO
DQO Bruta (mg /L)	577 ± 113
DQO Filtrada (mg /L)	469 ± 163
CORANTE (mg /L)	12 ± 4
COR REAL (pt)	408 ± 237
COR APARENTE (pt)	549 ± 182
pH	7,1 ± 0,8

A eficiência média do tratamento no filtro anaeróbio, com TDH de 8 h, foi de 63% de remoção do corante, 71% e 57%, respectivamente, em relação à remoção de matéria orgânica bruta e dissolvida, em termos de DQO, 58% de cor aparente e 35 % de cor real. Essa relação expressou a remoção de partículas em suspensão de matéria orgânica presentes no efluente, mostrando bons percentuais de remoção, exceto no 145º dia de operação, quando houve queda brusca na eficiência, decorrendo de problemas operacionais.

Segundo Dos Santos (2005), a remoção de cor pela ação dos microrganismos anaeróbios ocorre pela quebra das ligações azo, através da liberação de enzimas (azo - redutases), que fazem com que o grupo cromóforo característico da ligação, presente no corante, seja perdido. Essas enzimas conseguem atuar sobre o corante e os microrganismos passam a utilizar como fonte de energia o carbono presente em sua composição (DOS SANTOS, 2005).

No presente estudo, o corante, em meio anaeróbio, teve remoção média de 63% (Figura 2), tendo-se obtido valores próximos quanto às remoções de matéria orgânica bruta e de corante, salvo exceções, a primeira, onde a remoção de matéria orgânica foi maior que a do corante (10º, 18º e 50º dias de operação), podendo-se inferir que as bactérias anaeróbias preferiram uma fonte de carbono de fácil assimilação, em vez da energia fornecida pelo corante. Em outros pontos (31º e 45º dias de operação), a relação se inverteu e houve preferência pelo consumo do corante, provavelmente pela diminuição da concentração de outras fontes de carbono mais fácil de serem assimiladas, seja adição pela sacarose (0,5 g/L) no afluente do FA, ou subproduto da clivagem do corante. A diminuição da concentração pode ser atribuída, provavelmente, à contaminação do recipiente que a alimentação era preparada, visto que era alocada em local aberto, podendo-se então perceber a presença de outros microrganismos, que iniciavam a degradação antes que ela chegasse ao filtro anaeróbio.

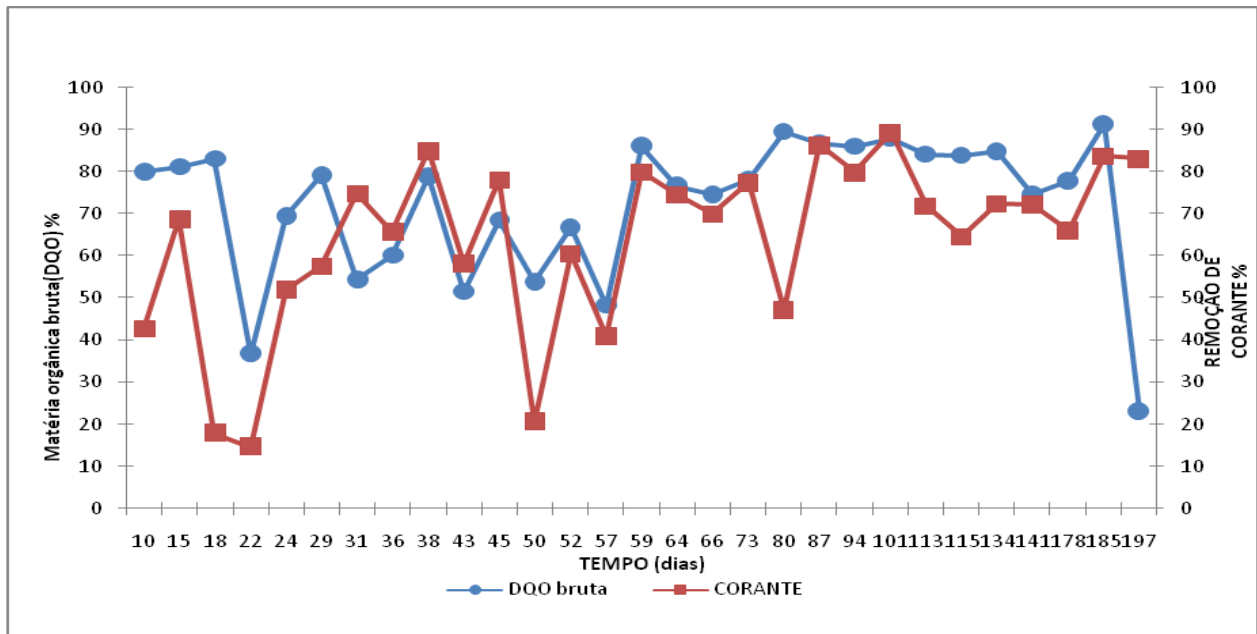


Figura 2- Remoção de corante e de matéria orgânica bruta (DQO) no FA.

A remoção de matéria orgânica bruta no FA foi boa (71%) e houve relativa proximidade entre valores de remoção de matéria orgânica bruta e dissolvida, indicando que, provavelmente, não houve desprendimento acentuado de biomassa do meio suporte para fora do reator. No entanto, no 52º e 57º, do 59º ao 138º e do 145º ao 177º dias de operação, houve aumento na diferença entre os valores das remoções de matéria orgânica dissolvida e suspensa, como resultado do desprendimento de biomassa do FA. Esse desprendimento foi atribuído ao grande crescimento do biofilme. Como o substrato não chegava às camadas mais internas do filtro, parte da biomassa que não recebeu alimentação morreu, sendo então expulsa do filtro. A massa microbiana morta foi carregada pela água residuária para fora do reator, desobstruindo assim, os espaços do reator. Os percentuais de remoção de matéria orgânica bruta e dissolvida foram de 71% e 57%, respectivamente, a relação entre as remoções é mostrada na Figura 5.

Resultados semelhantes de remoção de DQO foram encontrados por Tunussi e Sobrinho (2003), utilizando reator UASB, com TDH de 10 h, com pós-tratamento em sistema de lodos ativados para remoção de cor de efluente de indústria têxtil. Os autores obtiveram com o uso do reator UASB remoção média de 69% de matéria orgânica, em termos de DQO bruta, valor próximo ao encontrado no presente trabalho, que teve como remoção média 63%, demonstrando o bom desempenho do filtro.

A carga orgânica volumétrica (COV) média aplicada no filtro anaeróbio foi de 11,3 mg DQO/L.dia. , tendo esta relevante influência na remoção de matéria orgânica filtrada, em termos de DQO. Quando observadas maiores concentrações da carga orgânica aplicada no filtro anaeróbio, percebeu-se que esta estava seguida dos menores percentuais de remoção da matéria orgânica dissolvida, podendo-se perceber que quanto maior a COV aplicada aos microrganismos, menor é sua capacidade de degradação, ou seja, a microbiota do FA estava suscetível a choques de carga orgânica, tendo assim, como fator limitante, aumento de carga orgânica. O menor valor de remoção de matéria orgânica filtrada (29%) foi acompanhado por um dos valores mais altos de COV (16,2 mg DQO/L.dia). A relação da COV com a remoção de matéria orgânica dissolvida é apresentada na Figura 3.

Toledo (1997) avaliou o desempenho de biorreator sob variação de carga orgânica volumétrica (de 4,1 à 12,4 kgDQO/m³dia) obtendo resultados diferentes dos encontrados no presente trabalho, sendo a remoção de matéria orgânica bruta influenciada positivamente pela COV. Segundo o autor, houve um ponto de saturação (8,0 kgDQO/m³dia) no biorreator estudado, quando valores superiores à 8,0 kgDQO/m³dia foram aplicados, a remoção de matéria orgânica não atingiu valores maiores que 50% de eficiência, ele concluiu que há uma concentração limite de COV que pôde ser aplicada aos microrganismos envolvidos, sem que esta prejudicasse o processo de degradação. A determinação da COV limite não foi objetivo da presente pesquisa, porém a influência da COV sobre remoção de matéria orgânica no meio sintético com corante vermelho congo pode ser atribuída à concentração do corante que variou de 8 mg/L a 16 mg/L, sendo que os maiores valores de COV no afluente do reator implicaram nos menores percentuais de remoção, verificando-se que

para valores de 21,9, 18,9, e 21,2 foram encontradas as menores remoções de matéria orgânica dissolvida, 51%, 42%, e 30% respectivamente. É válido ressaltar que o corante utilizado é potencialmente de difícil degradação. A relação entre COV e matéria orgânica foi feita em termos de DQO filtrada para que o desprendimento de biomassa não interferisse em aumento da matéria orgânica.

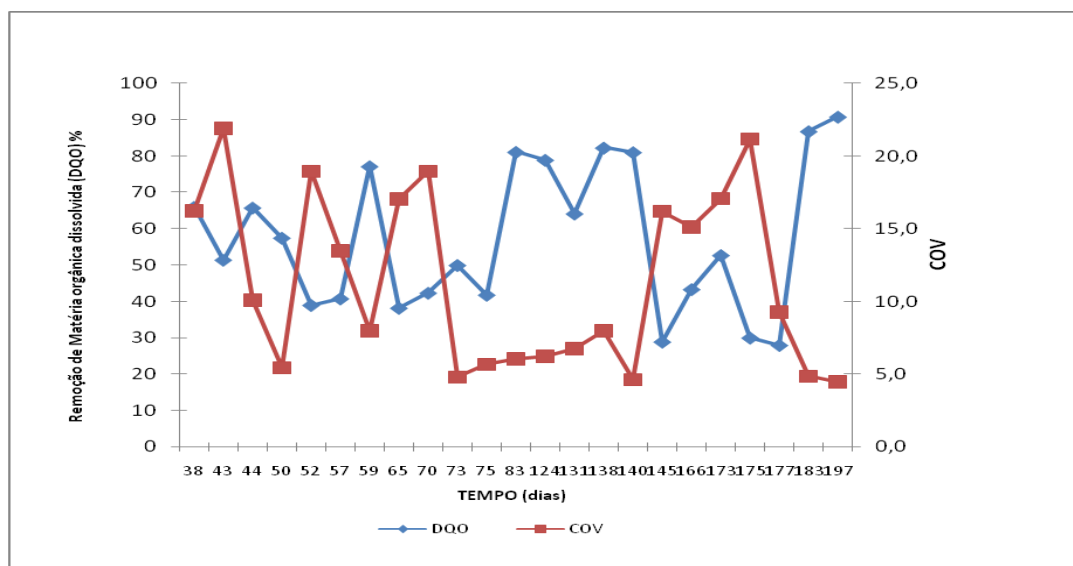


Figura 3- Influência da carga orgânica volumétrica na remoção de matéria orgânica dissolvida, em termos de DQO filtrada no FA.

Condições favoráveis de desenvolvimento foram dadas aos microrganismos anaeróbios presentes no filtro, sendo confirmando pela relação AGV/AT, que se manteve em torno de 0,3, valor, segundo CHERNICHARO (1997), ideal para estabilidade do sistema anaeróbio. Essa relação demonstra a capacidade do meio em neutralizar os ácidos formados durante o processo anaeróbio, sendo o mesmo fortemente influenciado pelas oscilações de pH. Pequenas alterações no pH decorrem de grande consumo de alcalinidade no meio, podendo esse consumo ser devido a eventuais acúmulos de ácidos voláteis. Quando esses ácidos são produzidos em grande quantidade e se acumulam no meio, ocorre o que a literatura classifica de “azedamento” (CHERNICHARO, 1997).

Segundo Mustafa e Delia (2004), a diminuição da alcalinidade pode interferir na remoção de DQO. Neste estudo tal afirmação não pode ser aplicada genericamente, visto que em pontos com valores baixos da relação AGV/AT foram encontrados bons percentuais de remoção, como por exemplo, com valores de 0,22 e 0,1 da relação, foram alcançadas remoções de 94% e 92%, respectivamente.

O pH na entrada do filtro anaeróbio permaneceu entre 5,3 e 8,7 e o pH da saída variou de 6,5 a 8,0, indicando boas condições para os microrganismos envolvidos no processo anaeróbio. Os valores mais baixos de pH podem ser relacionados com a relação AGV/AT, sendo os maiores valores de pH encontrados em dias de alimentação do sistema, devendo-se isto à maior entrada de matéria orgânica (foram constatadas diminuição da concentração de matéria orgânica no recipiente, provavelmente por microrganismos oportunistas), com conseqüente aumento na produção de ácidos orgânicos. A diminuição do pH, eventualmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos, resultou na diminuição da relação AGV/AT, visto que para neutralizar os ácidos do meio, houve um aumento no consumo da alcalinidade. Nos pontos em que a relação foi superior a 0,3 (14°, 72° e 177°), a remoção de matéria orgânica bruta foi boa, 80%, 75% e 88%, contradizendo assim, a afirmação de Chernicharo (1997), que afirma que valores superiores a 0,3 da relação AGV/AT são indicativos de mau funcionamento do sistema anaeróbio.

3.2. Reator biológico com fungos (RBF)

3.2.1 Primeiro ciclo

-1ª fase de operação (TDH de 6 h, sem adição de sacarose)

Nesta fase foram encontrados como percentuais médios de remoção, 62% de corante, 46% e 55%, respectivamente, para matéria orgânica bruta e de matéria orgânica dissolvida, em termos de DQO. As

análises de cor real e aparente não puderam ser realizadas durante este ciclo devido à impossibilidade operacional.

A ausência de substrato primário, disponível aos fungos nesta fase de operação, determinou, aparentemente, baixos valores das variáveis em questão, isto porque se imaginou que a fonte primária de carbono pudesse ajudar no melhor desenvolvimento dos fungos. No entanto, apesar dos baixos percentuais de remoção de corante e matéria orgânica alcançados, verificou-se que mesmo sem fonte primária, os fungos foram capazes de utilizar o corante como fonte de carbono e energia.

-2ª fase de operação (TDH de 6 h, com adição de sacarose)

Neste ciclo, a adição de 0,5 g/L de sacarose, no afluente do RBF, permitiu, visualmente, o alcance de melhores eficiências quanto à remoção das variáveis analisadas, sendo os percentuais médios de remoção de 74% de corante, 84% de matéria orgânica bruta, 82% de matéria orgânica dissolvida, 80% de cor aparente e 78% de cor real.

Os percentuais de remoção de matéria orgânica (amostra bruta e filtrada), cor aparente e cor real se mantiveram próximos, podendo-se inferir que o desprendimento da massa fúngica foi irrelevante. A biomassa ao se desprender do material suporte contribui com aumento da concentração de matéria orgânica presente no efluente, representando a parcela de matéria orgânica em suspensão, elevando assim, a concentração em termos de DQO total. Nesta pesquisa, como os valores de matéria orgânica bruta e dissolvida ficaram muito próximos, pode-se inferir que o meio suporte empregado (manta de polietileno) foi ideal para fixação dos fungos e estabelecimento do biofilme, permanecendo a biomassa bem aderida durante a operação do reator no TDH estudado.

Verificou-se, através do teste estatístico, que os percentuais de remoção de matéria orgânica, corante e cor aparente e real, obtidos nesta fase iguais, estatisticamente, aos encontrados sem adição de sacarose. Virtualmente, a adição de sacarose ofereceu melhores eficiências de remoção.

3.2.2 Segundo ciclo

- Operação em TDH de 8 h

Os resultados de remoção média alcançados pela unidade (RBF) foram de 53% de corante, 71,6% de matéria orgânica bruta e 73% de matéria orgânica filtrada, em termos de DQO, 53% de cor aparente e 40% de cor real. Esses resultados demonstraram, aparentemente, que o TDH de 8 h não foi determinante para melhores resultados de remoção, visto que em 6 h de detenção hidráulica, o reator apresentou melhores percentuais de remoção, de forma que os fungos não necessitaram de maior tempo de contato com o corante para se alcançar melhores percentuais de remoções. O teste estatístico comprovou que, sob variação de TDH, as médias de remoção de 6 h e 8 h foram iguais.

Tunussi e Sobrinho (1997) obtiveram remoção de 50% da cor aparente no tratamento com lodos ativados, sob TDH de 10 h em efluente têxtil. A remoção de cor aparente nos diferentes ciclos de operação do RBF foram maiores que 50% de remoção, indicando o melhor desempenho dos fungos como inóculo de unidade biológica de pós-tratamento de reator anaeróbio.

3.2.3 Comparações entre as remoções dos ciclos no RBF

Na Figura 4 são apresentados os percentuais de remoção de matéria orgânica filtrada nos ciclos de operação estudados.

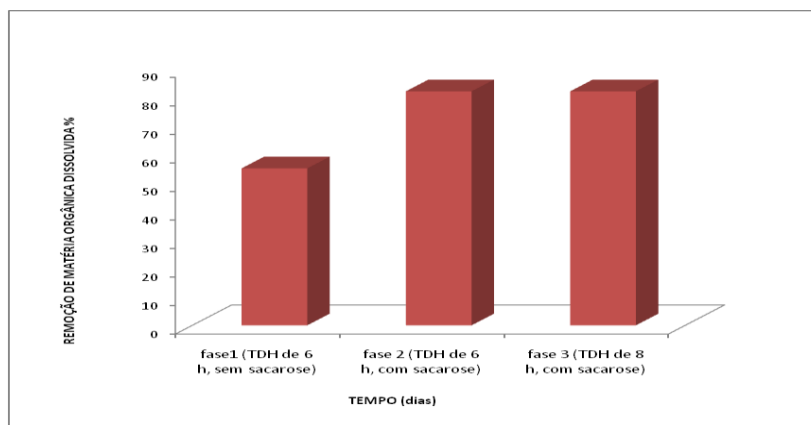


Figura 4- Remoção de matéria orgânica bruta nos ciclos do reator biológico com fungos.

Dos Santos *et al.* (2007), avaliando a influência do TDH em reatores com *Aspergillus niger* no tratamento de efluente têxtil bruto, obtiveram melhores remoções com o aumento do tempo de detenção hidráulica, que passou de 8 h para 12 h. Os autores também avaliavam a introdução de fonte primária de carbono (glicose) e sua influência sobre o metabolismo dos fungos, no entanto não obtiveram melhores resultados, concluindo que a glicose não foi fator determinante para melhores valores de remoção das variáveis em estudo.

No presente artigo, a melhora significativa das remoções com a introdução da sacarose na alimentação do RBF não pode ser constatada estatisticamente, visto que a aplicação do teste ofereceu indicativo que as remoções foram iguais, tanto com adição de sacarose, como sem adição.

Félix *et al.* (2006), utilizando água residuária de indústria petrolífera em reator de fluxo contínuo inoculado com *Aspergillus niger* tiveram as melhores remoções de matéria orgânica, em termos de DQO bruta, em TDH de 8 h, com percentual de 79% de remoção média, enquanto que nessa pesquisa, no TDH de 8 h a remoção média de DQO bruta foi de 71,6%. Santos *et al.* (2006) avaliaram o desempenho da remoção de matéria orgânica bruta em reator UASB seguido de reator biológico com fungos sob diferentes tempos de TDH, tratando água residuária da indústria de caju, sendo as melhores remoções globais em 4 h e 2 h ambas para reator com fungos, com 93,8% de eficiência. No presente trabalho o TDH mais eficiente para remoção global de DQO foi o de 8 h, com 83%.

Na Figura 5 são apresentados percentuais de remoção entre as fases do reator com fungos com corante.

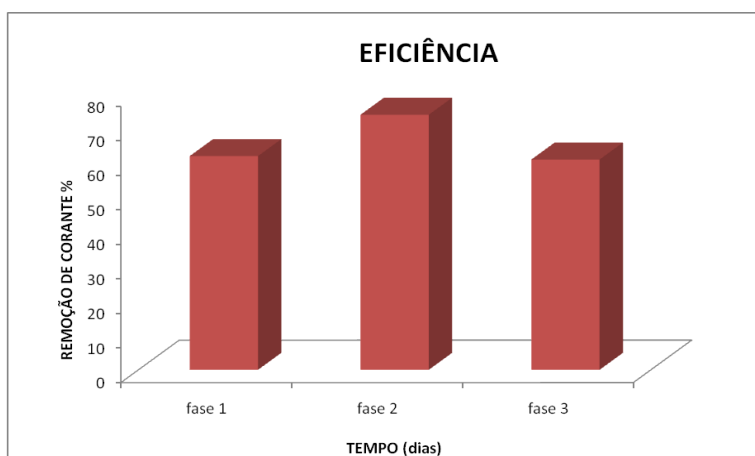


Figura 5 – Remoção de corante nas fases de operação do reator biológico com fungos.

No caso da redução da concentração do corante Vermelho Congo, no RBF, aparentemente, o melhor TDH foi de 6 h, chegando a 90% de remoção, no 64º dia de operação, enquanto que no TDH de 8 h o percentual médio atingido foi de 53%. Entretanto, com aplicação do teste estatístico, comprovou-se que as remoções nos TDH de 6 h e 8 h foram iguais.

A carga orgânica média aplicada no RBF foi de 15mg DQO/L.dia, sendo a maior concentração 43,4 mg DQO/L.dia, e a menor 3,6 mg DQO/L.dia. A COV influenciou, assim como no filtro anaeróbio, a remoção de matéria orgânica carbonácea, sendo fator limitante para o alcance de melhores resultados, ou seja,

com um aumento de carga orgânica (64,6 mgDQO/L.dia, com remoção de 9% de matéria orgânica bruta) sobre os fungos, estes não responderam com melhores remoções.

A remoção média de matéria orgânica, em termos de DQO, no sistema anaeróbio/aeróbio, foi de 76% (amostra bruta), 59% (amostra filtrada), tendo-se registrado ainda eficiências médias para o referido sistema de 86% corante, 87% cor real e de 70% cor aparente (Figura 7).

4. CONCLUSÕES

Em linhas gerais, a conjugação dos tratamentos biológicos anaeróbio-aeróbio, com utilização de fungos no pós-tratamento, mostrou boa viabilidade. A variação no TDH de operação e adição de sacarose no afluente do RBF demonstrou, através da utilização do teste estatístico (T-Teste), que não houve influencia na obtenção de melhores resultados de remoção das variáveis estudadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20^a ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
2. CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Volume 5. 10^a ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte -1997.
3. Dos SANTOS, E. V. M *et al* . **Avaliação de dois TDH no tratamento biológico de efluente têxtil em reatores com fungos**. II Congresso de Pesquisa e Inovação tecnológica da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa – PB – 2007.
4. FÉLIX, J.P.L *et al* .**Remoção de DQO e fenóis totais presentes em efluentes de indústria petrolífera utilizando reatores de leito fixo e fluxo contínuo inoculado com *Aspergillus niger* AN400**. Gestão e tratamento de resíduos líquidos gerados na cadeia produtiva do petróleo: 1^a Coletânea de trabalhos técnicos /coordenador Mário Takayuki Kato; prefácio Antônio Fernando de Souza Queiroz. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2006.
5. GUARATINI, C.C.T. e ZANONI, M. V. B. "**Corantes Têxteis**", Química Nova, p. 71- 78(1999).
6. HASSEMER, M. E. N.; SENZ, M. L. **Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação**. Engenharia sanitária e ambiental, v. 7, n. 1, p. 30-36, jan./mar. 2002.
7. HEINFLING, A.; MARTINEZ, M. J.; MARTINEZ, A. T.; BERGBAUER, M.; SZEWZYK, U. **Transformation of industrial dyes by Manganese Peroxidases from *Bjerkandera adusta* and *Pleurotus eryngii* in a Manganese-Independent Reaction**. Applied And Environmental Microbiology, v. 64, n. 8, p. 2788- 2793. Ago. 1998.
8. MUSTAFA, Isik ; DELIA, Tereza Sponza. **Effects of alkalinity and co-substrate on the performance of an up flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor through decolonization of Congo Red azo dye**.Bioresource Technology. Aceito em 1º de julho de 2004.
9. KUNZ, A.; PERALTA-ZAMOTRA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. **Novas tendências no tratamento de Efluentes têxteis**. Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 78-82, jan. /fev. 2002.
10. LIMA, A. LÚCIA. **Degradação de corantes têxteis por bactérias**. Monografia (Centro universitário da fundação de ensino Octávio Bastos) São João da boa vista, 2004.
11. SAMPAIO, G. M. M. S. **Remoção de metil paration e atrazina em reatores com fungos**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo). São Carlos, 2005.
12. STEVENSON, William J. **Estatística aplicada à administração**; Tradução Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Harper e Row do Brasil, 1981.
13. STLOZ, A. **Basic and applied aspects in the microbial degradation of azo dyes**. Appl Microbial Biotechnol, v. 56, p. 69-80, jun. 2001.

14. TOLEDO, A.G *et al.* **Efeito da carga orgânica no desempenho de um bioreator de leito fluidizado trifásico.** 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.
15. TUNUSSI, J.L; SOBRINHO, P.A. **Remoção de cor e nitrificação de efluentes de tinturaria têxtil através de processos biológicos anaeróbio aeróbio,** *AIDIS*, 2003.
16. VAN DER ZEE, F., VILLAYERDE, S. **Combined anaerobic-aerobic treatment of azo dyes-A short review of bioreactor studies.** Water Research, v. 39, p.1425-1440. 2005.
17. VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, p.211, v.2. 1996.
18. ZAIAT, M. **Desenvolvimento de reator anaeróbio horizontal de leito fixo para tratamento de águas residuárias.** Dissertação (D. Sc) – Escola de Engenharia de São Carlos/ USP, São Paulo, 1996.