

ENSAIOS DE TOXICIDADE E REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR PROCESSO BIOLÓGICO

**Heraldo ANTUNES SILVA FILHO (1); Elivânia VASCONCELOS MORAES DOS SANTOS (2); Glória MARIA MARINHO SILVA SAMPAIO (3); Kelly DE ARAÚJO RODRIGUES (4)
Isabelle ARTHAUD (5)**

(1) UFCG, Rua João Julião Martins 413 apto. 204. Campina Grande - PB, (83) 3333-2127, e-mail:

heraldo_antunes@yahoo.com.br

(2) UFCG, e-mail: lili.v.m.s@hotmail.com

(3) CEFET-CE, e-mail: gloriamarinho@cefet-ce.br

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

(5) UFC, e-mail: isabellearthaud@hotmail.com

RESUMO

O tratamento de efluentes com presença de compostos recalcitrantes é hoje um desafio para a Engenharia Sanitária à medida que se tenha que desenvolver processos específicos para cada tipo de efluente recalcitrante. Essa pesquisa objetivou investigar a eficiência na remoção de dois tipos de corantes têxteis de um efluente sintético, aplicando um reator biológico aeróbio. O estudo foi desenvolvido em quatro fases no período de quatro meses: produção do efluente sintético têxtil; montagem e operação de um reator de leito fixo e fluxo ascendente inoculado com *Aspergillus niger* AN400, ensaios biológicos de toxicidade com *Artemia* sp., e teste de inibição do *Aspergillus niger* AN400 aos corantes têxteis. A espécie estudada sofreu modificações genéticas para a remoção da sua ação patogênica, facilitando o seu manuseio. Padronizou-se a quantidade do inóculo fúngico com a contagem dos esporos inoculados, além da padronização do efluente usado, sendo o mesmo sintético. Os corantes estudados foram o PRETO PIRAZOL 1500 e o AZUL MARINHO SOLAR BL250, ambos fabricados pela Clariant. Foi obtida uma remoção média de 68,44% para o corante AZUL MARINHO SOLAR BL250 e de 69,44% para o corante PRETO PIRAZOL 1500, além disso, o corante não se mostrou tóxico ou inibitório nos ensaios de toxicidade realizados.

Palavras-chave: ensaio de toxicidade, corante têxtil, tratamento biológico, *Aspergillus niger* AN400.

1. INTRODUÇÃO

Não apenas os países desenvolvidos, mas também os em desenvolvimento vêm sendo afetados pelos problemas ambientais, com isso a preocupação mundial e o interesse público sobre o meio ambiente têm aumentado. Isso ocorre pelo fato de que o crescimento econômico acelerado tem levado ou ocasionado a exploração de recursos naturais, até então intocados, de forma inadequada.

A indústria têxtil é uma das primeiras indústrias na história da maioria dos países, inclusive do Brasil, sendo responsável pela geração de muitos empregos diretos e indiretos. Esta característica faz com que a indústria têxtil assuma um papel de extrema importância na economia, bem como na qualidade da vida da população que atua nesse segmento.

Essas indústrias são responsáveis pela geração de grande quantidade de resíduos com baixos níveis de degradação, incluindo os corantes e, conseqüentemente, dificuldade de tratamento e disposição final. A degradação biológica tem tido sucesso em alguns casos, porém a baixa degradabilidade destes compostos tem resultado em níveis de degradação não satisfatórios.

Esses resíduos apresentam grande potencial de poluição, principalmente quando lançados nos mananciais. Devido às suas características químicas que lhe conferem grande estabilidade, eles são bastante persistentes no ambiente. Sua toxicidade varia com o grupo químico e a estrutura, sendo os mais tóxicos os corantes à base de benzidinas e catiônicos.

Várias tecnologias têm sido empregadas para o tratamento destes resíduos, sendo mais comuns o uso de tratamento biológico por lodo ativado, reatores anaeróbios e tratamentos físicos e químicos. Na maioria dos casos, o tratamento por lodo ativado tem resultado em remoção incompleta da cor e formação de grande volume de lodo inviabilizado para reutilização. Esse lodo não pode ser descartado no meio ambiente, necessitando de um novo tratamento, geralmente compostagem, ou precisando ser armazenado como resíduo passivo em aterros industriais. Além de produzir em muitos casos, compostos mais tóxicos e poluentes do que os próprios corantes. Isso ocorre devido à oxidação incompleta dos corantes que pode provocar na formação de metabólitos tóxicos.

Para a degradação dos corantes ser considerada eficiente deve resultar em redução nos níveis de toxicidade pela degradação completa das moléculas sem a formação de metabólitos tóxicos. Assim sendo, a formação de metabólitos durante a degradação dos corantes pode ser monitorada por meio de testes utilizando organismos sensíveis a substâncias tóxicas como bioindicadores.

A utilização de fungos como formadores de biofilme para tratamento desses efluentes vem sendo amplamente estudada. A vantagem dessa tecnologia se dá na capacidade que os fungos têm de produzir enzimas fortemente oxidativas. Essas enzimas conseguem oxidar grande variedade de compostos considerados tóxicos e recalcitrantes, como os compostos aromáticos, agrotóxicos e derivados do petróleo.

Esse trabalho objetiva remover cor e corante têxtil de um efluente sintético contendo dois corantes através de um reator biológico inoculado com fungo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos principais problemas das indústrias têxteis é o efluente gerado, principalmente pela elevada DQO e coloração devido à presença de corantes, pigmentos e produtos químicos auxiliares, que fazem com que o efluente têxtil necessite de um tratamento específico (KANG *et al.*, 1999).

Segundo BRAILE & CAVALCANTI (1993) as águas residuárias têxteis apresentam como principais características pH variando de 8 a 11, turbidez elevada, cor dependendo do corante utilizado com predominância, teor de sólidos totais variando de 1000 a 1600 mg/L, DBO de 200 a 600 mg/L, alcalinidade total de 300 a 900 mg/L e sólidos em suspensão de 30 a 50 mg/L.

Além dos corantes e pigmentos são utilizados produtos auxiliares, como: permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, metassilicato de sódio, metabissulfito de sódio, hipoclorito de sódio, sal, barrilha, carbonato de sódio, argila expandida, oxidantes e antioxidantes, enzimas, ácido acético, detergentes, amaciantes e ácidos graxos. Além de todos esses compostos, o efluente têxtil apresenta grande quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos, fazendo com que este tipo de efluente seja tóxico à vida aquática, pois diminui o oxigênio dissolvido e modifica as propriedades e características físicas dos cursos d'água (BRAILE e CAVALCANTI, 1993; SOTTORIVA, 2002).

As tecnologias utilizadas para o tratamento desses efluentes, mesmo atingindo resultados satisfatórios para substâncias isoladas, não consideram os efeitos dessas substâncias como um conjunto. Sem deixar de mencionar que amostras aquáticas ambientais contêm uma mistura de substâncias que podem apresentar efeitos sinérgicos, antagônicos, neutros ou aditivos. Com isso, a determinação dos parâmetros físico-químicos não irá avaliar esses efeitos em termos, por exemplo, de toxicidade (ZIOLI, 1997).

Os fungos apresentam uma estratégia nutricional especial em que suas células secretam enzimas extracelulares, as quais transformam polímeros em monômeros, ou seja, ocorre quebra de moléculas maiores resultando em menores para que possam ser absorvidas com maior facilidade.

Além disso, os fungos são considerados biodegradadores eficientes de polímeros de plantas naturais como lignina e celulose, e outros tipos de moléculas orgânicas como: ceras, borrachas, fenol, benzeno, tolueno, xileno e xenobióticos.

A espécie escolhida para ser estudada nesta pesquisa foi *Aspergillus niger* AN400, é considerada assexuada e saprófita, e pode ser encontrada em todo o mundo, tendo sido observada em uma grande variedade de habitats, por poderem colonizar inúmeros substratos. Esta característica possibilita facilidade quanto à produção, cultivo e utilização dessa espécie em pesquisas.

O *Aspergillus niger* é conhecido, principalmente, por sua habilidade em produzir enzimas e ácidos orgânicos por fermentação, especialmente, ácido cítrico. Muitos pesquisadores apostaram na eficiência desta espécie na remoção de substâncias complexas e de poluentes, e os resultados foram promissores (SÁ, 1997, SANTAELLA, 1997, 1999, GARCIA, 2000, GIFFONI, 2000, FACÓ, 2003; SAMPAIO, 2004; RODRIGUES, 2004; e SANTOS, 2006).

3. METODOLOGIA

3.1. Produção do efluente sintético têxtil

Para a produção do efluente sintético têxtil, tomou-se como base uma indústria têxtil de Maracanaú, que apresenta concentração média no efluente de: 40mg/L do corante azul e 25mg/L do corante preto, sendo essas concentrações as usadas para a alimentação do reator. Os corantes foram cedidos pela indústria estudada e os valores das concentrações dos mesmos no efluente foram determinadas mediante análises em laboratório.

Para a determinação da concentração desses corantes no efluente, foram feitas varreduras espectrofotométricas nos comprimentos de onda do espectro visível (400 a 800 nm), demonstrando picos de 585 nm para o corante azul e 485 nm para o corante preto, sendo estes, os comprimentos de onda adotados para a pesquisa, baseado em Dos Santos (2005). Três soluções estoque foram preparadas a partir dos corantes usados nessa indústria, dessas soluções preparou-se padrões de diluição para a montagem da curva de calibração e posterior leitura da concentração dos corantes em mg/L no comprimento de onda específico.

3.2. Montagem e operação do reator inoculado com *Aspergillus niger* AN400

Foi montado um reator aeróbio, de leito fixo e fluxo ascendente, inoculado com *Aspergillus niger* AN400, na concentração de 2×10^6 esporos/mL. O reator foi confeccionado em acrílico com volume total de 3,5 litros; dispositivos de entrada e saída da amostra a ser tratada, e um dispositivo para entrada de ar, cujo fornecimento foi realizado por mini-compressores de ar. Para a entrada do afluente ao reator foi usada uma bomba peristáltica controlando-se a vazão. O meio suporte empregado foi manta agulhada de poliamida cortada em quadrados de 2 x 2 cm, sendo pesado e acomodado dentro do reator.

Os esporos de *Aspergillus niger* AN400 foram cultivados em placas de Petri, em meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose, acrescido de 1mL solução de Vishniac por litro de meio de cultura, por três dias, em estufa bacteriológica na temperatura de 30°C. Logo após o crescimento eles foram removidos e contados gerando uma solução de esporos para uso em bancada na operação do reator e no teste de inibição do fungo ao corante que será descrito em 3.4.

Com o crescimento da massa fúngica em uma semana com recirculação e aeração, o meio de cultura foi substituído pelo efluente têxtil sintético constituído apenas dos corantes preto e azul nas concentrações de 40 mg/L e 25 mg/L respectivamente e água destilada, acrescido de 0,05 g de cloranfenicol/L; 1mL de

solução de Vishniac/L e o pH ajustado entre 4 e 5, com ácido clorídrico 1M, dando início à operação do reator, com tempo de detenção hidráulica (TDH) inicial ajustado para 12 horas. Nessa fase da operação a glicose foi removida, pretendendo-se verificar o crescimento e manutenção da massa fúngica apenas com os corantes, como fonte de energia.

As variáveis investigadas foram cor real e cor aparente referenciados em Apha et.al (1998) e concentração dos corantes preto e azul, dando especial atenção às concentrações dos corantes, devido à contribuição deles como poluidores potenciais dessas águas.

3.3. Caracteres Ensaios biológicos de toxicidade com *Artemia* sp

O teste utilizado para a análise de toxicidade foi o teste de toxicidade aguda com a espécie *Artemia* sp, conhecida também como camarão de salmora, que é um microcrustáceo pertencente ao filo Arthropoda, padronizado pela norma L5. 250, com modificações. Este bioensaio visa à obtenção da CL (50), isto é, a concentração em que se observa a mortalidade de 50% ou mais dos organismos teste expostos.

Inicialmente as amostras tiveram sua salinidade medida e corrigida para uma faixa entre 35 e 40 ppm, utilizando-se para isso uma solução concentrada de sal marinho, segundo a padronização do teste. Em seguida, foram preparadas 6 concentrações teste: 100 mg/L, 80 mg/L, 60mg/L, 40mg/L, 20 mg/L e 10mg/L utilizando água do mar filtrada como água de diluição. Foi feito um controle utilizando apenas água do mar filtrada. Foram realizados dois testes, um para cada corante, os ensaios foram feitos em placas multipoços estéreis (Figura 2) e em triplicata. Em cada poço foi colocada uma determinada concentração de corante e 1 ml de água do mar com 10 larvas de artemia, após 24 horas verificou-se os multipoços para determinação da dose letal. As câmaras A, B e C correspondem às triplicatas das 6 concentrações estudadas e as câmaras D correspondem ao ensaio de controle, ou branco.

3.4. Toxicidade dos corantes azul e preto ao *Aspergillus Niger* AN400

Foram preparadas placas de Petri com meio de cultura Agar Sabouraud Dextrose Cloranfenicol para cada corante (azul e preto) em duplicata, com variadas concentrações: 225 mg/L, 125 mg/L, 62,5 mg/L, 31,25 mg/L, 15,62 mg/L, 7,81 mg/L e 3,9 mg/L, além do controle que não possuía corante. O número de esporos de *Aspergillus niger* inoculados por placa foi 2×10^6 por mL. A linhagem empregada foi cedida pelo Subdepartamento de Genoma de Fungos da Universidade de Wageningen — Holanda.

Foram preparadas 32 placas de Petri, divididas em dois lotes, sendo cada lote constituído por uma duplicata. O meio de cultura empregado foi Ágar Sabouraud Dextrose Cloranfenicol (ASDC), a concentração dos corantes foram de 225 mg/L, 125 mg/L, 62,5 mg/L, 31,25 mg/L, 15,62 mg/L, 7,81 mg/L e 3,9 mg/L. Cada placa foi inoculada com 2×10^6 esporos de *Aspergillus niger*/mL. Para a escolha da faixa de concentração de corantes para serem testadas, levou-se em consideração os valores máximos e mínimos que são encontrados em efluentes têxteis. As placas foram incubadas a 30°C e observadas diariamente a fim de se verificar o crescimento do fungo. Na Tabela 1 é mostrada a distribuição das concentrações de corantes empregadas.

Tabela I – Concentrações de Corantes empregados no teste de toxicidade.

Lotes	1	2	3	4	5	6	7	Controle
Azul Marinho Solar BL250 (mg/L)	225	120	62,5	31,25	15,62	7,81	3,9	0
Preto Pirazol 1200 (mg/L)	225	120	62,5	31,25	15,62	7,81	3,9	0

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

4.1. Operação de um reator de leito fixo e fluxo ascendente inoculado com *Aspergillus niger* AN400

O reator biológico foi operado por um período de 3 meses, Agosto até Outubro de 2006, e os dados de operação referentes a esse período são apresentados abaixo (Tabela 2):

Tabela II: Dados de Operação do Reator Biológico.

	Massa total de corante gasto em gramas	% Médio de remoção
Azul Marinho BL250	39g em 910 litros	68%
Preto Pirazol 1500	31g em 1190 litros	69%
	Concentração total de corante removido g/L	Concentração de corante não removida g/L
Azul Marinho BL250	26,6 g/L	12,3 g/L
Preto Pirazol 1500	21,4 g/L	9,4 g/L

Para o Corante Azul Marinho BL250, foi observada uma remoção de 68,2% com desvio padrão de 2,12 após o processo de tratamento biológico (Figura 1). Para o corante Preto Pirazol 1500 foi observada uma remoção média de 69,44% com desvio padrão de 1,40 (Figura 2), sem apresentar muita diferença do percentual para o corante azul. Essa, relativamente, baixa remoção, pode ter ocorrido devido à composição do efluente sintético (água destilada + corante) que não foi adicionada da matriz do efluente original, ou seja, a falta de compostos comuns no efluente têxtil como: permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, metassulfato de sódio, metabissulfato de sódio, hipoclorito de sódio, sal, barrilha, carbonato de sódio, argila expandida, oxidantes e antioxidantes, enzimas, ácido acético, detergentes, amaciantes e ácidos graxos, onde a presença desses compostos podem interferir negativamente ou positivamente no tratamento. Porém o resultado foi positivo, pois mostrou que o fungo é capaz de se desenvolver e realizar suas atividades metabólicas mesmo em um ambiente hostil e com poucas fontes de nutrientes. Além da falta dos compostos auxiliares que caracterizam o efluente têxtil, também não houve adição de glicose no período de operação, mostrando assim, que o fungo é capaz de crescer sem essas fontes, somente com a presença do corante e água destilada, logo, ele o utiliza como fonte de nutrição e formação.

Santos (2006) tratando efluente bruto industrial têxtil com a mesma configuração biológica apresentada aqui, obteve percentuais mais elevados na remoção dos corantes estudados (80 a 95%). Nesse estudo de Santos, houve adição de glicose na concentração de 1mg/L como fonte primária de carbono e os constituintes secundários do efluente bruto têxtil (matriz do efluente) estavam presentes, pois se tratava de um efluente bruto, o que indica que um desses fatores quando presentes pode otimizar a remoção dos corantes quando comparados com efluente sintético.

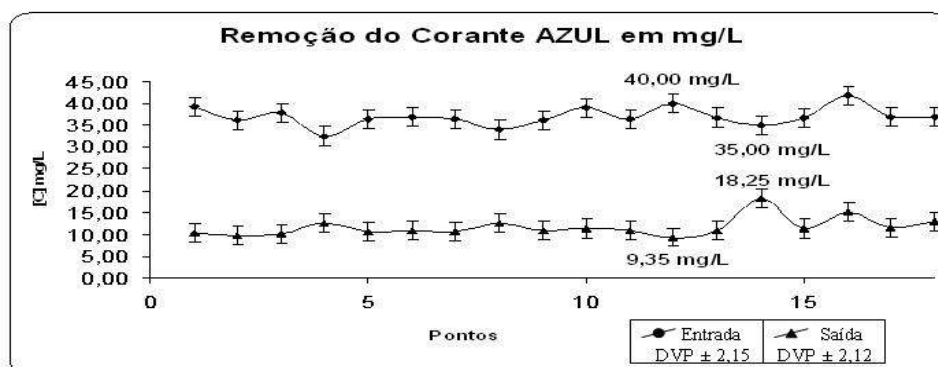


Figura 1: Remoção do Corante Azul, onde DVP = Desvio Padrão.

A cor desse tipo de efluente está diretamente relacionada com a presença de corantes, assim como a remoção desses corantes da água residuária proporciona uma redução da cor da mesma. Isso torna-se importante principalmente quando se trata de efluentes que são lançados em corpos hídricos receptores, pois valores elevados de cor podem dificultar ou até impedir a penetração dos raios de luz, o que pode acelerar processos como o da eutrofização e perda da biodiversidade da macro e microfauna, além da possibilidade de se gerar produtos tóxicos da oxidação parcial desses corantes, como aminas aromáticas.

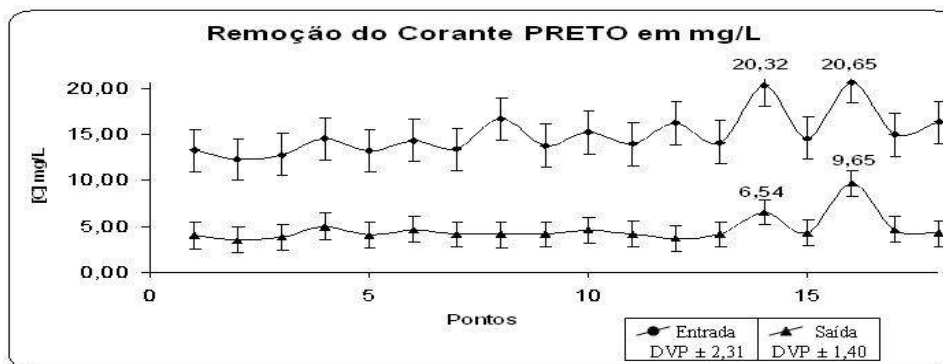


Figura 2:

Remoção do Corante Preto, onde DVP = Desvio Padrão

4.2. Ensaio Biológicos de Toxicidade em *Artemia* sp.

Na análise de toxicidade aguda feita com *artemia* sp. não foi detectado efeito tóxico letal antes do tratamento, ou seja, os corantes têxteis Azul Marinho Solar BL250 e Preto Pirazol 1200 nas concentrações testadas (20mg/L até 100mg/L) não mostrou-se ser tóxico. O efeito tóxico dos corantes tem sido estudado e em geral, os corantes não apresentam toxicidade aguda na maioria dos testes. Os grupos mais tóxicos foram os básicos e diazo diretos. De 4461 corantes testados, somente 44 (~1%) tiveram CL_{50} menor que 250 mg Kg^{-1} , enquanto 314 (~7%) tiveram CL_{50} maiores que 5000 mg Kg^{-1} . Porém, não se sabe o efeito dessas substâncias a longo prazo e estudos indicam que muitas são carcinogênicas ou mutagênicas.

Para a degradação ser considerada eficiente deve resultar em redução nos níveis de toxicidade pela completa degradação das moléculas sem a formação de metabólitos tóxicos. Assim sendo, novos ensaios devem ser feitos considerando agora o efluente tratado, para avaliar se houve ou não a formação de metabólitos tóxicos após o processo de degradação biológica.

Os problemas de tóxicos relacionados a corantes têxteis são devido a biotransformação ou oxidação parcial desses corantes, que em geral são constituídos de longas cadeias e bastante estáveis. Sua toxicidade varia com o grupo químico e a estrutura, sendo os mais tóxicos os corantes à base de benzidinas e catiônicos. Devido a essas características, torna-se importante proporcionar a oxidação completa desses compostos antes do lançamento, seja na rede coletora ou em um corpo hídrico receptor.

4.3. Toxicidade dos Corantes Azul e Preto ao *Aspergillus Niger* AN400.

No teste de toxicidade em placas, na primeira observação, 24h após a incubação, ocorreu crescimento de esporos de *Aspergillus niger* AN400 em todas as placas. Completadas 72 h (figuras 3 e 4) de incubação, quase todas as placas, com exceção das placas com concentração de 225,00 mg/L de corante preto apresentavam esporos de *Aspergillus niger* em toda a superfície. Após 240 h de incubação, foi que a placa com concentração de 225,00 mg/L de corante preto apresentou a superfície totalmente recoberta por esporos.

Contudo, o teste de toxicidade em placas mostrou que a espécie *Aspergillus niger* AN400 foi capaz de crescer satisfatoriamente em concentrações de corantes de até 125 mg/L. A presença de corante em concentrações elevadas não impediu a reprodução da espécie.

As concentrações de corantes testadas são consideradas altas quando comparadas à concentração encontrada em um efluente têxtil que variam de 20 a 60 mg/L (SANTOS, 2006). Entretanto, no Brasil, a Resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005 não estabelece valores para compostos específicos como os corantes em efluentes para que possam ser lançados em corpos d'água.

Partindo-se do princípio de que *Aspergillus niger* AN400 foi capaz de se reproduzir em concentrações que variaram de 100 a 125,00 mg/L, provavelmente concentrações inferiores a estas, poderão responder bem ao tratamento biológico com *Aspergillus niger* AN400 no reator biológico.

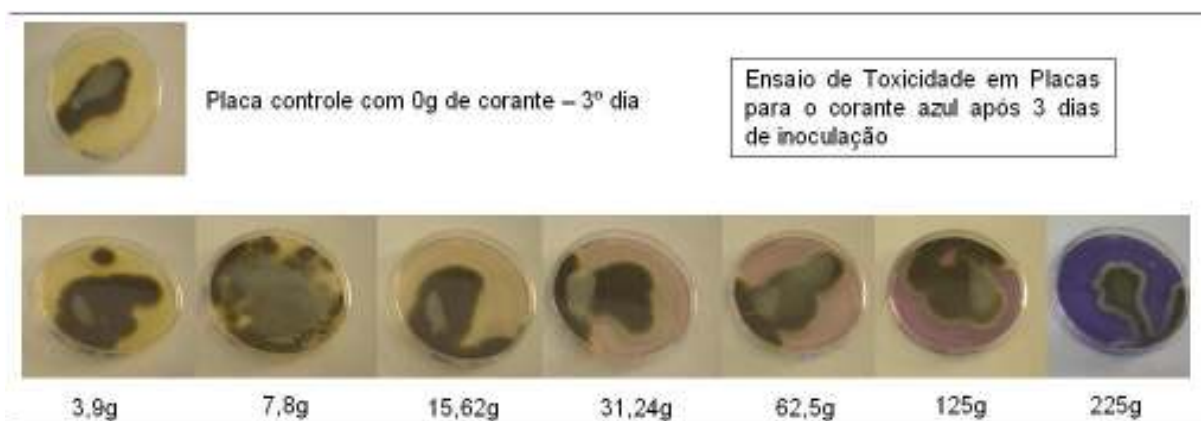


Figura 3: Ensaio de toxicidade em placas contendo diversas concentrações do corante azul e esporos em crescimento do fungo em estudo.

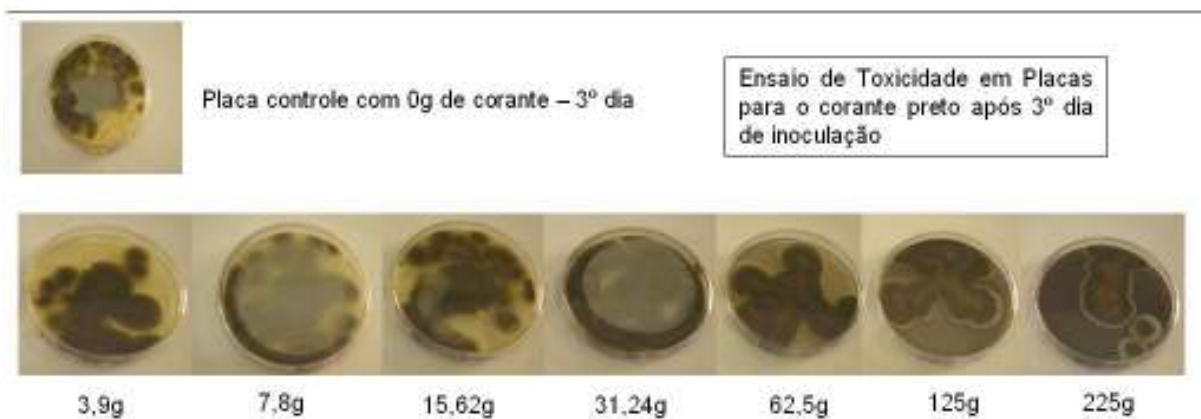


Figura 4: Ensaio de toxicidade em placas contendo diversas concentrações do corante preto e esporos em crescimento do fungo em estudo.

O teste de toxicidade em placas é um ensaio semi-qualitativo/quantitativo, pois determina faixas onde houve ou não o crescimento do fungo, porém não determina a forma que ocorreu a inibição (morte das células fúngicas ou inibição do crescimento com possível reativação posterior). Apesar disso, torna-se uma ferramenta importante para estudos onde se desconhece os efeitos do poluente sobre a biota responsável pelo tratamento.

5. CONCLUSÃO

Foi possível constatar que existe uma viabilidade no tratamento de efluente sintético têxtil através do emprego de um reator de leito fixo e fluxo ascendente inoculado com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400. Essa viabilidade foi observada na remoção de mais de 60% da concentração dos principais corantes presentes nesse tipo de efluente, esse percentual reflete as condições em que foi realizado o estudo, onde o efluente era sintético e sem adição dos principais elementos que constituem um efluente têxtil, que podem interferir no tratamento como inibidores da massa biológica ou como fonte de energia e carbono. Em estudos recentes, sistemas parecidos como o que foi apresentado obtiveram remoções dos mesmos corantes de estudo de quase 98%, o efluente não era sintético e houve adição da glicose (SANTOS, 2006). O que mostra que a matriz que compõem o efluente têxtil, assim como a adição de glicose, otimizam o tratamento elevando o percentual de remoção em aproximadamente 30%. Foi observado também que a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400 é capaz de crescer e se desenvolver apenas na presença dos corantes e água, o que

mostra um processo realmente biológico de tratamento, não excluindo a possibilidade de tratamento e/ou otimização por adsorção e biosorção.

Para os testes de toxicidade, constatou-se que o efluente contendo corantes usados na indústria têxtil e sem ter sofrido nenhuma alteração ou transformação, não apresenta toxicidade nas concentrações de 20 a 100 mg/L. Mais estudos precisam ser feitos em relação a toxicidade desses corantes observando agora a toxicidade do efluente gerado após o tratamento, para a verificação de produção ou não e metabólitos tóxicos.

O ensaio de toxicidade do *Aspergillus niger* ao corante mostrou que o fungo é capaz de crescer em todas as concentrações testadas, apesar de apresentar crescimento reduzido nas concentrações superiores a 125 mg/L. Esse teste possibilita que pesquisas futuras, que pretendam testar esses tipos de corantes com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400, possam basear-se numa faixa conhecida de operação e dosagem dos mesmos.

REFERÊNCIAS

APHA (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington D.C.: American Public Health Association.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. (1993). *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. CETESB.

BRASIL (2005). *Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA - Resolução Nº357 de 17 de março de 2005*, Classificação das águas doces, salobras e salinas do Território nacional. Diário Oficial da União, Brasília Seção 1, pp. 58-63.

DOS SANTOS, A. B. (2002). *Reductive Decolorisation of Dyes by Thermophilic Anaerobic Granular Sludge*. Wageningen, 2005 Amarante Júnior, O.P.; Santos, T.C.R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. Quim. Nova, v. 25, nº 4, pp. 589-593.

- KANG, S-F.; LIAO, C-H.; HUNG, H. *Peroxidation treatment of dye manufacturing wastewater in the presence of ultraviolet light and ferrous ions*. Journal Hazardous Materials, v.65, p.317-333,1999.

FACÓ, A. M.; SANTAELLA, S. T.; SAMPAIO, G. M. M. S.; SANTOS, E. M. A. (2003). *Tratamento biológico de percolado de aterro sanitário através de processo biológico com fungos*. III Encontro de pesquisa e pós-graduação do CEFET, Fortaleza-CE- Brasil.

GARCIA, I. G., PEÑA, P. R. J., VENCESLADA, J. L. B., MARTIN, A. M., MARTIN, M. A. S., GÓMEZ, E. R. (2000). *Removal of phenol compounds from olive oil wastewater using *Phanerochaete chrysosporium*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* and *Geotrichum candidum**. Process Biochemistry, v. 35, pp. 751 – 758.

GIFFONI, D. A. (2000). *Filtros Biológicos aplicado ao tratamento de água residuária sintética de laticínios*. Fortaleza. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará).

RODRIGUES, K. A.; ZAIAT, M.; SAMPAIO, G. M. M. S.; SANTAELLA, S. T. (2004). *Redução da concentração de fenol em água residuária sintética em reatores biológicos com fungos*. VI Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD rom. Natal – RN.

SÁ, I.M.B. (1997). *Biotratamento de efluente de uma indústria de laticínios por ação de fungos decompositores*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 83p.

SAMPAIO, G. M. M. S., SANTOS, E. A., FACÓ, A. M., LEITÃO, R. C., MENEZES, E. A., SANTAELLA, S. T. (2004). *Pós-Tratamento de efluente de um reator UASB através de um reator biológico*

com fungos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.9, n.1, p.73-81, jan./mar.

SANTAELLA, S. T. (1997). *Estudos de tecnologias apropriadas para tratamento de efluentes da indústria de castanha de caju*. Fortaleza: UFC, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental,. 31p. (Relatório Institucional de Pesquisa).

SANTAELLA, S. T. (1999). *Estudos de tecnologias apropriadas para tratamento de efluentes da indústria de castanha de caju*. Fortaleza: UFC, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 31p. (Relatório Institucional de Pesquisa).

SANTOS, E. V. M.; (2006). *Tratamento Biológico de Água Residuária Industrial Têxtil em Reatores de Leito Fixo e Fluxo Ascendente com Aspergillus niger AN400*. Monografia. Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. 78p.

SOTTORIVA, P.R.S. *Degradação de corantes reativos utilizando-se processos oxidativos avançados*. Curitiba, 2002. p. 3-11, Dissertação (Mestrado em Química)- Universidade Federal do Paraná.

ZIOLI, R. L. *Avaliação da toxicidade por ensaios com microorganismos aquáticos*. Tecnia Rer. Ed. Tec. Da ETFG.; v.2, n.2, p. 148-151, 1997.