

## 25º. Encontro Técnico AESABESP

### DEGRADAÇÃO DE EFLUENTE TÊXTIL SINTÉTICO POR *ASPERGILLUS NIGER* AN 400 EM REATOR DE BATELADAS SEQUENCIAIS

#### **Alyce Helida Bastos de Sousa** <sup>(1)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará-Campus Maracanaú. Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental – PGTGA/IFCE.

#### **Carolina de Oliveira Marinho**

Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental – PGTGA/IFCE.

#### **Aurenivia Maria Cavalcante Martins**

Graduanda em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará-Campus Fortaleza.

#### **Glória Maria Marinho Silva**

Graduada em Farmácia pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil-Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental pela UFC. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Professora doutora do Instituto Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental – IFCE/PGTGA.

#### **Kelly de Araújo Rodrigues Pessoa**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão. Mestre em Saneamento Ambiental - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental pela UFC. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Professora doutora do Instituto Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental – IFCE/PGTGA.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Alcântara Bilhar, 677 apt 401 bloco E- Padre Andrade- Fortaleza- Ceará- CEP: 60356.530- País - Tel: +55 (85) 3235.6939- e-mail: [alycehelida@gmail.com](mailto:alycehelida@gmail.com).

#### **RESUMO**

Nas indústrias têxteis, o maior consumo de água e, conseqüentemente, a maior geração de efluentes coloridos, estão nas etapas de lavagem, tingimento e acabamento. Para o seu tratamento adequado pesquisas com fungos despontam como uma alternativa atrativa, devido ao grande potencial destes micro-organismos de degradar diferentes compostos, particularmente, os recalitrantes. A espécie *Aspergillus* é conhecida por sua capacidade de utilizar corantes como substrato, transformando-os em compostos não tóxicos ou de baixa toxicidade, tendo sido utilizada neste estudo para degradar efluente sintético da etapa de pós- tingimento de uma indústria têxtil. O reator em bateladas sequencias tinha volume reacional de 4 L e foi operado em 5 ciclos com tempo de retenção (TR) de 7 dias. A média de remoção do corante Índigo carmin foi de 97,7%, sendo a máxima de 99,96%. As eficiências médias de remoção de DQO bruta e solúvel foram de 33,7% e 34,3%, respectivamente e para nitrato, nitrito e amônia 22,1%, 38,2% e 27%, respectivamente. Os valores de pH mínimo de 4,5 e máximo 7, 2 estavam na faixa ideal para o crescimento de fungos do gênero *Aspergillus*. Em face dos bons resultados alcançados esse tratamento pode ser em reatores visando o tratamento de efluentes têxteis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria Têxtil, Tratamento Biológico, *Aspergillus niger*.

## INTRODUÇÃO

Do total de água disponível para consumo, cerca de 22% é utilizada nas diversas atividades industriais. Desta forma, aumenta o interesse pela introdução de uma tecnologia, que se fundamenta na utilização de matérias primas alternativas não poluidoras, na redução do consumo, no reuso e/ou reciclagem da água e no tratamento de resíduos (SOUZA, 2006).

As indústrias têxteis têm contribuído largamente para a contaminação ambiental, devido à grande produção de resíduos com baixos níveis de degradação incluindo corantes, provenientes das etapas de tingimento, sendo descartados efluentes com intensa coloração. Entretanto, este tipo de efluente possui uma composição extremamente variável, devido à diversidade dos corantes (DELLAMATRICE, 2005).

O maior consumo de água e, conseqüentemente, a maior geração de efluentes, estão nas etapas de lavagem, tingimento e acabamento. A carga de poluente presente neste efluente está diretamente relacionada com a fibra do tecido cru. Além dos corantes, pigmentos e produtos auxiliares, o efluente têxtil apresenta grande quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos, fazendo com que este tipo de efluente apresente toxicidade à vida aquática, pois diminuem o oxigênio dissolvido e modificam as propriedades e características físicas dos cursos d'água (MAGALHÃES, 2007).

Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento (KUNZ *et al.* 2002). A concentração de apenas um miligrama de corante por litro de água é capaz de colorir em parte um manancial, e com isso, prejudicar o processo de fotossíntese pela redução de penetração da luz solar (ALMEIDA *et al.* 2012; ALI e EL-MOHAMEDY, 2012).

Os corantes são comumente comercializados sob as formas natural e sintética. Há atualmente uma maior e diversificada demanda por corantes sintéticos, o que é motivo de preocupação, pois muitos estudos indicam que essas substâncias são potencialmente tóxicas podendo provocar dermatites, alergias, rinites, alterações carcinogênicas e mutagênicas (OBÓN *et al.* 2005).

O índigo carmim é um corante azul sintético utilizado na indústria têxtil para o tingimento de roupas (jeans); na indústria alimentícia; de cosméticos; em aplicações na medicina e também como indicador em química analítica (OTHMAN *et al.* 2006).

Para o tratamento adequado desses efluentes pesquisas com uso de tratamentos biológicos com fungos desponta como uma alternativa atrativa, devido ao grande potencial destes micro-organismos de degradar diferentes compostos, particularmente, os recalcitrantes. Isso se deve a capacidade dos fungos de produzir grande quantidade de enzimas, o que tem despertado interesse para mitigar esses efeitos negativos ao meio ambiente (LUKE e BURTON, 2001).

Tanto os fungos como as bactérias podem ser usados para a biodegradação, mas são os fungos que apresentam uma maior eficiência para degradar moléculas mais complexas através da produção de enzimas específicas (SOUZA e ROSADO, 2009).

O potencial elevado dos fungos de biodegradar os corantes utilizados na indústria têxtil é explicado pelo fato dos microrganismos identificarem o corante e usá-lo como nutriente, transformando-o em substâncias menos complexas e absorvidas por eles (HANSEN, 2009). Isso acontece porque os fungos produzem enzimas capazes de decompor as ligações entre as moléculas de substâncias tóxicas e recalcitrantes como a dos corantes, consecutivamente diminuindo as moléculas e absorvendo-as com maior facilidade (CHANDER E ARORA, 2007).

As espécies de fungos *Aspergillus* são conhecidas por sua capacidade de utilizar corantes como substrato, transformando-os em compostos não tóxicos ou de baixa toxicidade, o

que ocorre pela produção de enzimas extracelulares, as quais tornam o organopoluente acessível para assimilação. (RODRIGUES, 2006). A espécie *Aspergillus niger*, em função das condições do meio, é capaz de produzir mais de 19 enzimas diferentes, tais como celulasas, peroxidases, lactases, lacases e amilases (SPIER, 2005).

No Brasil, o controle de cor de efluentes líquidos é feito através de padrões de qualidade de corpos d'água (comumente rios) que recebem estes despejos. Os padrões de qualidade da água para o lançamento de efluentes para corantes/cor estão dispostos na Resolução Federal CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005 e Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011.

Dentro deste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a viabilidade da aplicação do fungo *Aspergillus niger* AN400 na degradação do corante Índigo Carmim em efluente têxtil sintético em um reator de bateladas sequenciais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **CULTIVO, PRODUÇÃO E CONTAGEM DOS ESPOROS DE *Aspergillus niger* AN400**

O cultivo e produção da espécie fúngica foi realizado a partir dos esporos de *Aspergillus niger* AN400 produzidos em placas de Petri estéreis, contendo 15 mL de meio de cultura *Agar Sabouraud Dextrose*, acrescido de 1 mL de solução de Vishniac por litro (g/L): EDTA (10,0), ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (4,4), MnCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O (1,0), CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O (0,32), (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O (0,22), CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O (1,47), FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (1,0), como fonte de micronutrientes para os fungos, além de clorafenicol (0,05 g/L) a fim de minimizar o crescimento bacteriano. Antes de ser adicionado nas placas, o meio foi esterilizado a 121° C, durante 15 minutos.

As placas permaneceram a 28°C, por cinco dias, para o crescimento dos esporos em toda sua superfície, período após o qual os mesmos foram removidos para tubos de ensaio para posterior contagem. A remoção dos esporos das placas de Petri foi realizada com uso de alça de *Drigalsky* e solução de *Tween 80*.

Para a realização da contagem dos esporos foram utilizados 50 µL da suspensão, previamente homogeneizados em agitador tipo Vórtex, acrescido de 950 µL de solução *Tween 80*, resultando em diluição de 1:20. Em seguida, 20 µL da solução preparada foram transferidos para câmara de Newbauer, onde se procedeu a contagem dos esporos em microscópio óptico Bioval com aumento de 40 vezes.

### **IMOBILIZAÇÃO DA BIOMASSA**

A espécie de *Aspergillus niger* AN400 foi imobilizada em espuma de poliuretano, cortada em cubos de 1 cm de aresta. Para o para promover o crescimento microbiano no material suporte antes de sua introdução no reator foram utilizados seis frascos (erlenmyer) de 250 mL, contendo 1 g/L de glicose e meio aquoso com a seguinte composição (g/L): (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5), NaNO<sub>3</sub> (0,25), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0,20), MgSO<sub>4</sub> (0,25), CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O (0,01), CuSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O (0,08), H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> (0,05), MnSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O (0,05), Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (0,05), ZnSO<sub>4</sub> (0,04) e cloranfenicol (0,5).

Cada erlenmyer recebeu 2,5 g de espuma e 150 mL do meio, ambos foram previamente esterilizados em autoclave a 121°C durante 15 minutos. O inóculo foi adicionado ao meio na concentração de 2x10<sup>6</sup> esporos/mL.

Os erlenmyers foram mantidos em mesa agitadora a 150 rpm, durante 72 h. Após este período, o meio aquoso foi novamente preparado a fim de substituir o que estava no interior dos frascos, de modo a promover melhor crescimento o fungo. Ao todo, a imobilização durou 7 dias.

Após esta etapa, as espumas contendo o biofilme formado foram transferidas para o reator em bateladas sequenciais para a partida do mesmo.

### **MONTAGEM E OPERAÇÃO DO REATOR EM BATELADA SEQUENCIAL COM BIOMASSA IMOBILIZADA**

O reator consistia de recipiente de vidro, com volume total de 5 L e volume útil de 4 L, sendo vedado com tampa plástica específica (Figura 2) e envolto por saco preto de polietileno para evitar possível fotodegradação. A aeração foi mantida com uso de mini-compressor de ar com vazão de 250 L/h e a alimentação foi feita com uso de água residuária sintética preparada.

O reator foi operado por 13 ciclos, com TR (tempo de retenção) de 7 dias em cada ciclo, sendo apresentados no presente trabalho os 5 últimos ciclos operacionais devido à impossibilidade de realização de análises nos primeiros 8 ciclos.

O volume amostral retirado em cada ciclo para a realização das análises foi apenas 10% do volume útil do reator por ciclo estudado. Foi realizado o monitoramento do pH, matéria orgânica e descoloração do corante. As análises foram realizadas utilizando os métodos descritos por APHA (2005).

As eficiências de descoloração foram a partir das análises espectrofotométricas das alíquotas, utilizando-se as absorvâncias a 675 nm (cor real) medidas em espectrofotômetro UV-Vis Shimadzu 1601 PC. O comprimento de onda de 675 nm foi adotado a partir dos espectros moleculares dos corantes sintéticos que apresentam uma maior absorvância neste valor.



**Figura1-Reator Sequencial com biomassa imobilizada**  
**Fonte: Autor (2014).**

### **ÁGUA RESIDUÁRIA SINTÉTICA**

Foi realizado um estudo preliminar, no qual foram caracterizadas alíquotas dos tanques de lavagem de uma indústria têxtil. Com base nesses dados foi simulada uma água sintética com características e concentrações de corante semelhante ao do último tanque do processo de lavagem, no qual sua concentração estava em torno de 100 mg/L, valor permanecido para a confecção da água.

A preparação do efluente sintético foi feita com água de torneira acrescida do corante, e hidrossulfito de sódio.

Assim como na indústria, foi adicionado o hidrossulfito de sódio, pois segundo Song *et al.* (2010) o corante índigo Carmim é fundamentalmente insolúvel em água, sendo sua solubilização corrigida por esse composto tendo como produto obtido uma forma reduzida solúvel em água denominada "leuco". Também foi acrescentado ao meio glicose com concentração de 1 g/L, Vishiniac com concentração de 1mL/Le antibiótico com concentração de 0,5g/L a fim de evitar a proliferação de bactérias, além da adição do hidrossulfito de sódio na concentração de 0,02 g/L.

### **RESULTADOS OBTIDOS**

A água residuária sintética que alimentou o reator biológico durante o experimento tinha as características apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Características da água residuária sintética que foi utilizada na alimentação do reator**

VARIÁVEL	CONCENTRAÇÃO MÉDIA [mg/L] / DESVIO PADRÃO
Corante	103,36 ± 2,67
DQO Total	966,32 ± 9,74
DQO Solúvel	938,98 ± 14,91
pH	5,08 ± 0,10
Nitrato	1,84 ± 0,78
Nitrito	3,16 ± 1,34
Amônia	53,39 ± 1,21

As eficiências do tratamento com reator biológico com fungo estão representadas pelos os valores de remoção de corante e matéria orgânica, em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO) bruta e solúvel, apresentadas na Tabela 2 e remoções de compostos nitrogenados como nitrato, nitrito e amônia na Tabela 3.

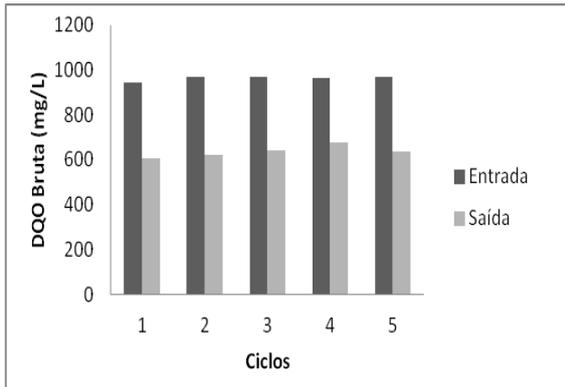
**Tabela 2: Remoção de corante e DQO bruta e centrifugada alcançada pelo reator durante os experimentos**

CICLOS	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO		
	CORANTE	DQO BRUTA	DQO SOLÚVEL
1	99,95%	35,65%	36,31%
2	99,96%	35,72%	34,38%
3	96,5%	33,72%	33,98%
4	92,8%	29,46%	31,92%
5	99,3%	33,96%	35,67%

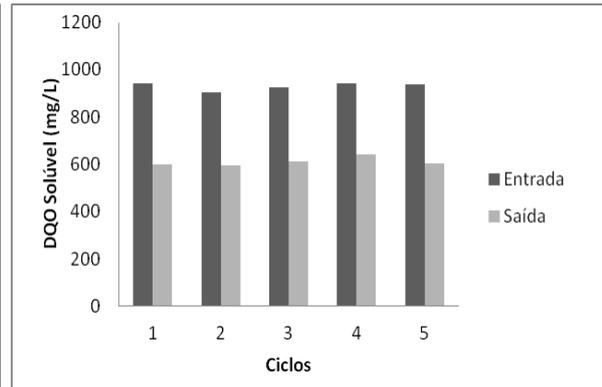
Observando as Figuras 3 e 4, verificou-se que os resultados de remoção de DQO bruta e solúvel mostraram que a eficiência do sistema se apresentou estável no período estudado, indicando a afinidade dos micro-organismos pelos substratos presentes no meio, com médias de 33,68% e 34,34%, respectivamente.

A melhor remoção de DQO solúvel, em comparação a DQO bruta, pode ser explicada pela presença de biomassa fúngica nas alíquotas, a qual não era computada nas análises de DQO solúvel. Sendo a porcentagem máxima de remoção de matéria orgânica total foi de 35,72% no segundo ciclo e 36,31% de solúvel no primeiro ciclo.

Segundo IKEDA *et al.* (2006) e ZNAD *et al.* (2004) a fonte de carbono (glicose), ao ser utilizada pelo *Aspergillus niger* na síntese de biomassa, produz metabólitos, que podem ser acumulados no interior das células ou excretados. Assim, a relativa baixa remoção de matéria orgânica (DQO), com a elevada remoção de corante, como observado em todos os ciclos, estaria possivelmente relacionada à formação de subprodutos que não foram assimilados pelos fungos ao degradarem o grupo cromóforo do corante (CASAS *et al.*, 2009).



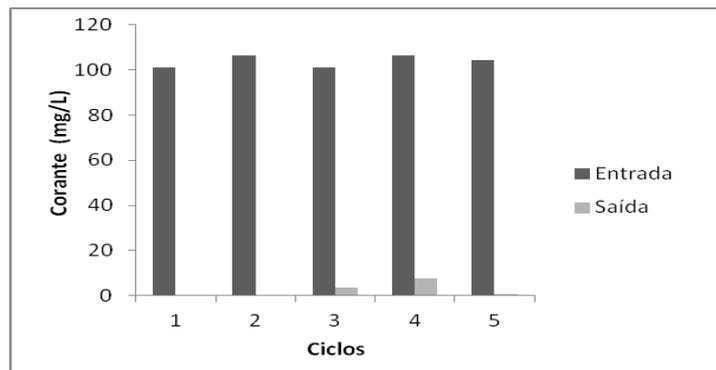
**Figura 3- Variação da remoção de DQO bruta**



**Figura 4- Variação da remoção de DQO Solúvel**

Na Figura 5 está representada a variação de remoção do corante pelo tratamento com reator de fungo. A média de remoção foi de 97,71%, sendo a máxima de 99,96%. No primeiro ciclo a remoção foi de 99,95% provavelmente pela adsorção inicial do corante no micélio e também no material suporte.

Salienta-se, porém, que na presente pesquisa houve constância de remoção superior a 90% durante os 5 ciclos estudados, sendo que, no ciclo 4, foi apresentada a menor remoção, de 92,77%.

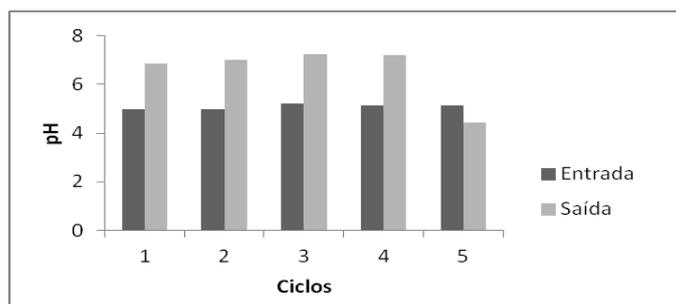


**Figura 5- Variação da remoção de Corante**

Estudos afirmam que a maioria das espécies de fungos possui o pH ótimo em torno de 5 a 6, porém os fungos filamentosos toleram variações em faixa mais ampla de pH de 2 a 9 (TRABULIS e ALTERTHUM, 2004). A média inicial 5,08 e final de 6,53 do pH se concentraram na faixa ótima de 3,3 a 7,5 de crescimento de fungos do gênero *Aspergillus* (WHELLER, 1991).

Os valores de pH, que podem ser observados na Figura 6, não apresentaram alterações significativas durante o experimento.

Os ácidos orgânicos, possivelmente um dos subprodutos produzidos pelos fungos durante a utilização do corante, podem ter sido consumidos durante os ciclos, justificando o sutil aumento do pH (KYRIACOU *et al.* 2005). Uma vez que, antes da coleta de dados houve ciclos anteriores a estes.



**Figura 6-Varição do pH em função do tempo**

De acordo com Pereira *et al.* (2003), os fungos filamentosos podem metabolizar uma série de compostos nitrogenados para o seu crescimento. Nesses organismos, o metabolismo do nitrogênio é um processo altamente controlado por complexo de proteínas das fontes de nitrogênio disponíveis. As eficiências de remoções desses compostos estão representadas na Tabela 3.

**Tabela 3: Remoções de nitrato, nitrito e amônia alcançadas pelo reator durante os experimentos**

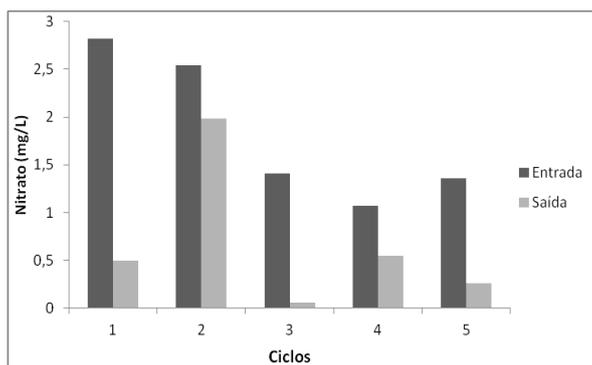
CICLOS	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO		
	Nitrato	Nitrito	Amônia
1	82,34%	38,16%	24,60%
2	22,05%	53,39%	19,45%
3	84,88%	28,37%	33,20%
4	1,94%	72,54%	92,95%
5	5,23%	8,25%	39,70%

As eficiências de remoção as formas nitrogenadas oscilaram ao longo dos ciclos, todavia em todo o período experimental os valores de nitrato, nitrito e amônia na saída do reator forem sempre inferiores aos valores da entrada, como pode ser verificado na Tabela 3.

Os fungos como o *Aspergillus niger* podem utilizar simultaneamente amônia e nitrato (SANGTIEAN e SCHMIDT 2002), tendo-se registrado o consumo de nitrato nos ciclos 1 e 3, com percentuais de remoção de 82,34% e 84,88%, respectivamente, em detrimento da amônia com remoções de 24,60% e 33,20% nos respectivos ciclos.

De acordo com Pereira (2003), a assimilação de nitrato pelos fungos irá requerer a síntese de enzimas como *nitrato redutase* e a *nitrito redutase*, ambas influenciadas e induzidas pela concentração de nitrato no meio.

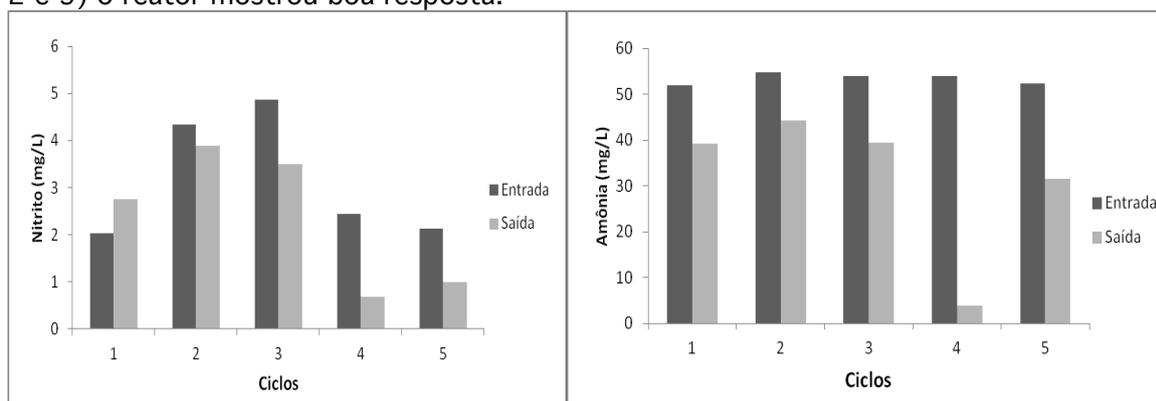
A utilização de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pelos fungos implica sua redução em nitrito, sob a ação da enzima nitrato redutase, que então será convertida a amônia, forma na qual é facilmente assimilada pelos fungos, mediante a enzima *nitrito redutase*. Neste processo há o consumo de prótons  $\text{H}^+$  do meio (GRIFFIN, 1994), com tendência à geração de alcalinidade, contudo os valores de pH no final dos ciclos operacionais permaneceram na faixa ácida, com valores entre 4 e 6 (Figura 6), reforçando a hipótese da presença de subprodutos com caráter ácido, produzidos pela utilização do corante e da glicose adicionada, como ácidos orgânicos. A remoção do nitrato pelos fungos nos ciclos estudados está ilustrada na Figura 7.



**Figura 7-Variação do nitrato em função do tempo**

A eficiência de remoção de nitrato foi muito oscilante ao longo do estudo, com máxima de 84,88% (ciclo 3) e mínima de 1,94% (ciclo 4). Possivelmente, concentração de nitrogênio amoniacal disponível no meio ( $53,39 \pm 1,21$ ) teria influenciado na grande oscilação da eficiência de remoção de nitrato, a qual estaria presente em concentração suficiente para suprir suas necessidades metabólicas, resultando nos menores percentuais de remoção de nitrato observados nos ciclos 4 e 5, principalmente. Quanto à remoção média, esta foi para a amônia de 27%, valor este superior à alcançada para o nitrato (22,05%).

Na Figura 8, observou-se que a remoção de nitrito foi de 38,16%, com máxima de 72,54% (ciclo 4) e mínima de 8,25%, no último ciclo. A água residuária, em geral, apresentou concentrações baixas de nitrito e quando estas concentrações aumentavam (como no ciclo 2 e 3) o reator mostrou boa resposta.



**Figura 8-Variação do nitrito em função do tempo** **Figura 9-Variação do nitrito em função do tempo**

Griffin (1994) afirmou que para algumas espécies fúngicas o nitrito pode ser tóxico, entretanto pode ser utilizado por fungos que têm habilidade para consumo de nitrato, como o *Aspergillus niger*, o qual é capaz de degradar resíduos nitrogenados, retirando amônia e nitrito do meio.

A variação da concentração de amônia ao longo dos ciclos operacionais no reator em batelada sequencial é apresentada na Figura 9.

Em todos os ciclos houve remoção de amônia, com máxima de 92,95% (ciclo 4), pois o nitrogênio amoniacal é facilmente utilizado pelos fungos, entre outras formas nitrogenadas, por não requerer reações de oxido-redução (ESPOSITO e AZEVEDO, 2004).

Conforme Haq *et al.* (2005), pode ocorrer a inibição do nitrato e da amônia se o nitrito intracelular for convertido a nitrato dentro da célula, o que pode ter ocorrido em algumas situações neste estudo principalmente no ciclo 1.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no tratamento da água residuária sintética têxtil, permitiram concluir que o *Aspergillus niger* AN 400 removeu significativamente o corante índigo Carmim com eficiência média superior a 96%.

Os valores de pH estavam na faixa de tolerância dos fungos.

A remoção de matéria orgânica foi boa, superior a 30%, todavia a necessidade de continuação desse estudo é importante para a identificação de possíveis subprodutos. As eficiências médias de remoção de nitrato, nitrito e amônia foram 82,34%, 72,54% e 92,95%, respectivamente. Houve oscilações ao longo dos ciclos, entretanto em todo o período experimental os valores das formas nitrogenadas na saída do reator foram sempre inferiores aos valores da entrada. Contudo, o efluente ainda apresentou concentrações acima dos valores máximos permitidos para o seu lançamento.

Exames de microscopia revelaram que *Aspergillus niger* foi, aparentemente, o micro-organismo dominante no processo.

Em face dos bons resultados alcançados neste trabalho, embora haja a necessidade de mais estudos com tempos de retenção menores como de 48 horas, já sendo operados, o tratamento biológico com fungos *Aspergillus niger* pode ser viável em reatores visando o tratamento de efluentes têxteis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALI, N. F.; EL-MOHAMEDY, R. S. R. Microbial decolourization of textile waste water. *Journal of Saudi Chemical Society*, v.16, n.2, p.117-123, 2012.
2. ALMEIDA, D. G.; SILVA, M. G. C.; MIRANDA, R. C. M.; MACIEL, C. C. S.; GUSMÃO, N. B. Descoloração do corante Índigo Carmim e produção de Lacase por fungos filamentosos. *Scientia Plena*, v.8, n.5, 2012.
3. APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Water Work Association, Water Environment Federation, 20ª Edição, 2005.
4. CASAS, N.; PARELLA, T.; VICENT, T.; CAMINAL, G.;SARRA, M. Metabolites from the biodegradation of triphenylmethane dyes by *Trametes versicolor* or *laccase*. *Chemosphere*, v. 75, n. 10, p. 1344-1349, 2009.
5. CHANDER, M.; ARORA, D. S. Evaluation of some white-rot fungi for their potential to decolourise industrial dyes. *Dyes and Pigments*. v. 72, p. 192-198, 2007.
6. DELLAMATRICE, P. M. Biodegradação e toxicidade de corantes têxteis e efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana, São Paulo. Tese (Doutorado em Ecologia de Agrossistemas). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 137p., 2005.

7. ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. EDUCS, 2004.
8. GRIFFIN, D. H. Fungal Physiology. New York: Wiley-Liss, n.2, p.458, 1994.
9. HANSEN, L.; LOPES, W.; RUSCHEL, C. K. Biorremediação - utilização do fungo *Aspergillus niger* no tratamento de efluentes. 24ª Mostra Internacional de Ciência e Tecnologia. 2009.
10. HAQ, I. U.; ALI, S.; QADEER, M. A.; IQBAL, J. Optimization of nitrogen for enhanced citric acid productivity by a 2-deoxy D-glucose resistant culture of *Aspergillus niger* NGd-280. Bioresource Technology, v. 96, n. 5, p. 645-648, 2005.
11. KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova, v. 25, p. 78-82, 2002.
12. IKEDA, Y.; PARK, E.Y.; OKUDA, N. Bioconversion of waste office paper to gluconic acid in a turbine blade reactor by the filamentous fungus *Aspergillus niger*. Bioresource Technology, Japão, v. 97, n. 8, p. 1030-1035, 2006.
13. KYRIACOU, A. et al. Combined bioremediation and advanced oxidation of green table olive processing wastewater. Process Biochemistry, v. 40, p. 1401-1408, 2005.
14. LEITE, C. L. et al. A particularidade de ser um fungo – I. Constituintes celulares. Biotemas, v. 19, n. 2, p. 17-27, 2006.
15. LUKE, A. K.; BURTON, S. G. A novel application for *Neurospora crassa*: progress from batch culture to a membrane bioreactor for the bioremediation of phenols. Enzyme and Microbial Technology, v. 29, p. 348-356, 2001
16. MAGALHÃES, D. P. Avaliação de um sistema de análise de imagem em tempo real para monitoramento de efeito tóxico no comportamento natatório do peixe *Danio Rerio*. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área da Saúde) – Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), Rio de Janeiro- RJ, 67p. 2007.
17. OBON, J. M.; CASTELLAR, M. R.; CASCALES, J. A.; FERNANDES-LOPEZ, J. A. Assessment of the TEAC method for determining the antioxidant capacity of synthetic red food colorants. Food Research International, v. 38, p. 843-845, 2005.
18. OTHMAN, I.; MOHAMED, R. M.; IBRAHIM, I. A.; MOHAMED, M. M. Synthesis and modification of ZSM-5 with manganese and lanthanum and their effects on decolorization of indigo carmine dye. Applied Catalysis A: General, 299, 95-102, 2006.
19. PEREIRA, F. J.; LIMA, J. O.; ROCHA, R. B.; MEDINA, P.; DE ARAÚJO, E. F.; DE QUEIROZ, M. V. Nitrato Redutase em Fungos Filamentosos. Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, n.31, 2003.
20. RODRIGUES, K.A. Uso de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética. 130f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
21. SANGTIEAN, T.; SCHMDIT, S. Growth of subtropical EMC fungi with different nitrogen sources using a new flotation culture techniqui. Mycol Research, v. 106, n.1, p. 75-85, 2002
22. SPIER, M. R.; Produção de Enzimas Amilolíticas Fúngicas  $\alpha$ -Amilase e Amiloglucosidase Por Fermentação no Estado Sólido. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Brasil, 157p.,2005.
23. SONG, Y.; LI, J. Degradation of C.I. Direct Black 168 from aqueous solution by fly ash/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> combining ultrasound. Ultrasonics Sonochemistry, v.16, p. 440-444, 2010.
24. TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. Microbiologia. 4 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2004.
25. SOUZA, A. F.; ROSADO, F. R. Utilização de fungos basidiomicetes em biodegradação de efluentes têxteis. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.2, n.1, p.121-139, 2009.
26. SOUZA, C. R. L. Degradação de Corantes Reativos e Remediação de Efluentes Têxteis por Processos Avançados envolvendo Ferro Metálico. Dissertação (Mestrado em Química Analítica). Universidade federal do Paraná, Curitiba, 100p., 2006.
27. WHELLER, K.A. influence of pH on the growth of some toxigenic species of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. International Journal of Food Microbiology, n.12, p. 141-150, 1991.
28. ZNAD,H., MARKOS, J., BALES, V. Production of gluconic acid from glucose by *Aspergillus niger*: growth and non-growth conditions. Process Biochemistry, RepúblicaEslovaca, v.39, n. 11, p. 1341-1345, 2004.

