



Comparação da eficiência de remoção de vermelho do congo por fungos em reator em bateladas sequenciais em ciclos de 48 h e de 24 h.

Manuela Franco de Miranda¹, Camila Gabriele¹, Glória Marinho², Carlos Ronald Wanderley³, Kelly Rodrigues⁴

¹ Graduanda em tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: manulahfranco@yahoo.com.br

² Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP, Titular do Departamento de Química e Meio Ambiente – IFCE. e-mail: gloriamarinho@ifce.edu.br

³ Mestre em Saneamento Ambiental pela UFC, Professor Titular do Departamento de Química e Meio Ambiente – IFCE. e-mail: Ronald@ifce.edu.br

⁴ Doutora em Hidráulica e Saneamento em pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Professora Titular do Departamento de Química e Meio Ambiente – IFCE. e-mail: Kelly@ifce.edu.br

Resumo: O grande crescimento industrial associado ao descarte indevido de efluentes têxteis em corpos hídricos tem contribuído intensamente para a degradação ambiental, pois estes efluentes são altamente coloridos, compostos por corantes de moléculas complexas e de difícil biodegradação. Dentro deste contexto e no intuito de diminuir os impactos ambientais, o presente estudo teve como objetivo a remoção do corante vermelho do congo de água residuária sintética têxtil, utilizando reator em bateladas sequenciais inoculado com *Aspergillus niger* AN400. O reator foi montado em escala laboratorial e operado em duas fases. A fase I foi composta de 25 ciclos de 48 horas e a fase II compreendia 10 ciclos de 24 horas de duração cada. Durante o experimento, foram analisadas as variáveis: teor de corante, matéria orgânica e pH, utilizando a sacarose na concentração de 0,5g/L como co substrato. O experimento alcançou bons resultados, apresentando eficiência máxima de remoção de corante de 99% em três ciclos na fase I (2º, 7º e 22º ciclo) e de 98% no 3º ciclo na fase II. Em relação à matéria orgânica, a eficiência média da DQO bruta foi de 92% e a da DQO dissolvida foi de 94% na fase I e 63% e 67%, respectivamente na fase II. Estes resultados indicaram que, embora tenha ocorrido eficiência do sistema em ciclos de 24 h para remoção do corante, neste tempo não houve remoção adequada de subprodutos formados com base na diminuição da eficiência de remoção de DQO dissolvida e das informações obtidas no ensaio de varredura. Dessa forma, o sistema mostrou-se como uma alternativa viável para tratar águas residuárias têxteis em ciclos operacionais de 48 h, requerendo estudos mais aprofundados a fim de maior otimização do mesmo.

Palavras-chave: *Aspergillus niger* AN400, bateladas sequenciais, sacarose, vermelho do congo.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o crescente desenvolvimento industrial a nível mundial, tem acarretado intensos prejuízos principalmente para o meio ambiente. Dentre os setores industriais, a indústria têxtil, pelo seu grande potencial econômico, é uma das principais fontes poluidoras sendo responsável por grande impacto ambiental, que de acordo com Souza e Zamora (2005), utilizam grandes quantidades de água gerando grandes volumes de resíduos, com elevada carga orgânica e forte coloração.

O descarte desses efluentes têxteis representa uma grande ameaça para os corpos hídricos contribuindo de forma potencial para a degradação do ambiente, uma vez que estes efluentes contribuem com elevada carga orgânica, toxicidade e poluição estética relacionada com a cor. Esses corantes podem absorver e refletir a luz solar que entra na água, causando interferências biológicas, resultando em desequilíbrio ecológico (VIMONSES, 2008). Conforme Dellamatrice (2005), além da poluição ambiental ocasionada pelo descarte inadequado, existe intensa preocupação relacionada à contaminação humana, principalmente no que se refere à cadeia alimentar, uma vez que estes compostos são bioacumulados em organismos vivos.

A classe de corante mais utilizada na indústria têxtil é a do corante azo, que é caracterizada por uma dupla ligação entre as moléculas de nitrogênio (-N=N-), de difícil biodegradabilidade, coloridos, solúveis em água, utilizados no processo de tingimento, tóxico e suspeito de ser cancerígeno e



mutagênico, como é o caso do corante vermelho do congo (REIS, 2009). É a estrutura azo a responsável por parte da resistência que estes corantes possuem a luz, aos ácidos e bases e ao oxigênio (KHADHRAOUI, 2009).

Devido aos graves problemas e ameaças ambientais causados por efluentes têxteis não tratados em corpos hídricos, inúmeros processos de tratamento foram desenvolvidos incluindo processos físicos, químicos e biológicos, sendo este último bastante pesquisado e estudado, tendo mostrado eficiência na remoção de compostos recalcitrantes (KAMIDA, 2005).

Várias tecnologias para o tratamento dos efluentes têxteis são sugeridas, incluindo o uso de bactérias, fungos ou os dois simultaneamente (CHANDER ARORA, 2007). Os fungos apresentam grande potencial na remoção de corantes têxteis e isso pode ser explicado pelo fato destes micro-organismos identificá-los, consumindo-os naturalmente como nutrientes (HANSEN, 2009). Para a otimização do desenvolvimento fúngico, são necessárias condições específicas, assim também como a adição ao meio de carboidratos simples, como a glicose e a sacarose, o que facilita a assimilação e degradação do corante para a grande maioria dos fungos (SILVA, 2009).

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a remoção do corante vermelho do congo de água residuária sintética têxtil com a utilização de reator em batelada sequencial, com linhagem de *Aspergillus niger* AN400, empregando a sacarose como cossustrato em ciclos operacionais de 48 h e 24 h.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A etapa inicial de imobilização da espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400 foi realizada de acordo com Vassilev (1997), utilizando cubos (1 cm x 1 cm) de poliuretano dentro de erlenmeyers que continham 150 mL do meio de crescimento, composto por micro e macronutrientes e inóculos fúngicos de concentração 2×10^6 esporos/mL. Os erlenmeyers foram mantidos sob agitação de 150 rpm, durante 7 dias para crescimento fúngico e após o término do procedimento, os cubos foram agrupados em redes de poliuretano e transferidos para o interior do reator.

A água residuária sintética têxtil utilizada no reator foi preparada com água da torneira com adição de macronutrientes, micronutrientes e de corante vermelho do congo na concentração de 15 ppm. A sacarose também foi adicionada como cossustrato na concentração de 0,5g/L. A água residuária utilizada foi adaptada de Rodrigues (2006), possuindo a seguinte composição (g/L): $\text{Fe}_2(\text{SO}_3)_4$ (0,05); NaNO_3 (1,0); K_2HPO_4 (0,2); MgSO_4 (0,25); CaCl_2 (0,01); CuSO_4 (0,08); $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2,0); H_2MoO_4 (0,05); ZnSO_4 (0,04).

Após a etapa de imobilização, a biomassa fúngica foi introduzida em um reator de vidro, com formato cilíndrico, volume total de 5 L e volume reacional de 4 L. O reator apresentava tampa rosqueável e um sistema de aeração por meio de mini-compressores e pedras porosas para difusão do ar para o meio.

O reator foi operado em duas fases, a primeira (fase I) em 25 ciclos de 48h e a segunda (fase II) com 10 ciclos de 24h cada, sendo analisadas amostras do afluente e do efluente. As variáveis analisadas no decorrer dos ciclos foram pH, remoção de corante e matéria orgânica em termos de DQO bruta e dissolvida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao pH do meio em estudo, este permaneceu na faixa ácida em todos os ciclos apresentando diminuição do seu valor quando comparados afluente e efluente. Os valores variaram entre 5,0 e 3,48 para o afluente e 4,5 e 3,24 para o efluente dos ciclos de 48h (fase I). Em relação aos ciclos de 24 h (fase II), o pH variou de 4,96 a 4,33 no afluente e de 4,06 a 3,09 no efluente.

De acordo com relatos de Wanderley (2007), esta redução dos valores de pH pode ser explicada pela produção de ácidos orgânicos gerados a partir do processo de degradação do corante ou ainda pela produção de ácidos oriundos da degradação do cossustrato, o que pode ser verificado ao longo dos ciclos.

Em termos de remoção do corante, a média total de remoção na fase I foi de 97% e de 90% na fase II. A eficiência de remoção ligeiramente maior registrada na fase I foi atribuída ao fato de que nesta fase os ciclos tinham duração de 48 horas e havia maior disponibilidade de tempo para a degradação do corante, enquanto que na fase II, com ciclos de 24 horas, o tempo reacional era inferior e, conseqüentemente, a remoção percentual do corante azo foi menor.

El-Rahim (2009), que estudou o efeito do pH sobre o potencial de biorremediação para a remoção direta de violeta têxtil por *Aspergillus niger*, comparando vários estudos em diversas estratégias de operação, concluiu que o percentual de remoção em pH ácido aumentou com o aumento do tempo de incubação. Em seu estudo, o máximo de remoção do corante a pH igual a 2, foi de 86,91; 92,48; 93,61 e 98,92% após, respectivamente, 4, 24, 48 e 72 h de incubação. Embora se trate de corante diferente, os resultados encontrados pelos autores atingiram eficiências de tratamento similares ao do presente trabalho, particularmente quando do tempo reacional de 48 h.

Na 1ª fase, a eficiência máxima de remoção de corante foi de 99% no 2º, 7º e 22º ciclo, sendo acompanhados de comportamento estável dos demais ciclos, variando de 95% a 98%. Já na 2ª fase do experimento, o valor máximo de remoção foi de 98% no 3º ciclo, e os demais variou de 86% a 96% de eficiência, indicando que o maior tempo de contato da linhagem fúngica com o corante em questão favoreceu o alcance de percentuais de remoção de corante ligeiramente superior, sendo importante ressaltar que na fase II as eficiências de remoção do vermelho do congo também foram elevadas. Essa remoção de cor observada nas duas fases ocorreu apenas em relação ao grupo cromóforo (-N=N-) da molécula do corante. Porém, em relação ao anel benzênico, componente estrutural da molécula do corante vermelho do congo, sua remoção foi praticamente a mesma, não havendo diferença de remoção, independente do tempo de contato, sendo comprovado pela realização de varreduras de espectro na região visível para os comprimentos de onda de 200 a 800 nm, em alíquotas do afluente e efluente das duas fases analisadas.

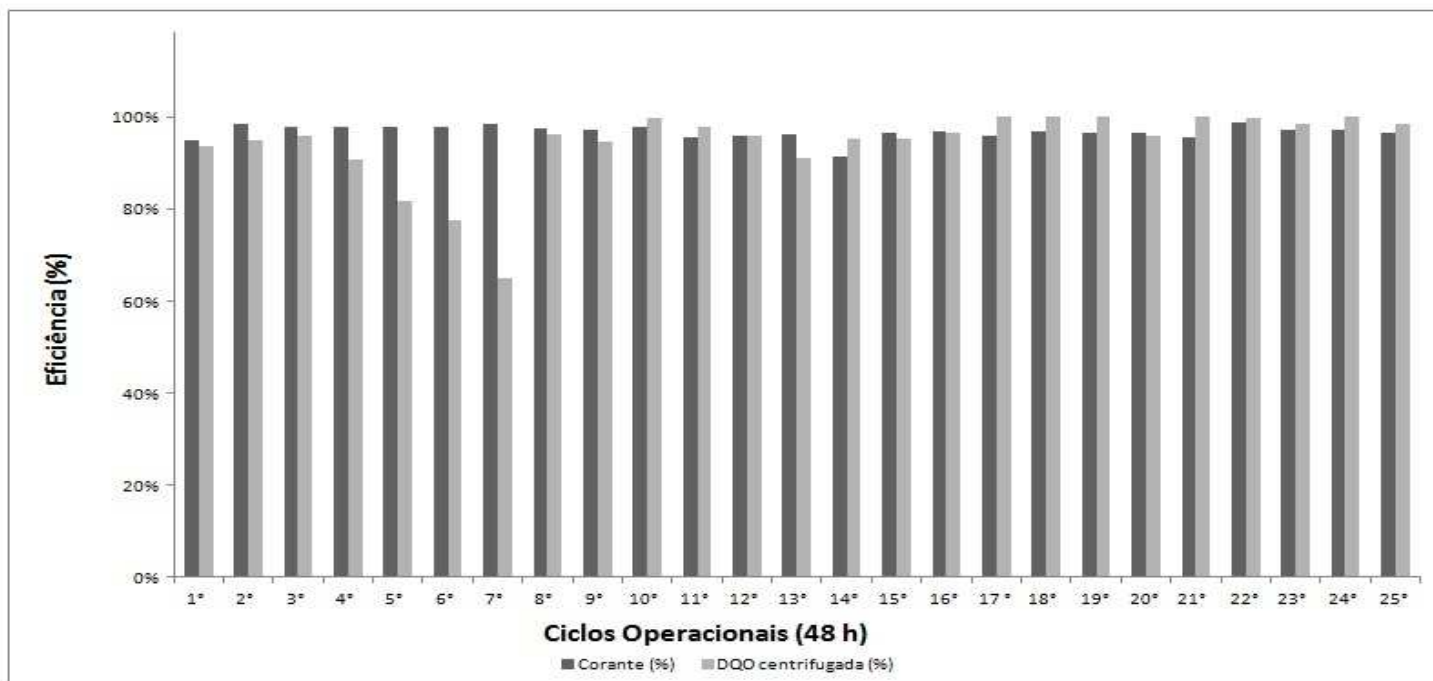


Figura 1-Comparativo entre eficiência de remoção de Corante e Matéria Orgânica ao longo dos ciclos 48 h.

Em relação à matéria orgânica, o estudo apresentou eficiência média de DQO bruta de 92 % e de DQO dissolvida de 94%, correspondente à fase I. A fase II foi caracterizada por eficiências médias de

63 % e 67%, referentes à DQO bruta e dissolvida respectivamente. A remoção de matéria orgânica apresentou comportamento estável nas duas fases do experimento, entretanto, a eficiência de remoção foi bem superior nos ciclos de 48 h quando comparados aos ciclos de 24 h, nos quais houve aumento da concentração de sólidos dissolvidos, possivelmente, em virtude da formação e acúmulo de subprodutos oriundos da degradação do corante. As variações da eficiência de corante vermelho do congo e de matéria orgânica são apresentadas nas Figuras 1 e 2.

Na fase I, os 25 ciclos apresentaram eficiências elevadas que variaram de 65% a 100%, referentes à DQO dissolvida, porém, em um dos ciclos em que houve eficiência máxima de remoção de corante (7º ciclo) não foi observada a remoção máxima de DQO e isso pode ser explicado pela provável formação de subprodutos, pois quando a espécie fúngica *Aspergillus niger* utiliza da fonte de carbono na síntese de biomassa, produz metabólitos que podem ser acumulados ou eliminados pelo organismo, aumentando a concentração de matéria orgânica no meio reacional (IKEDA *et al.*, 2006).

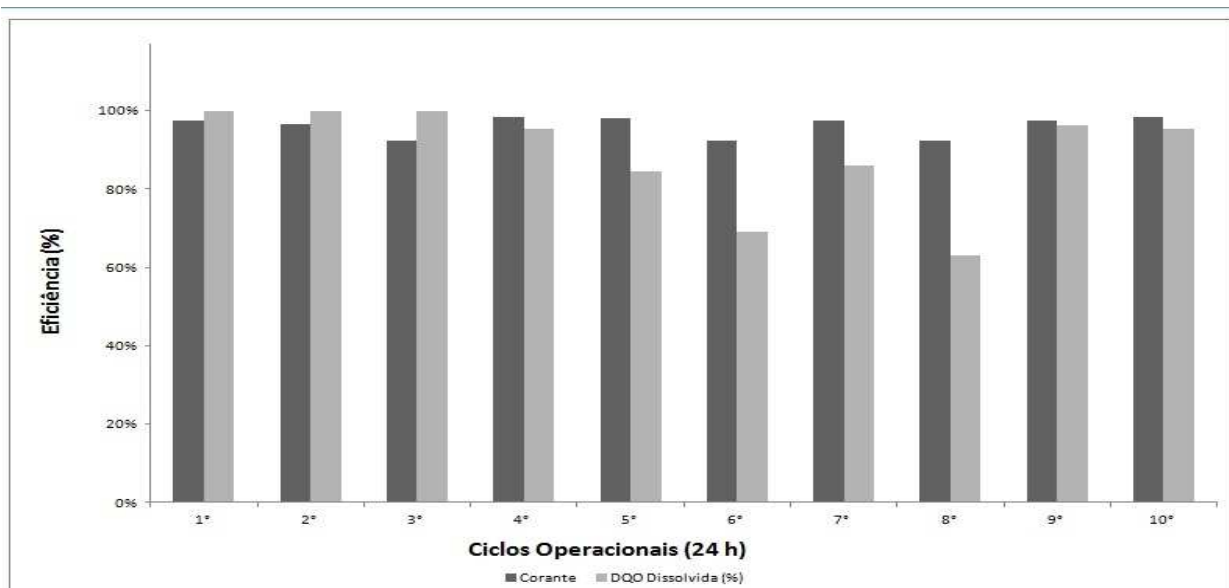


Figura 2-Comparativo entre eficiência de remoção de Corante e Matéria Orgânica ao longo dos ciclos 24 h.

Na fase II, os 10 ciclos também apresentaram comportamento estável, com eficiência variando de 47% a 76% de remoção de DQO dissolvida, comprovando que o tempo de contato do fungo com a água residuária foi importante para a remoção de matéria orgânica carbonácea, particularmente, para a remoção de subprodutos formados. Nesta fase, uma das maiores remoções de corante foi observada no 8º ciclo (95%) a qual foi acompanhada pela menor eficiência de remoção de matéria orgânica em termos de DQO bruta (46%) e DQO dissolvida (60%), o que pode ser atribuído a possível formação de subprodutos. Apesar disso, a remoção de matéria orgânica seguiu de forma estável nas duas fases, possivelmente promovida pela adaptação do fungo as condições ideais do meio de estudo.

Segundo Dos Santos (2005), é de extrema importância a adição de cossubstratos para a remoção da cor em meios contendo azo corantes, como é o caso do corante vermelho do congo, sendo que o emprego da sacarose como fonte de carbono teria ajudado os micro-organismos a alcançarem boa eficiência de remoção do poluente e bons resultados de remoção de matéria orgânica. Além disso, a sacarose é substrato fácil de ser assimilado, pois é um dissacarídeo composto de uma molécula de glicose e uma molécula de frutose, sendo metabolizada pela enzima invertase (GALVÃO *et al.*, 2008).

6. CONCLUSÕES



Os resultados obtidos no presente experimento permitiram concluir que o reator em bateladas sequenciais com inóculo de *Aspergillus niger* AN400 na presença de sacarose na concentração de 0,5g/L como cossustrato obteve bons percentuais de remoção de cor do corante vermelho de congo em função da estrutura do cromóforo, apresentando eficiência média de 97% nos ciclos de 48 horas de duração (fase I) e 90% nos ciclos de 24 horas (fase II). Já a remoção média de matéria orgânica bruta foi de 92% e a dissolvida 94% (fase I) e 63% e 67%, respectivamente na fase II, comprovando que o período de contato do fungo com a água residuária foi decisivo para o processo. Entretanto, é necessário estudar a viabilidade do sistema para tratamento de águas residuárias têxteis, de forma que o sistema merece ser estudado com maior profundidade para otimização do processo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, ao CNPQ pelo apoio financeiro processo nº 567552 – 2008.

REFERÊNCIAS

- CHANDER, M., ARORA, D. S.. Evaluation of some white-rot fungi for their potential to decolourise industrial dyes. *Dyes and Pigments* 72 (2007) 192-198.
- DELLAMATRICE, P. M. Biodegradação e Toxicidade de Efluentes Têxteis e Efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana- SP., 2003, 137f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agrossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- DOS SANTOS, A.B. Applicability of both thermophilic treatment by anaerobic granular sludge and redox mediators on colour removal of textile wastewaters. Vol.10 - Nº 3 - jul-set 2005, 253-259
- EI-RAHIM, W.M.A., EL-ARDY, O.A.M., MOHAMMAD, F.H.A. The effect of pH on bioremediation potential for the removal of direct violet textile dye by *Aspergillus niger*.
- GALVÃO, V. et al.. Modelagem do complexo enzima-substrato da sacarose. XXXI Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada / ID: 493-3. 2008.
- 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. (Fonte: <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2010/01/os-caca-corantes>).
- 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*, v. 97, n. 8, p. 1030-1035, 2006.
- KAMIDA, H. M., et al. Biodegradação de Efluente têxtil por *Pleurotus sajor-caju*. *Quim. Nova*, v. 28, n. 4, p. 629-632, jul./ago. 2005.
- KHADHRAOUI, M., TRABELSI, H., KSIBI, M., BOUGUERRA, S., ELLEUCH, B. Discoloration and detoxification of a Congo red dye solution by means of ozone treatment for a possible water reuse. *Journal of Hazardous Materials* 161 (2009) 974–981.
- REIS, L.G.T. Degradação do corante Vermelho do Congo em Solução Aquoso Através de Plasma Obtido por Eletrólise de Alta Tensão. Viçosa, MG, 2009.



RODRIGUES, K. de A. Uso de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética. São Carlos, 2006. Tese de doutorado-Escola de engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo.2006

SILVA, K. M. L., Remoção de Corante Têxtil por Uso de Reatores em Batelada Inoculados com Fungos. (Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental). 85 páginas. 2009.

SOUZA, C.R.L.; ZAMORA, P.P. Degradação de corantes reativos pelo sistema ferro metálico/peróxido de hidrogênio. Química Nova. V. 28, n. 2, p. 226-228, 2005.

VASSILEV, et al.. Olive mill waste water treatment by immobilized cell of *Aspergillus niger* and its benrichment with soluble phosphate. Process Biochemistry. V. 32, n 7, p. 617-620. 1997.

VIMONSES, V., LEI, S., JIN, B., CHOW,C., SAINT,C. Adsorption of congo red by three Australian Kaolins. Applied Clay Science. P-465-472.2008.