



## Degradação de corante azo por *Phanerochaete chrysosporium* em sistema de reatores em bateladas sequenciais operados em série.

André Leite Cunha<sup>1</sup>, Helison de Oliveira Máximo<sup>1</sup>, Marcus Vinicius Freire de Andrade<sup>2</sup>, Gloria Maria Marinho<sup>3</sup>, Kelly Rodrigues<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Graduandos em Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: [andreleite\\_gnr@hotmail.com](mailto:andreleite_gnr@hotmail.com), [helisonmaximo@gmail.com](mailto:helisonmaximo@gmail.com) ;

<sup>2</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: [marcusvinciusan@gmail.com](mailto:marcusvinciusan@gmail.com) ;

<sup>3</sup>Doutoras em Hidráulica e Saneamento – USP. Professoras do Curso de Gestão Ambiental - IFCE. e-mail: [gloriamarinho@ifce.edu.br](mailto:gloriamarinho@ifce.edu.br), [kelly@ifce.edu.br](mailto:kelly@ifce.edu.br).

**Resumo:** O crescimento do segmento industrial sem dúvida trouxe muitos benefícios à humanidade, porém aliado à multiplicação das indústrias, apareceram os problemas ambientais. Um dos segmentos mais impactantes no meio ambiente é a indústria têxtil, uma vez que tal seção possui alta demanda por água e compostos químicos e acaba por gerar grandes volumes de efluentes altamente coloridos e tóxicos. Frente a isso se vê necessária à implantação de sistemas de tratamento eficazes para tais resíduos. O presente estudo se propõe a avaliar a eficiência de um sistema conjugado de dois reatores em batelada para degradação do corante vermelho do congo, juntamente a matéria orgânica através de fungo basidiomiceto *Phanerochaete chrysosporium* inoculado em dois reatores em bateladas sequenciais, os quais foram dispostos em série. A glicose, utilizada como co-substrato, com o intuito de auxiliar no tratamento, foi adicionada, na concentração de 1mg /L, em cada um dos reatores. O sistema foi operado em ciclos de 48 horas, com caracterização do afluente e efluente de cada um dos reatores. Com o estudo foram obtidas remoções de corante de 96,8% e 84,4% para o primeiro e segundo reator, respectivamente, com o sistema apresentando uma eficiência máxima de 89,4%. Além disso, para a matéria orgânica, foram alcançadas eficiências de remoção de 66,8% e 73,9% para o primeiro e segundo reator, respectivamente. Os valores de pH se mantiveram dentro da faixa ácida, característica ótima para o desenvolvimento e ação dos fungos, havendo leve decaimento durante cada ciclo, mostrando assim, o intenso metabolismo do micro-organismo. Constatou-se que a remoção do corante têxtil vermelho do congo através do fungo *Phanerochaete chrysosporium* é promissora, visto a qualidade dos resultados obtidos, contudo é necessária a manutenção dos estudos, visando à otimização do tratamento.

**Palavras-chave:** bateladas sequenciais, *Phanerochaete chrysosporium*, operação em série, pós-tratamento, vermelho do congo.

### 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se da importância do cuidado com os efluentes gerados pelas atividades humanas, uma vez que os mesmos podem causar graves efeitos negativos ao meio ambiente se não tratados e destinados de forma correta. Problemas estéticos, sanitários e ambientais estão relacionados com a alta produção e descarte de efluentes, que podem contaminar corpos hídricos, solo, infiltrar e atingir a camada freática, contaminando assim, águas subterrâneas (FORGACS *et al.* 2004).

As indústrias têxteis consomem grandes quantidades de água e de produtos químicos para o processamento das fibras, tecidos e outros, além de gerarem grandes quantidades de efluentes (PATEL e VASHI, 2011). Dentre os produtos químicos utilizados durante o processamento dentro da indústria têxtil se destacam os corantes, compostos aromáticos e que possuem sua base de estrutura no benzeno (KAUSHIK E MALIK, 2009) sendo recalcitrantes, tóxicos e xenobióticos, e os efeitos do constante contato com tais compostos não são completamente conhecidos (QUEIROZ e STEFANELLI, 2011).

Os efluentes gerados por indústrias têxteis possuem alta carga orgânica, forte cor e uma grande variedade de compostos, dando uma característica de potencial carcinogenicidade e mutagenicidade, ao passo que torna difícil o satisfatório tratamento desses (ULSON DE SOUZA *et al.* 2010, PASCHOAL e TREMILIOSI-FILHO, 2005).



O tratamento físico-químico dos efluentes têxteis não é totalmente viável, visto o alto montante necessário para custear o tal processo (ANDRADE *et al.*, 2009). Frente a isto o tratamento biológico é uma alternativa promissora, visto a simplicidade de manutenção e operação dos sistemas e a versatilidade dos microorganismos frente aos compostos (BERGSTEN-TORRALBA *et al.* 2009).

O uso de fungos para o tratamento de efluentes é muito próspero, uma vez que tais microorganismos possuem um aparato metabólico que libera enzimas não específicas que possuem alto poder oxidativo, facilitando a degradação dos compostos presentes no efluente, sendo o grupo Basidiomicete o mais visado pela biotecnologia, pelo fato de possuírem alto potencial de recuperação de ambientes degradados (KAMIDA *et al.*, 2005).

O fungo basidiomiceto da podridão branca *Phanerochaete chrysosporium* tem sido frequentemente empregado para a degradação de corantes sintéticos de vido à sua alta produção de enzimas extracelulares (FORGACS, *et al.* 2004). Fungos de podridão branca são organismos capazes de produzir enzimas extracelulares lignolíticas, como lignina peroxidase e lacase, as quais possuem alta capacidade de degradar poluentes em geral (KARIMINIAAE-HAMEDAANI *et al.* 2007).

Griffin (1994) afirma que a ação de fungos na degradação de compostos de cadeia longa, através de enzimas extracelulares, pode ser intensificada através da adição de um cossustrato de fácil assimilação, como a glicose. Rodrigues *et al.* (2011) explicam que a ação dos fungos no corante através das enzimas contribuem para a ruptura assimétrica da estrutura do corante, formando subprodutos, como quinonas e derivados do diazeno, além de ácido hidroxibenzóico, álcool *m*-benzyl, acetanilida entre outros. Por isso, se vê a necessidade de implantar uma unidade de pós-tratamento dos efluentes gerados quando da degradação do corante, visando, assim, a completa remoção dos poluentes.

Frente ao quadro supracitado, o presente trabalho se dispõe a avaliar a eficiência da degradação de corante azo Vermelho do Congo e de matéria orgânica pela ação do fungo basidiomiceto *Phanerochaete chrysosporium* em dois reatores em bateladas sequenciais operados em série.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois reatores confeccionados em vidro, os quais foram montados e operados em bateladas sequenciais, sendo dispostos em série e em escala laboratorial, sendo inoculados com a espécie fúngica *Phanerochaete chrysosporium*. A presente pesquisa foi dividida em: cultivo e contagem dos esporos dos fungos imobilização da biomassa nos reatores, montagem e operação e análise dos dados obtidos.

### 2.1. Inóculo

A espécie fúngica *Phanerochaete chrysosporium* foi cultivada em placas de Petri com meio de cultura com a seguinte composição (g/L): extrato de levedura (2), glicose (20), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (1), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0,6), MgSO<sub>4</sub> (0,5) e peptona (2). A cultura foi mantida em estufa microbiológica sob 28°C, durante cinco dias. Posteriormente os esporos foram removidos através de uma solução isotônica a base de Tween 80 e foram armazenados em frasco estéril, para posterior contagem microscópica em Câmara de Neubauer. Para o inóculo do reator, foi utilizada a concentração de 2 x 10<sup>6</sup> esporos/mL.

### 2.2. Imobilização da Biomassa em Meio de Suporte

O material utilizado para a imobilização da biomassa foi espuma de poliuretano, com auxílio de redes de polietileno para agrupar as espumas e melhorar a imobilização. O material foi previamente esterilizado em autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Para cada reator foram separadas três redes de polietileno contendo em cada uma, cinco gramas de espuma, formando assim, conjunto com total de quinze gramas de espuma de poliuretano, igualmente dividida em três redes de polietileno. Cada conjunto foi transferido para os respectivos reatores contendo meio nutritivo composto por macro e micronutrientes. O meio nutritivo foi mantido durante 24 horas sem aeração, com o objetivo de promover a fixação dos esporos fúngicos no material



suporte. Após esse período foi ligada a aeração durante 24 horas e posteriormente o meio nutritivo foi trocado e mantido por mais 72 horas.

### 2.3. Configuração dos Reatores em Bateladas Sequenciais

Os reatores utilizados no estudo, constituídos de vidro, possuíam volume total de cinco litros e foram operados em ciclos de 48 horas. O sistema foi operado em série, onde o primeiro reator (R1) recebeu meio basal descrito logo abaixo. O efluente gerado no reator R1, após 48 h de tratamento (ciclo completo), servia como afluente para o segundo reator (R2) com o objetivo de proporcionar pós-tratamento ao efluente, sendo este também operado com ciclos de 48 h.

O primeiro reator (R1) recebeu a cada início de ciclo quatro litros do meio basal com a seguinte composição (g/L):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0,2),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,5),  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (0,1) e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (0,2). Foi adicionada concentração de 15 mg/L de corante no meio. Além disso, foi adicionado 10mL/L de solução mineral; solução esta que possui a seguinte composição (g/L):  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (3,0), NaCl (1,0),  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (0,5),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,1),  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (0,1),  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0,1),  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (0,082),  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (0,01),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0,01).

Na operação do primeiro reator, além da alimentação com o meio basal e solução mineral acrescentou-se glicose, como cossustrato, na concentração de 1g/L, e o meio teve seu pH modificado para faixa ácida. O segundo reator recebeu os efluentes produzidos pelo primeiro reator acrescido da solução de micronutrientes e glicose na concentração de 1 g/L.

Para facilitar a compreensão, as amostras foram nomeadas da seguinte forma:

- E1: Afluente (entrada) do primeiro reator (R1);
- S1: Efluente (saída) do primeiro reator (R1);
- E2: Afluente (entrada) do segundo reator (R2);
- S2: Efluente (saída) do segundo reator (R2).

É importante ressaltar que o efluente do reator R1 equivale ao afluente do reator R2, portanto, seus valores são iguais, excetuando-se DQO, uma vez que era adicionada glicose ao afluente do reator R2, alterando, assim, o valor de DQO.

No presente trabalho são apresentados os dados dos 8 ciclos que compuseram o estudo. Houve caracterização do afluente e efluente para cada um dos reatores através das análises físico-químicas de DQO – amostra bruta e centrifugada –, pH e corante. A análise de DQO seguiu os procedimentos descritos por APHA (2005), o pH foi obtido através de leitura em potenciômetro e a análise de corante de acordo com os métodos de Andrade (2010). As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) do IFCE.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi encontrada concentração média de corante de 13 mg/L no afluente do reator R1 (E1) e de 3,4 mg/L no efluente no mesmo, sendo que o efluente do reator R1 e o afluente do reator R2 são a mesma amostra.

A eficiência média de remoção alcançada foi de 70,4% para o reator R1 e de 25% para o reator R2, obtendo-se assim um rendimento de 82% para o sistema global, mostrando que o uso de um segundo reator para aumentar a remoção foi benéfico. O reator R1 apresentou remoções máximas de 97% e 85%, nos 8º e 6º ciclos, respectivamente, enquanto que o reator R2 apresentou remoção máxima no 5º ciclo (84,4%). Na Figura 1 são apresentados os dados de concentração e remoção de corante do sistema.

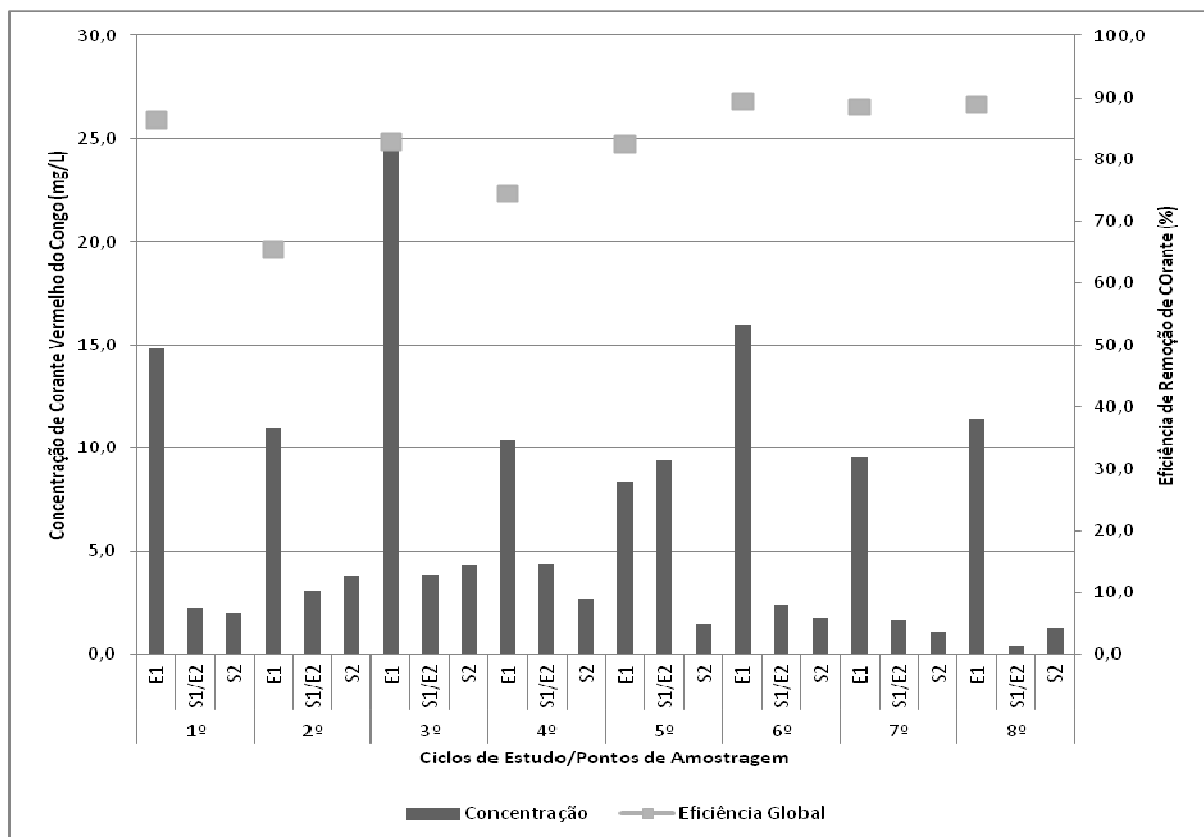


Figura 1 – Concentração afluente e efluente e eficiência de remoção de corante vermelho do Congo nos reatores R1 e R2 operados em ciclos de 48 h e em série.

Forgacs *et al.*(2004) relataram que o *Phanerochaete chrysosporium*, é capaz de remover corantes sintéticos, inclusive o corante vermelho do Congo, em um período de seis a nove dias. Cripps *et al.* (1990) ao estudar a degradação de 4 corantes, entre eles o vermelho do Congo, através de biomassa de *P. chrysosporium* não imobilizada, afirmam ainda que o fungo possui a capacidade de degradar de 87% a 93% do corante vermelho do Congo em cinco dias, porém os resultados do presente estudo mostraram uma remoção significativa em apenas 2 dias de tratamento no sistema de reatores.

O reator R2, nos primeiros ciclos de estudo, não apresentou eficiência de remoção, sendo no primeiro ciclo obtida eficiência de apenas 10%, a qual foi compensada pela eficiência do reator R1 (84,9%). Nos ciclos seguintes – 2º e 3º ciclos – o rendimento do reator R2 diminuiu e não foi alcançada eficiência alguma, porém o reator R1 seguiu com remoções expressivas, contribuindo para a manutenção da boa eficiência do sistema.

Uma vez que o reator R2 dispunha de uma baixa concentração do corante (substrato principal) – em média 3,4 mg/L – e uma de grande quantidade de cossubstrato (glicose) para suprir suas necessidades metabólicas, visto que a glicose é um composto de fácil assimilação pelos fungos (GRIFFIN, 1994), é provável que a baixa remoção de corante tenha se dado devido à preferência do fungo pela glicose.

Cunha *et al.* (2011), avaliando a influência de diferentes concentrações de glicose na remoção de corante vermelho do Congo com biomassa imobilizada do fungo *Phanerochaete chrysosporium* inoculado em reator em batelada, obtiveram resultados que apontaram para a otimização do metabolismo do fungo quando utilizaram concentração de 1mg/L de glicose, uma vez que foram obtidas eficiências de 100% em 8 dos 20 ciclos estudados, com média de remoção de 97%. Os dados encontrados no presente estudo não corroboram como os estudos do autor supracitado e uma possível causa para tal efeito talvez seja o período de adaptação pelo qual a biomassa fúngica estava se submetendo, uma vez que a biomassa era nova e havia sido recentemente inoculada no reator.

O meio, em ambos reatores, manteve-se ácido durante todo o estudo, visto que o meio foi acidificado na entrada, de modo a propiciar as condições mais favoráveis para o metabolismo do fungo. A média de pH no afluente do reator R1 (E1) foi de 4,5, enquanto que para o afluente do reator R2 (S1/E2) foi de 3 e para o efluente do R2 (S2) foi de 2,6. São apresentados na Figura 2 os valores de pH nos ciclos de estudo.

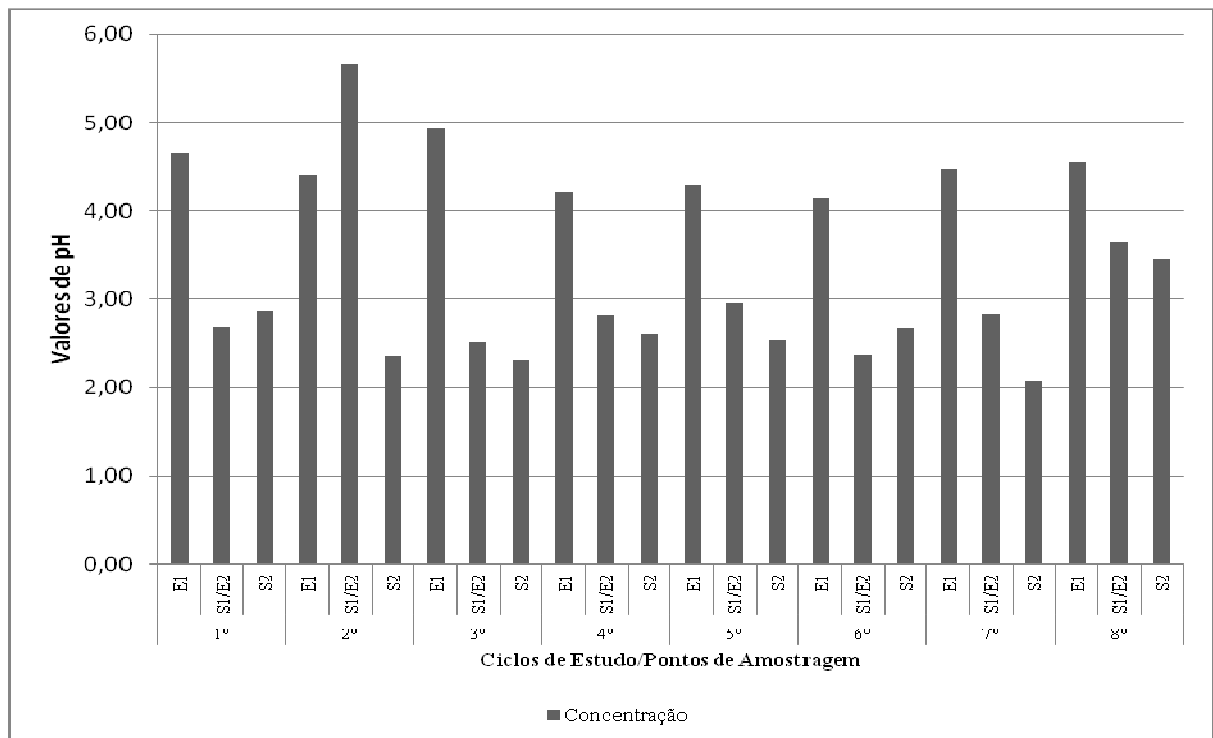


Figura 2 – Valores de pH ao longo do estudo nos reatores R1 e R2 operados em ciclos de 48 h e em série.

Com relação à matéria orgânica, a remoção não foi satisfatória, sendo que a média de remoção para o reator R1 foi de 44% para a DQO bruta e de 63% para a DQO dissolvida. Para o reator R2 houve remoção de 39% para matéria orgânica bruta e dissolvida. Com relação à DQO bruta, a maior remoção foi observada no 7º e 4º para os reatores R1 e R2, respectivamente. Para a DQO dissolvida, o pico de remoção foi obtido no 4º ciclo para ambos os reatores. Dessa forma, a eficiência máxima do sistema foi obtida no 6º ciclo, tanto para matéria orgânica bruta, quanto para sua forma dissolvida.

A concentração de matéria orgânica bruta no afluente (E1) do reator R1 variou de 798 mg/L a 1022 mg/L, sendo a média de 938 mg/L, enquanto que a concentração de matéria orgânica dissolvida no afluente (E1) do reator R1 variou de 761 mg/L a 947 mg/L, sendo a média de concentração de 842 mg/L, mostrando, assim, a predominância de material orgânico dissolvido no meio. Na Figura 3 são apresentados os valores de concentração e eficiência de remoção de matéria orgânica bruta e dissolvida para o sistema de reatores.

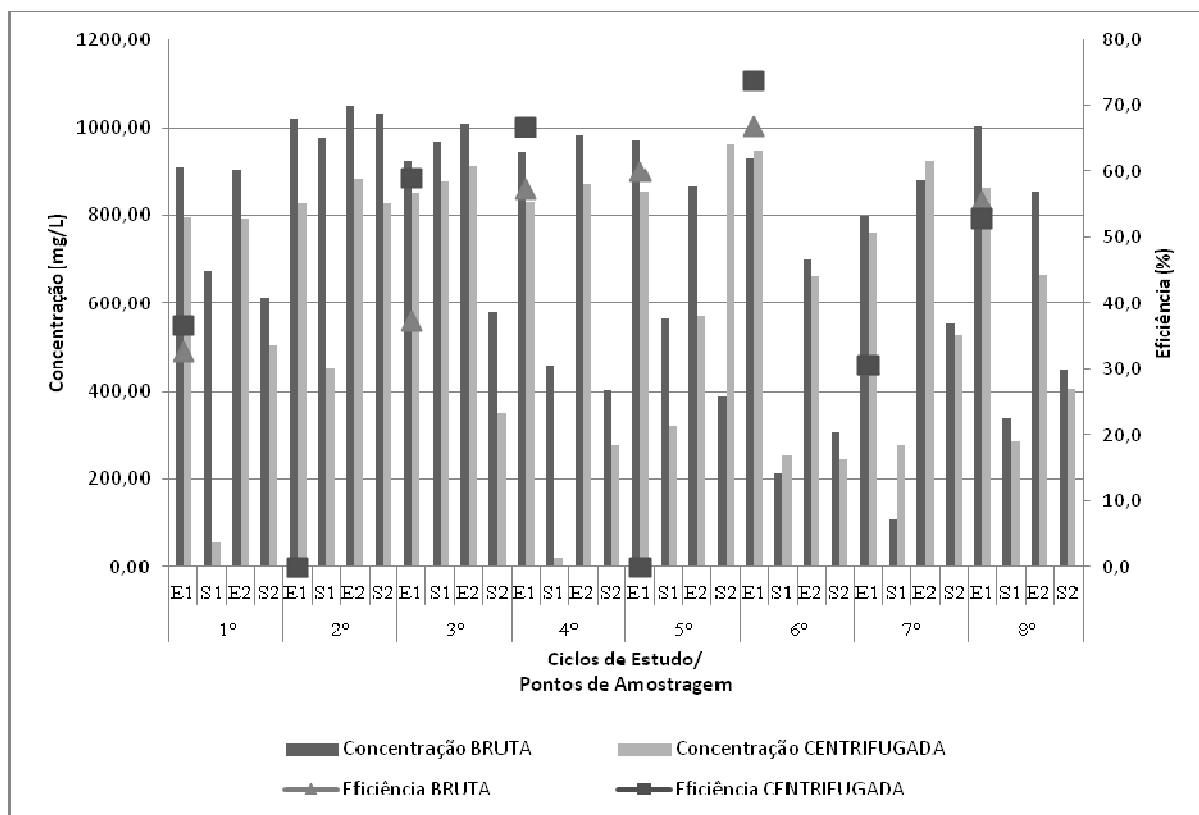


Figura 3 – Concentração e eficiência de remoção DQO para os reatores R1 e R2 operados em ciclos de 48 h e em série.

As eficiências de remoção de corante foram acompanhadas da remoção de matéria orgânica do meio, como nos 6° e 8° ciclos, onde houve remoções de corante, seguidas pelo decréscimo de DQO bruta e dissolvida. Há também ciclos onde, embora tenha ocorrido remoção de corante, não houve diminuição equivalente dos valores de DQO. Exemplo disto ocorreu, no 3° ciclo, no qual houve remoção de corante de 85% para o reator R1, mas não houve eficiência para o reator R2, entretanto não houve declínio da concentração de DQO bruta e dissolvida no reator R1, mas sim no reator R2.

Tal fato provavelmente aconteceu devido à geração de subprodutos da degradação do corante e que foram contabilizados quando da realização da análise de DQO. Por isso quando houve clivagem do corante no reator R1, é possível que tenha ocorrido o acúmulo dos referidos subprodutos, dando acréscimo à DQO nas parcelas bruta e dissolvida, enquanto que no reator R2 o corante não tenha sido removido do meio devido ao consumo da glicose, visto que esta é uma fonte de carbono de fácil assimilação.

É provável que os referidos subprodutos não tenham sido removidos do meio devido à maior dificuldade de biodegradação, uma vez que um dos subprodutos da clivagem do corante é o benzeno, composto altamente estável e de difícil ruptura (RODRIGUES *et al.*, 2011), ou também pelo fato de que o sistema estava em período de adaptação às condições do meio, uma vez que a biomassa contida nos reatores havia sido inoculada recentemente e possuía pouca idade.

## 6. CONCLUSÕES

O tratamento de efluentes têxteis com fungos basidiomicetos, sobretudo a espécie *Phanerochaete chrysosporium* pode ser bastante promissor, uma vez que foi observada remoções consideráveis de corante, chegando a 89%, com variações de pH que mostram o intenso metabolismo do fungo, embora a matéria orgânica não tenha sido satisfatoriamente removida, como resultado da formação de subprodutos, talvez por que a concentração de glicose não foi adequada para propiciar a remoção dos metabólitos.



Contudo, se faz necessário realizar maiores estudos para se conhecer de efetivo o metabolismo do fungo, e assim, configurar um tratamento mais eficiente, visto que o sistema conjugado de reatores pode trazer grandes benefícios, como o aumento da degradação de corante e matéria orgânica, porém somente se disposto de forma adequada.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e ao Laboratório de Tecnologia Ambiental pelo espaço e oportunidades dadas. Ao CNPq pelo concessão da bolsa de iniciação científica.

#### REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20ª Edição . American Water Work Association, Water Environment Federation. Washington: 2005. 953p.

ANDRADE, M. V. F., (2010). **Remoção de corante azoico em meio aquoso sintético utilizando fungo basidiocimeto**. Trabalho de conclusão de curso. IFCE. Fortaleza - Ce. 54p.

ANDRADE, M.V.F., SILVA, K.M.L., SIQUEIRA, J.P., MARINHO, G., RODRIGUES, K., (2009). **Biodegradação de corante azo por *Phanerochaete chrysosporium***. Anais do IX Encontro de Iniciação Científica – IFCE, Fortaleza.

BAPTISTA, I. E., SOARES, C. H. L., MATIAS, W. G. e LOPES, E. B., (2000). **Avaliação da toxicidade aguda de efluentes de uma industria têxtil utilizando *Daphnia magna*, *Poecilia reticulata* e *Vibrio fischeri* como bioindicadores**. In: Ecotoxicologia: Perspectivas para o século XXI, São Carlos/SP, Set.

BERGSTEN-TORRALBA, L.R.; NISHIKAWA, M.M; BAPTISTA, D.F; MAGALHÃES, D.P; DA SILVA, M. **Decolorization of different textile dyes by *Penicillium simplicissimum* and toxicity evaluation after fungal treatment**. Brazilian Journal of Microbiology, v.40, p.808-817, 2009.

CRIPPS C, BUMPUS JA, AUST SD. (1990). **Biodegradation of azo and heterocyclic dyes by *Phanerochaete chrysosporium***. Appl Environ Microbiol 1990; 56:1114 – 8.

FORGACS, E., CSERHÁTI, T., OROS, G., (2004). **Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review**. Environment International 30 (2004) 953 – 971.

GRIFFIN, D. H.. **Fungal physiology**. 2 ed. New York. Wiley-Liss, 458 p. 1994.

KAMIDA, Hélio Mitoshi; DURRANT, Lucia Regina; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim and ARMAS, Eduardo Dutra de. **Biodegradação de efluente têxtil por *Pleurotus sajor-caju***. Quím. Nova [online]. 2005, vol.28, n.4, pp. 629-632. ISSN 0100-4042

KARIMINIAAE-HAMEDAANI, H., SAKURAI, A., SAKAKIBARA, M., (2007). **Decolorization of synthetic dyes by a new manganese peroxidase-producing white rot fungus**. Dyes and Pigments 72 (2007) 157e162.

KAUSHIK, P., MALIK, A. **Fungal dye decolourization: Recent advances and future potential**. Environment International 35 (2009) 127–141, 2008.



PASCHOAL, F. M. M., TREMILIOSI-FILHO, G. **Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais.** Química Nova, v.28, n.5, p.766-772, 2005.

PATEL, H., VASHI, R.T.,(2011). **Removal of Congo Red dye from its aqueous solution using natural coagulants.** Journal of Saudi Chemical Society (2011), doi:10.1016/j.jscs.2010.12.003

QUEIROZ, B. P. V.; BERRO, STEFANELLI, T.,(2011). **Biodegradação de Corantes Têxteis por Anabaena flos-aqual.** Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v.8, n. 1, p.026 -035, jan. /mar. 2011.

RODRIGUES, K., da SILVA, K. M. L ., SILVA, G. M. M., LIMA, P. C. C., WANDERLEY, C. R. P., SILVA, G. M., (2011). **Remoção de corante por uso de *Aspergillus Níger* AN400 em reator em bateladas sequenciais.** Disponível no site: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/No%20Prelo/Artigos/AR10398.pdf>

ULSON DE SOUZA, S.M.A.G., BONILLA, K.A.S., ULSON DE SOUZA, A.A. **Removal of COD and color from hydrolyzed textile azo dye by combined ozonation and biological treatment.** Journal of Hazardous Materials, v.179, p.35–42, 2010.