



## Influência de cossubstrato e da atividade enzimática do fungo *Phanerochaete chrysosporium* quanto à remoção de corante azo

Helison O. MAXIMO<sup>1</sup>; André L. CUNHA<sup>2</sup>; Marcus V. F. ANDRADE<sup>3</sup>; Rinaldo ARAÚJO<sup>4</sup>; Kelly RODRIGUES<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental - IFCE. e-mail: helisonmaximo@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental - IFCE. e-mail: andrecunha.gnr@gmail.com

<sup>3</sup>Mestrando em Gestão Ambiental - IFCE. e-mail: marcusvinciusan@gmail.com

<sup>4</sup>Doutor em Química Orgânica - UFC. e-mail: rinaldo@ifce.edu.br

<sup>5</sup>Doutora em Hidráulica e Saneamento - EESC/USP. e-mail: kelly@ifce.edu.br

**Resumo:** Diversos problemas são causados pelo lançamento sem tratamento de resíduos líquidos oriundos de processos industriais, dos quais os de origem têxtil ocasionam grande impacto negativo nos ambientes onde estes são descartados. Devido à necessidade de diminuir esses impactos, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas a fim de minimizá-los, como por exemplo, as relacionadas com tratamento destes efluentes por fungos, particularmente, os de podridão branca que têm provado sua eficiência em degradar compostos tóxicos. A presente pesquisa utilizou o fungo *Phanerochaete chrysosporium* na avaliação da viabilidade de tratamento biológico a fim de remover matéria orgânica carbonácea, corante azo vermelho do congo (20 mg/L), e nutrientes em meio aquoso. Foram alcançadas as melhores médias de atividade enzimática e também de remoções de matéria orgânica carbonácea (97%), corante (78%), amônia (65%) e nitrato (68%) na etapa 2, na qual os micro-organismos dispunham da menor concentração de glicose (1 g.L<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** *Phanerochaete chrysosporium*, vermelho do congo, bateladas sequenciais.

### 1. INTRODUÇÃO

O lançamento irregular de efluentes de origem industrial têxtil acarreta em diversidade de problemas aos ambientes onde estes são lançados, tais como diminuição do oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, eutrofização, diminuição da taxa fotossintética, entre outros inconvenientes (FERREIRA *et al.*, 2007; BINUPRIYA *et al.*, 2008). Os quais são ocasionados por grandes quantidades de sólidos em suspensão, de corantes, sais, aditivos, detergentes e agentes tensoativos (HAI *et al.*, 2007; VANHULLE *et al.*, 2008).

Impulsionados por estes problemas, diversos países estão implementando uma legislação mais rigorosa em relação ao despejo desse tipo de resíduos industriais. Conjuntamente, legislação eficiente e consciência de que os materiais corantes causam impacto ambiental negativo contribuíram para um aumento no número de pesquisas visando o desenvolvimento de processos, que podem efetivamente tratar efluentes têxteis (ANASTASI *et al.*, 2010).

De acordo com a literatura, existem vários relatos sobre a excelente capacidade de os fungos degradarem corantes. Entretanto, esses relatos são referentes a experimentos pequenos, enquanto em escala real ainda não se encontrou uma resposta muito confiável. Isso também se deve à dificuldade em se encontrar micro-organismos ou consórcio destes, que sejam capazes de crescer e degradar os componentes de efluentes têxteis, que por sua vez, são muito inconstantes em algumas características como: pH, temperatura, volume, carga poluente (HAI *et al.*, 2007; VANHULLE *et al.*, 2008).

Algumas pesquisas mostram que fungos de podridão branca têm provado ser micro-organismos muito eficientes na degradação de corantes têxteis (KAUSHIK e MALIK, 2009; ASGHER *et al.*, 2009; HANSEN *et al.*, 2009; YANG *et al.*, 2008). Estes se utilizam de um sistema de enzimas extracelulares, envolvidas na degradação de lignina, como as lacases, manganês e lignina peroxidase e ainda outra chamada de peroxidase versátil (MOHORCIC *et al.*, 2009), as quais são eficazes contra uma vasta gama de corantes (TINOCO *et al.*, 2007).

Dentre os fungos de podridão branca, alguns se destacam pela capacidade de biodegradação e descoloração de efluentes têxteis, como, por exemplo, o fungo *Phanerochaete chrysosporium*, do filo basidiomicota, que tem a capacidade de degradar lignina em altas taxas, através de mineralização ou



deslignificação seletiva ou não seletiva, produzindo dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (MOREIRA NETO, 2006; SOUZA e ROSADO, 2009).

Os corantes têxteis são de difícil degradação, são compostos orgânicos aromáticos e possuem a base de sua estrutura no benzeno (KAUSHIK e MALIK, 2009), são recalitrantes, tóxicos, xenobióticos, mutagênicos e carcinogênicos (BAPTISTA *et al.*, 2000; SOUZA e ROSADO, 2009; KHELIFI *et al.*, 2007). Dentre as classes de corantes têxteis, destaca-se a de corantes azo ( $-\text{N}=\text{N}-$ ), a mais utilizada nas indústrias têxteis (REIS, 2009). São substratos coloridos, solúveis em água e de baixa degradabilidade. Sua difícil degradação é devido a sua resistência à radiação solar, ácidos, bases e oxidação, sendo altamente resistentes aos processos de tratamento de efluentes convencionais (WANDERLEY, 2007).

A presente pesquisa objetivou o estudo da remoção de vermelho do congo, de matéria orgânica carbonácea e de nitrogênio em função da variação da concentração de cossustrato pelo fungo *Phanerochaete chrysosporium*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O reator biológico em bateladas sequenciais foi montado e operado em escala laboratorial, tendo sido inoculado com o basidiomiceto *Phanerochaete chrysosporium*. A presente pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: cultivo e contagem dos esporos dos fungos, imobilização da biomassa e montagem seguida da operação do reator.

### Cultivo e Contagem dos Esporos

A espécie fúngica *Phanerochaete chrysosporium* foi cultivada em placas de Petri com meio de cultura com a seguinte composição ( $\text{g.L}^{-1}$ ): extrato de levedura (2), glicose (20),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (1),  $\text{MgSO}_4$  (0,5) e peptona (2). A cultura foi mantida em estufa microbiológica sob  $28^\circ\text{C}$ , 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. No inóculo do reator, foi utilizada a concentração de  $2 \times 10^6$  esporos. $\text{mL}^{-1}$ .

### Imobilização da Biomassa em Meio de Suporte

Para a imobilização da biomassa no reator foi utilizada a espuma de poliuretano (15g), cortada em quadrados de 2x2 cm. Os quais foram colocados em redes de polietileno, para facilitar a imobilização. Foram formados três conjuntos do material suporte, constituído de rede com 5 g de espuma.

O material, reatores e material suporte, foi previamente esterilizado em autoclave a  $121^\circ\text{C}$  durante 15 minutos. O meio nutritivo foi posto dentro dos reatores esterilizados, os quais foram inoculados com os esporos fúngicos, e foi mantido durante 24 horas sem aeração artificial com o objetivo de promover a fixação dos esporos fúngicos no material suporte. Após esse período foi fornecida aeração artificial durante 24 horas e posteriormente o meio nutritivo foi trocado e mantido por mais 72 horas.

### Operação do Reator

O reator de vidro comportava volume total de 5 litros e foi operado durante 20 ciclos de quarenta e oito horas (48 h) durante cada etapa, recebendo a cada ciclo volume de 4 litros do meio basal, o qual foi preparado com água da torneira, acrescido de  $16 \text{ mg.L}^{-1}$  corante azo vermelho do congo e dos seguintes macronutrientes ( $\text{g.L}^{-1}$ ):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (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); e ainda  $10 \text{ mL.L}^{-1}$  de uma solução mineral.

A solução mineral foi composta por ( $\text{g.L}^{-1}$ ):  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (3),  $\text{NaCl}$  (1),  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (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) e  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0,01).

O estudo foi dividido em 3 etapas, caracterizadas pela variação da concentração do cossustrato adicionado ao meio, as quais foram: Etapa 1 ( $5 \text{ g.L}^{-1}$  de glicose), Etapa 2 ( $1 \text{ g.L}^{-1}$  de



glicose) e Etapa 3 (3 g.L<sup>-1</sup> de glicose). O pH do meio teve o seu valor ajustado dentro da faixa ácida de forma a se propiciar pH ótimo para o desenvolvimento do fungo.

Houve a caracterização do meio basal (entrada e saída), através do estudo das variáveis: corante, pH (Potencial Hidrogeniônico), DQO (Demanda Química de Oxigênio), amônia, nitrato e enzima *manganês peroxidase*. Todas as análises com exceção de corante e enzima, foram realizadas segundo APHA (2005), as outras têm seus procedimentos descritos em Rodrigues *et al* (2010) e Aguiar Filho (2008), respectivamente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Etapa 1 do experimento ocorreram oscilações quanto às variáveis DQO e corante, sendo eu a média de eficiência de remoção de DQO foi 88% e de corante, 56%. Particularmente nos ciclos 5 e 16 quando a remoção de corante foi de quase 100%, foram obtidas as menores eficiências de remoção de matéria orgânica bruta desta Etapa, de 17% e 33%, respectivamente para os ciclos 5 e 16, o pode estar relacionado à formação de subprodutos pela quebra da molécula do corante que somaram a DQO e o não consumo dos mesmos, acarretando em acúmulo de matéria orgânica carbonácea (SOMASIRI *et al.*, 2008), que logo depois foi sendo consumida como mostrado na Figura 1.

Os valores de pH do meio, nestes ciclos (15 e 16), não oscilaram muito, ficando em 4,5 e 2,8 para o quinto ciclo e 4,2 e 3,5, para o décimo sexto ciclo, entrada e saída, respectivamente.

Na segunda etapa o reator foi alimentado com a menor concentração de glicose (1 g.L<sup>-1</sup>). E as médias de remoção de DQO e corante foram de 97% e 78%, respectivamente. Tendo ocorrido também a menor variação do pH do meio, ficando a média do pH das entradas igual a 3,8 e a média das saídas, 3,2. A menor concentração de glicose propiciou maior estabilidade no processo de remoção das variáveis acima, e melhores resultados, o que é desejável porque quanto menor a necessidade de utilização de materiais exógenos neste processo, melhor economicamente.

A terceira etapa foi a que apresentou maiores oscilações nos resultados de DQO, com médias de remoção de DQO igual a 91% e de corante de 62%. No primeiro ciclo, isso ocorreu por uma possível adaptação do fungo à nova concentração de glicose, que passou de 1 g.L<sup>-1</sup> para 3 g.L<sup>-1</sup>. Entretanto, no décimo e décimo sétimo ciclo houve uma diminuição brusca nos valores de DQO, mesmo com os valores de corante e pH estáveis, o que pode ter a mesma explicação da etapa 1.

De acordo com os resultados obtidos, a etapa 2 foi a que representou as melhores eficiências de corante e DQO, tendo-se utilizado a menor concentração de glicose (1 g.L<sup>-1</sup>).

O trabalho de Yang *et al* (2008), que utilizaram reator aeróbio inoculado com fungos e bactérias para tratar meio sintético contendo 30 mg.L<sup>-1</sup> de corante preto 5 reativo também obteve resultados melhores quando a concentração de glicose foi menor (0,5 g.L<sup>-1</sup>), tendo remoções de até 94% de DQO e 75% de corante. Assim também, nesta pesquisa, encontrou-se valores máximos de 100% de remoção de DQO e 90% de corante, na etapa 2 (1 g.L<sup>-1</sup>).

Os médias dos valores de pH para as três etapas foram: 4,3 e 3,0 (etapa1); 3,8 e 3,1 (etapa 2) e 4,4 e 2,8 (etapa 3), para entrada e saída, respectivamente.

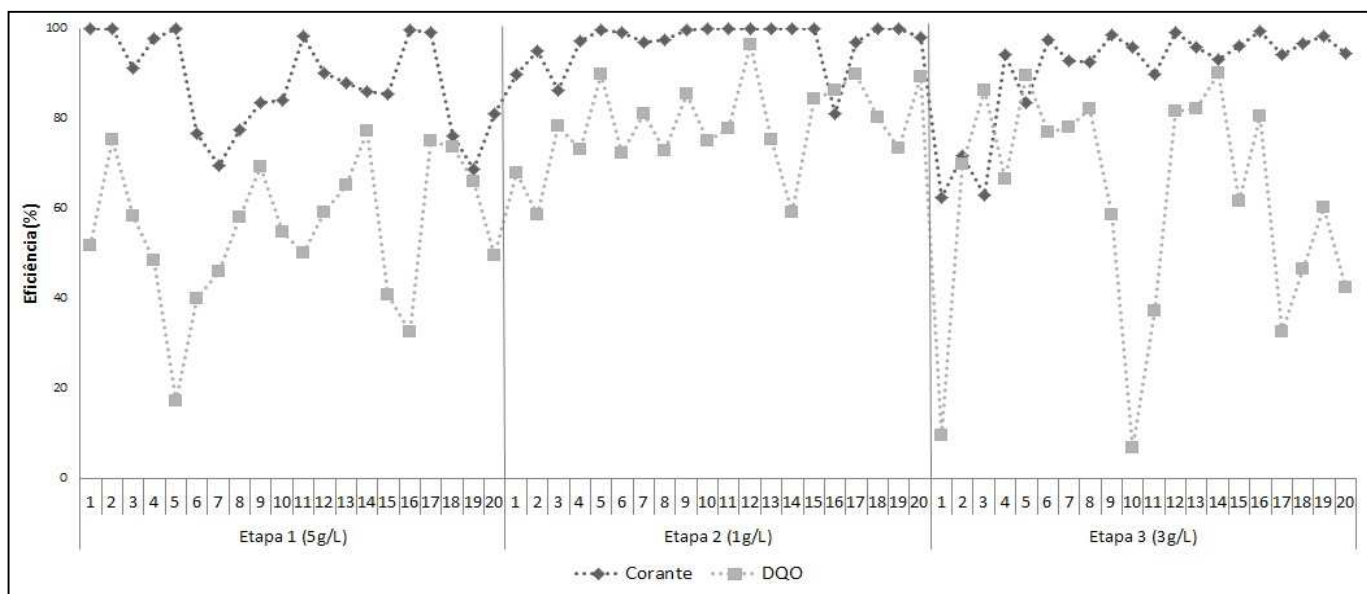


Figura 1 – Eficiências das variáveis corante e matéria orgânica bruta (DQO) durante as três etapas de operação do reator em bateladas sequenciais com ciclos de 48 h.

Os valores referentes à amônia e nitrato variaram muito, sendo que os melhores resultados foram encontrados na primeira etapa, obtendo-se remoções médias de 83% de remoção de amônia e 73% de nitrato. A melhor atividade de remoção de nitrogênio apresentada na primeira etapa pode estar relacionada com a maior concentração do cossustrato no meio, que proporcionaria suprimento de requisitos metabólicos dos micro-organismos para a produção de aminoácidos (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Nos três ciclos em que houve acúmulo de nitrato (5, 9 e 18) a remoção de amônia permaneceu constante, o que já era esperado, pois quando há quantidade considerável tanto do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) como do íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no meio, há uma preferência do fungo pelo íon amônio, resultando na repressão da remoção do nitrato (GRIFFIN, 1994). No ciclo 6, como havia abundância de nitrato no meio, o fungo pode ter preferido transformar nitrato em amônia, a qual se acumulou no reator.

Comparando-se as remoções de amônia e nitrato com as remoções de corante, pode-se observar que quando as remoções de corante chegavam próximas a 100%, nem sempre as remoções de nitrogenadas acompanhavam, como no caso dos ciclos 1, 5, 16 e 17 para amônia e nos ciclos 1, 5 e 11 para nitrato.

Na segunda Etapa a remoção de amônia teve média de 65% e de nitrato 68%. O primeiro ciclo não apresentou remoção considerável, possivelmente, por conta da adaptação do fungo à nova concentração do cossustrato, assim também como no primeiro ciclo da terceira etapa. No ciclo 7 houve um acúmulo de amônia no meio e uma remoção de quase 80% do nitrato, com o valor do pH quase inalterado, 3,6 para entrada e 3,2 para saída. Se comparado à remoção de corante, este não apresentou diminuição ou aumento de seus valores. No ciclo 11 notou-se acúmulo de nitrato e aumento da remoção de amônia, o que, aparentemente não apresentou influência significativa sobre a remoção de corante. Este acúmulo de nitrato se explicou pela mesma lógica usada para a etapa anterior, quando o fungo ao preferir consumir amônia, também pode reprimir a remoção de nitrato.

A Etapa 3 apresentou oscilações nos valores de nitrato, que teve como remoção média percentual de 29%, enquanto a média das remoções de amônia ficou em 89%.

A diminuição nas remoções de nitrato na terceira etapa pode estar relacionada à inserção de nitrato na entrada através da água utilizada para confecção do meio basal, que era oriunda da torneira. Pois, embora não tenha ocorrido nenhuma alteração na concentração dos macro e micronutrientes utilizados para o preparo do meio basal, a média das concentrações de nitrato na entrada do reator da

etapa 3 foi quase o dobro da encontrada nas outras etapas, podendo a fonte de nitrato ter sido a água utilizada. Assim, o fungo não assimilou o excesso do nitrato nessa etapa.

Houve melhor remoção de amônia em relação ao nitrato ao decorrer das etapas (Figura 2). A preferência do fungo pela amônia ocorre pela facilidade de assimilação, visto que o íon amônio tem o mesmo nível de oxidação do nitrogênio orgânico utilizado pelo fungo, o que representa um menor gasto energético para o mesmo (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

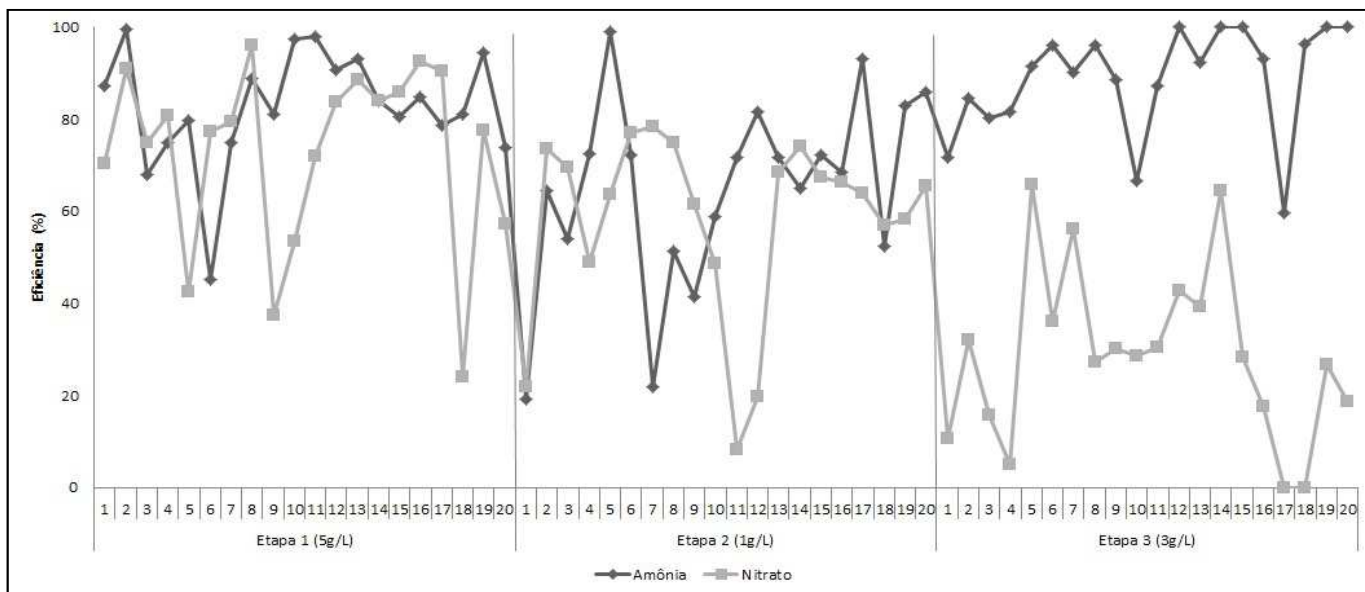


Figura 2 – Eficiências das variáveis amônia e nitrato durante as três etapas de operação do reator em bateladas sequenciais com ciclos de 48 h.

Na primeira etapa, as concentrações da enzima *manganês peroxidase* apresentaram valores abaixo de  $10 \mu\text{mol}^{-1}.\text{min}$ , tendo como média  $3,7 \mu\text{mol}^{-1}.\text{min}$ . Nesta etapa, foram obtidas as melhores eficiências de remoção de amônia e nitrato, e em contraponto, as menores de corante e DQO. A liberação baixa da enzima *manganês peroxidase*, se comparada com as outras etapas, pode se relacionar à grande quantidade de glicose no meio, o que sugeriu que o fungo não precisou excretar grande quantidade de enzima para degradar uma fonte de carbono que se apresentava farta e de fácil assimilação.

A segunda etapa apresentou valor médio igual a  $9,4 \mu\text{mol}^{-1}.\text{min}$ . Os ciclos 10, 12 e 13 alcançaram os maiores valores da atividade enzimática nesta etapa, entretanto os valores dos outros parâmetros não acompanharam essas máximas. De modo geral, nessa etapa, pode-se observar as melhores remoções de DQO e corante, as quais coincidiram com o aumento da produção enzimática no período em que durou a referida etapa.

Na etapa 3, ocorreu a maior produção de enzimas e os ciclos 14 e 17 apresentaram dois picos de extrema atividade,  $47,22 \mu\text{mol}^{-1}.\text{min}$  e  $71,03 \mu\text{mol}^{-1}.\text{min}$ . Para DQO, amônia e nitrato, Curiosamente, no ciclo 14 as remoções de DQO, amônia e nitrato foram boas, respectivamente de 90%, 100% e 64%. Porém, já no ciclo 17, houve acúmulo de matéria orgânica carbonácea e de nitrato. Assim, o fungo pode ter tido dificuldades em remover subprodutos decorrentes da ruptura da molécula do corante, as quais eram fontes de carbono e nitrogênio, e este fator de estresse resultou com o tempo na maior produção de enzimas, a fim de ajudar na ruptura da molécula do corante e seu posterior consumo.

Com esta avaliação, verificou-se que nem sempre uma grande atividade enzimática proporciona eficiências elevadas de remoção, para as variáveis estudadas.

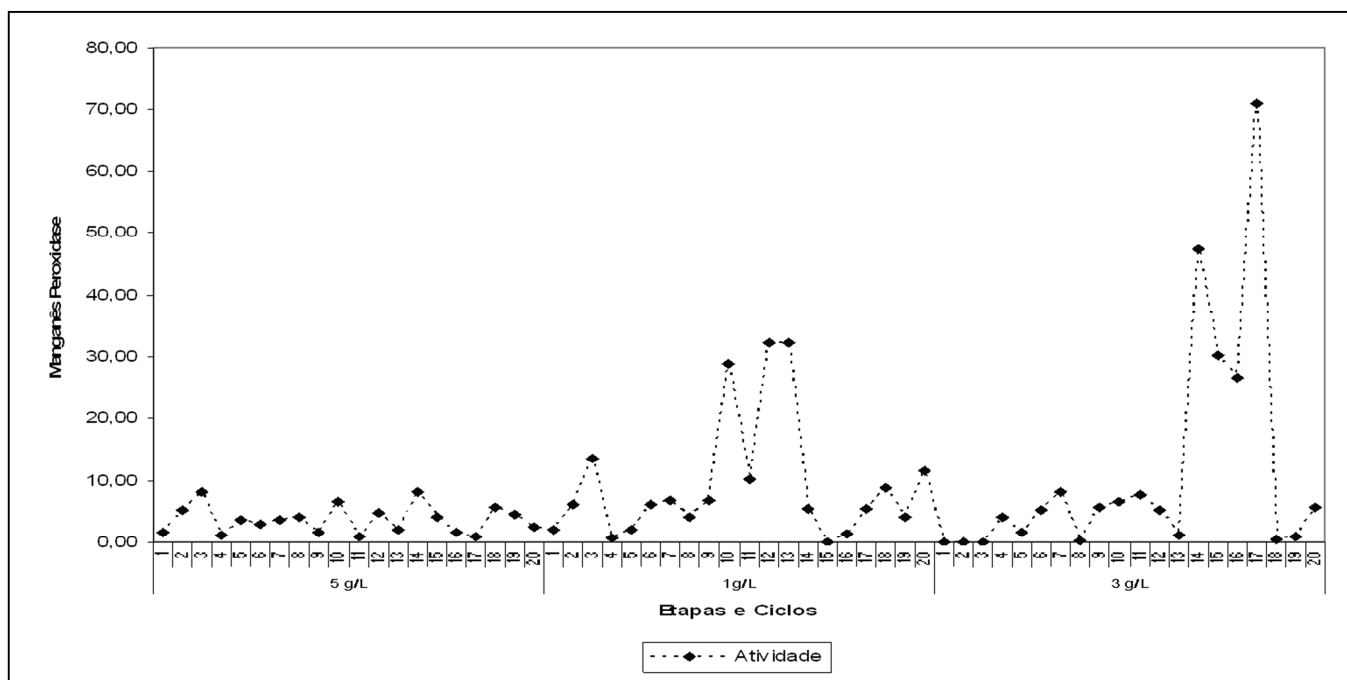


Figura 3 – Atividade da enzima *manganês peroxidase* durante as três etapas de operação do reator em bateladas sequenciais com ciclos de 48 h.

## 6. CONCLUSÕES

Em se tratando de remoção de matéria orgânica e corante, a melhor condição em relação à concentração de glicose foi a da Etapa 2, na qual foi adicionado ao meio  $1 \text{ g.L}^{-1}$  de glicose. Porém, em relação à remoção de nitrogênio, a melhor resposta ocorreu quando da adição da maior concentração de glicose ( $5 \text{ g/L}$ ), não se tendo estabelecido nenhuma relação efetiva entre a atividade enzimática para manganês peroxidase e a remoção de nitrogênio do meio.

A concentração elevada de glicose ( $5 \text{ g.L}^{-1}$ ) na Etapa 1 pode ter reprimido a produção da enzima manganês peroxidase, resultando na remoção baixa de corante e de matéria orgânica carbonácea evidenciados nesta etapa. Por outro lado, a presença da glicose em concentração elevada ( $5 \text{ g.L}^{-1}$ ), favoreceu a remoção de nitrogênio, tendo sido esta a etapa que apresentou a melhor resposta quanto à remoção de nitrogênio, não se tendo estabelecido nenhuma relação efetiva entre a atividade enzimática para manganês peroxidase e a remoção de nitrogênio do meio.

Possivelmente, a maior presença de subprodutos mais complexos de serem degradados pode ter influenciado a maior produção de enzimas observada na Etapa 3 ( $3 \text{ g.L}^{-1}$ ).

Fez-se importante a continuação da pesquisa a fim de se observar a continuidade da eficiência do processo, bem como suas respostas em um sistema maior ou piloto.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, a FUNCAP-CE pela concessão da bolsa de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

ANASTASI, A.; SPINA, F.; PRIGIONE, V.; TIGINI, V.; GIANANTI, P.; VARESE, C, V. **Scale-up of a bioprocess for textile wastewater treatment using *Bjerkandera adusta***. *Bioresource Technology* 101 (2010) 3067–3075, 2010.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20a. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.



ASGHER, M., AZIM, N., BHATTI, H. N. **Decolorization of practical textile industry effluents by white rot fungus *Coriolus versicolor* IBL-04.** *Biochemical Engineering Journal* 47 (2009) 61–65, 2009.

BINUPRIYA, A.R., SATHISHKUMAR, M., SWAMINATHAN, K., KU, C.S., YUN, S.E. (2008). **Comparative studies on removal of Congo red by native and modified mycelial pellets of *Trametes versicolor* in various reactor modes.** *Bioresource Technology* 99 (2008) 1080–1088. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

FERREIRA J. G. , BRICKER S. B. , SIMAS T. C. (2007). **Application and sensitivity testing of a eutrophication assessment method on coastal systems in the United States and European Union.** *Journal of Environmental Management* 82 (2007) 433–445.

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

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>).

HAI, F.I., YAMAMOTO, K., FUKUSHI, K., 2007. **Hybrid treatment system for dye wastewater.** *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 37, 315–377.

KAUSHIK, P., MALIK, A., 2009. **Fungal dye decolorization, recent advances and future potential.** *Environ. Int.* 35, 127–141.

KHELIFI, E.; GANNOUN, H.; TOUHAMI, Y.; BOUALLAGUI, H.; HAMDY, M. **Aerobic decolourization of the indigo dye-containing textile wastewater using continuous combined bioreactors.** 2007. *Journal of Hazardous Materials* 152 (2008) 683–689.

LI, S.C.; KANE, P.M. **The yeast lysosome-like vacuole: endpoint and crossroads.** *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1793, n. 4, p. 650-663, 2009.

MOHORCIC, M., BENCINA, M., FRIEDRICH, J., JERALA, R., 2009. **Expression of soluble versatile peroxidase of *Bjerkandera adusta* in *Escherichia coli*.** *Bioresour. Technol.* 100, 851–858.

MOREIRA NETO, Sérgio L. **Enzimas Lignofílicas produzidas por *Psilocybe castanella* CCB444 em solo contaminado com hexaclorobenzeno.** 2006, 110f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.

MOTTA, V.T. **Bioquímica.** Caxias do Sul: EDUCS, 2005.

OLIVEIRA, S. D.; LEMOS, J. L. S.; BARROS, C. A.; LEITE, S. G. F.. **Emprego de Fungos Filamentosos na Biorremediação de Solos Contaminados por Petróleo: estado da Arte.** 1 ed. Rio de Janeiro. CETEM/MCT, 67p, 2008.

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.; VIDAL, C. B.; BARBOSA, B. C. A.; PESSOA-WANDERLEY, C. R.; DUARTE, I. C. S.; MARINHO, G. **Viabilidade do tratamento de água residuária sintética têxtil em reator aeróbio de leito fixo.** *Eng Sanit Ambient* | v.15 n.1 | jan/mar 2010 | 99-106.



SOMASIRI, W.; Li X.F.; Ruan W.Q.; Jian C. **Evaluation of the efficacy of up flow anaerobic sludge blanket reactor in removal of colour and reduction of COD in real textile wastewater.** Bioresource Technology, v. 99, n. 9, p. 3692-3699, 2008.

SOUZA, F.A.; ROSADO, F.R. **Utilização De Fungos Basidiomicetes Embiodegradação De Efluentes Têxteis.** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.2, n.1, p. 121-139, jan./abr. 2009 - ISSN 1981-9951.

SILVA FILHO, H. A. SANTOS, M. V. E. SAMPAIO, G. M. M. S. ARTHAUD, I. **Ensaio de Toxicidade e Remoção de corantes têxteis por processo biológico.** II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa – PB – 2006.

TINOCO, R., VERDIN, J., VAZQUEZ-DUHALT, R., 2007. **Role of oxidizing and tryptophan 172 in the decoloration of industrial dyes by the versatile peroxidase from Bjerkandera adusta.** J. Mol. Catal. B: Enzym. 46, 1–7.

VANHULLE, S., TROVASLET, M., ENAUD, E., LUCAS, M., TAGHAVI, S., VAN DER LELIE, D., VAN AKEN, B., FORET, M., ONDERWATER, R.C.A., WESEMBERG, D., AGATHOS, S.N., SCHNEIDER, Y., CORBISIER, A., 2008. **Decolorization, cytotoxicity and genotoxicity reduction during a combined ozonation/fungal treatment of dye-contaminated wastewater.** Environ. Sci. Technol. 42, 584–589.

WANDERLEY, C.R.P. **Aspergillus niger AN 400 como inóculo de reatores em batelada para remoção do corante vermelho congo em meio aquoso sintético.** Fortaleza, 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil- Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, 2007.

YANG, Q.; Li, C.; Li, H.; Li, Y.; Yu, N. **Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor.** Biochemical Engineering Journal, v. 43, n. 3, p. 225-230, 2008.