

CINÉTICA DA ADSORÇÃO DE CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM BIOMASSA FÚNGICA MORTA DE *ASPERGILLUS NIGER* TRATADO ALTERNADAMENTE COM SOLUÇÕES ÁCIDA E ALCALINA

Karina Oliveira CHAVES, Raimundo Bemvindo GOMES, Rinaldo dos Santos ARAÚJO, Hugo L. B. BUARQUE

Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Ceará, Av. 13 de Maio, 2081, Benfica, 60.040-531.
Telefone: 3307-3647, Fax: 3307.3711; e-mail: karina__chaves@hotmail.com, hbuarque@cefetce.br.

RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento adequado de efluentes têxteis tem sido objeto de grande interesse nos últimos anos devido ao aumento da conscientização, mas principalmente devido à rigidez da legislação ambiental. Esses efluentes são ricos em corantes e, mesmo em concentrações baixas, são capazes de gerar além da poluição visual, alterações nos ciclos biológicos dos recursos hídricos em que são lançados. Sendo, portanto, bastante promissor a utilização de processos biossorbitivos na remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos presentes em efluentes industriais. Neste trabalho de pesquisa experimental, foi avaliada a utilização de biomassa fúngica morta da espécie *Aspergillus niger*, autoclavada e posteriormente tratada pela imersão em soluções alternadas de H_2SO_4 e $NaOH$ para a remoção do corante índigo carmim. Os tratamentos consistiram no contato durante uma hora da biomassa em solução ácida e alcalina, diferenciando-se apenas quanto à ordem do contato. Também foi determinada a curva cinética de adsorção com carvão ativado comercial para fins de comparação com o biossorbente estudado. Nos ensaios de cinética utilizaram cerca de 0,3g do adsorbente em 400mL de solução aquosa sintética do corante com concentração de 50mg/L. Os resultados obtidos mostraram uma remoção de 96% em massa do corante para a biomassa tratada com solução alcalina seguida de ácida e também com o carvão ativado, indicando que a remoção desses adsorbentes são equivalentes para o corante avaliado. Já a biomassa com tratamento ácido-base não demonstrou eficiência na remoção de cor da solução. Com isso, pode-se concluir que o emprego de biomassa fúngica tratada com base-ácido pode ser viável como adsorbente alternativo para aplicação industrial no tratamento de efluentes têxteis.

Palavras-chave: biossorção, efluente têxtil, índigo carmim, *Aspergillus niger*, adsorbente alternativo.

1. INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis têm grande dificuldade em tratar eficientemente as águas residuárias geradas em sua complexa cadeia produtiva, particularmente, em relação à remoção de corantes destes efluentes, que mesmo em pequenas quantidades conferem cor intensa. Esses efluentes, em sua maioria, apresentam elevadas demanda química e bioquímica de oxigênio, grande quantidade de sólidos suspensos e coloração bastante acentuada, constituindo um dos esgotos mais complexos e problemáticos a serem tratados (AKSU, 2005).

Devido à baixa biodegradabilidade dos corantes, os processos convencionais de tratamento biológico dos efluentes têxteis não são muito eficientes. Usualmente o tipo de tratamento empregado para remoção do corante envolve processos físicos ou químicos, incluindo coagulação, floculação, ozonização, oxidação, troca iônica, irradiação e adsorção. Algumas dessas técnicas de tratamento têm se mostrado eficientes, embora possuam uma ou outra limitação (FU, VIRARAGHAVAN, 2002; DALLAGO, SMANIOTTO, OLIVEIRA, 2005; AKSU, 2005) seja por questões econômicas ou práticas. A grande vantagem dos processos adsorptivos é a possibilidade de recuperação do corante na forma concentrada e a reutilização do adsorvente no processo (KIMURA et al., 1999).

Nesse sentido, há grande interesse na procura por materiais alternativos relativamente baratos como adsorventes potenciais para a remoção de corantes de efluentes têxteis (DALLAGO, SMANIOTTO, OLIVEIRA, 2005). Entre as opções normalmente consideradas para adsorventes de baixo custo estão os materiais naturais e certos resíduos (DÁVILA-JIMÉNEZ, ELIZALDE-GONZÁLEZ, PELÁEZ-CID, 2005). Contudo, estes adsorventes apresentam, em geral, baixas capacidades de adsorção, implicando em grandes quantidades do material em processos de tratamento (AKSU, 2005). Neste ponto, a biossorção se apresenta de maneira bastante atrativa e promissora.

Processos biossorbitivos podem ser utilizados no adequado tratamento de efluentes têxteis. Estes processos utilizam as propriedades especiais da superfície de microorganismos (vivos ou mortos) tais como bactérias, leveduras, fungos e algas para adsorver diferentes tipos de poluentes orgânicos e inorgânicos de efluentes industriais. Dentre as espécies mais utilizadas para esse fim estão o *Aspergillus niger*, *Myrothecium verrucaria*, *Laminaria digitata*, *Candida tropicalis*, *Cândida lipolytica* e *Cunninghamella elegans* (AKSU, 2005). Os principais atrativos da biossorção são a alta seletividade e eficiência, baixo custo relativo e bom desempenho de remoção (AKSU, 2005)(ILHAN, 2004)(FU, VIRARAGHAVAN, 2002).

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade de remoção do índigo carmim, um corante indigóide de difícil biodegradabilidade, a partir de uma solução aquosa sintética, utilizando biomassa fúngica inativa de *Aspergillus niger* tratado por combinações de soluções de ácido de base, bem como avaliar a influência desses tratamentos químicos sobre a cinética do processo bioadsorptivo.

2. METODOLOGIA

2.1. Produção da biomassa fúngica

A espécie fúngica *Aspergillus niger* utilizada neste estudo para produção de biomassa foi isolada a partir de amostras coletadas em sistema de tratamento de águas residuárias de uma indústria têxtil localizada no município de Maracanaú, Ceará, Brasil, nos meses de setembro e outubro de 2005 e maio e junho de 2006.

A cepa isolada foi inoculada e incubada em meio Sabouraud sólido a 28 °C por 5 dias para esporulação. Os esporos gerados foram suspensos em água estéril e um inóculo de 1 mL desta suspensão foi transposto para erlenmeyers previamente esterilizados, contendo 150 mL de Caldo Sabouraud Dextrose “Broth” (DIFCO®). Os erlenmeyers foram postos sob agitação em agitador tipo *shaker* a 200 rpm, numa temperatura de 28°C, por 72h para crescimento do micélio. Após esse período, o micélio se desenvolveu em forma de grânulos (pellets) de tamanho entre 3 e 5 mm. Todo o cultivo foi conduzido sob condições assépticas. A massa fúngica produzida foi ainda purificada por filtração e lavagem, e posteriormente morta por autoclavagem a 121°C e 18 psi durante um período de 30 minutos.

2.2. Tratamento da biomassa fúngica

Diversos estudos têm mostrado que vários processos de tratamento químico e físico podem aumentar a capacidade de adsorção da biomassa (AKSU, 2004) (FU, VIRARAGHAVAN, 2000, 2001). Tais tratamentos podem consistir do contato da biomassa com compostos orgânicos ou inorgânicos, tais como ácidos, bases ou sais, sendo estes os tratamentos químicos, enquanto que os físicos consistem em autoclavagem e secagem. Deste modo, procurando-se avaliar a capacidade de adsorção do bioissorvente fúngico previamente produzido após tratamentos alternados de solução ácida e alcalina, a biomassa autoclavada foi dividida em três alíquotas (tipos) e tratadas conforme apresentadas e enumeradas a seguir:

- (a) lavagem de 30g da biomassa autoclavada com bastante água destilada (alíquota sem tratamento químico);
- (b) imersão de 30g da biomassa autoclavada em 100mL de solução de NaOH 0,1 mol/L durante 1 hora, seguida de lavagem abundante com água destilada e posterior imersão em 100mL de solução de H₂SO₄ 0,1 mol/L durante 1 hora;
- (c) imersão de 30g da biomassa autoclavada em 100mL de solução de H₂SO₄ 0,1 mol/L durante 1 hora, seguida de lavagem abundante com água destilada e posterior imersão em 100mL de solução de NaOH 0,1 mol/L durante 1 hora.

Em seguida, as biomassas tratadas foram lavadas com água destilada em abundância para remover o excesso da solução do tratamento. Estas lavagens somente eram concluídas quando o pH do líquido de lavagem se encontrava em faixa neutra. Por último, as biomassas eram filtradas e levadas para estufa a 65°C ± 5°C durante 48 horas para completa secagem da mesma. Após esta etapa, as biomassas se encontravam prontas para serem utilizadas como bioissorventes.

2.3. Determinação do Ponto de Carga Zero (PZC)

O PZC, definido como o pH em que a superfície da biomassa fúngica possui carga neutra, foi determinado para as biomassas avaliadas nesse estudo, com o intuito de se verificar a partir de que pH a superfície do bioissorvente muda de predominantemente positiva para negativa. A metodologia empregada neste estudo para a determinação do PZC é descrita por Regalbuto et al (2004). O procedimento consistiu em misturar 50 mg da biomassa com 50mL de solução aquosa sob diferentes condições de pH inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12) e determinar o pH após 24 horas de equilíbrio. As soluções com pH em faixa ácida foram feitas a partir de diluições de HCl 1 mol/L e as de pH básico a partir de diluições da solução de NaOH 1 mol/L, já que ambos os reagentes possuem atividade próxima a sua concentração.

2.4. Avaliação da variação do pH durante os experimentos

O pH é fator muito importante na remoção de cor (FU e VIRARAGHAVAN, 2001). O pH afeta não somente a capacidade de bioissorção, mas também a coloração da solução de índigo carmim. Por esta razão, durante todos os ensaios de cinética o potencial hidrogeniônico foi acompanhado através do pHmetro digital, marca Bell, modelo W3B, a fim de verificar a sua variação durante o processo bioissorativo, bem como a necessidade de tamponar as alíquotas retiradas do sistema bioissorativo para a determinação da concentração da solução de corante durante os ensaios.

2.5. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Amostras das biomassas fúngicas diferentemente tratadas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura objetivando visualizar o efeito causado pelo tratamento químico. O emprego da técnica de microscopia eletrônica de varredura foi efetuado de acordo com o procedimento de Kitajima (1997) aplicado para os diferentes tratamentos da biomassa. As amostras foram primeiramente acondicionadas e pré-fixadas em solução de Karnovski, em seguida foram lavadas em um ciclo de 3 vezes perdurando 10 minutos cada lavagem em solução de tampão fosfato de sódio monobásico PA (ACS). Em seguida, foram fixadas através da solução de tetróxido de ósmio, permanecendo imersas durante hora, submetidas logo em seguida ao ácido tânico por 1 hora e novamente por tetróxido de ósmio por mais 1 hora, concluindo então a etapa de fixação. A etapa posterior consistia na desidratação da biomassa através da imersão em solução de acetona com concentração crescente, tais como 30, 50, 70, 90 e 100%, permanecendo cerca de 10 minutos em cada concentração de solução acetônica. Após toda a etapa de lavagem e desidratação, as amostras foram secas em aparelho de secagem ao ponto crítico (EMITCH K850), sendo banhadas com ouro em aparelho metalizador (EMITCH K650) e observadas ao microscópio eletrônico de varredura (ZEISS – DSM 940 A).

2.6. Ensaios de Biossorção

Os ensaios para avaliação da cinética do processo de biossorção, bem como da capacidade máxima adsorviva seguiram o método de imersão padrão em banho finito (ROUQUEROL, ROUQUEROL, SING, 1999), que consiste em, simplesmente, contatar a solução de corante, de massa e composição conhecidas, com o bioadsorvente, em um recipiente fechado, agitado e sob condições controladas de temperatura. A queda da concentração do corante que se encontra diluído em água, ao longo do tempo, indica a quantidade que está sendo adsorvida na biomassa. Admitindo-se que a água não seja adsorvida, um simples balanço de massa entre a condição inicial e a condição final permitirá obter um ponto da curva cinética para aquele sistema.

Para a realização dos ensaios de cinética, uma solução aquosa sintética do corante índigo carmim PA (C.I. 73.015), marca VETEC, foi preparada numa concentração de 50 mg/L. Estes ensaios foram realizados no Laboratório de Processos e Análises Químicas do CEFETCE, utilizando um conjunto de erlenmeyers 500 mL vedados contendo 400 mL da solução de corante índigo carmim recém preparada e aproximadamente 0,3 g das biomassas avaliadas. O sistema permanecia em temperatura ambiente e constante agitação utilizando-se agitadores e barras magnéticas. As concentrações de corante durante os ensaios de adsorção foram quantificadas por espectroscopia de absorção molecular, utilizando-se um espectrofotômetro UV/VIS da marca Shimadzu®, marca 1601 PC.

2.7. Adsorção comparativa utilizando carvão ativado comercial

Sob as mesmas condições experimentais dos ensaios de biossorção, foram realizados ensaios de cinética de adsorção utilizando carvão ativado para fins de comparação, haja vista que o carvão ativado é bastante utilizado atualmente no tratamento de efluentes industriais têxteis. Entretanto, apresenta como desvantagem o seu considerável custo relativo.

Para este ensaio de adsorção comparativa, fizeram-se contatar 400mL da solução aquosa sintética do corante índigo carmim numa concentração de 50mg/L com 0,3g de um carvão ativado comercial em constante agitação, seguindo conforme os mesmos procedimentos do ensaio biossortivo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Eletromicrografias

As eletromicrografias obtidas para as biomassas antes e após os tratamentos são apresentadas na Figura 1. Observa-se que após as etapas de autoclavagem e secagem em estufa, o micélio se apresentou profuso e abundante com hifas longas e cruzadas, não diferindo da amostra não autoclavada após o cultivo e ainda ativa, mantendo, portanto suas características estruturais.

A eletromicrografia obtida após o tratamento com NaOH 0,1 mol/L seguida por H₂SO₄ 0,1 mol/L mostra um equilíbrio entre hifas colapsadas e hifas soltas, com presença de espaços vazios, enquanto que as eletromicrografias da biomassa tratada com H₂SO₄ 0,1 mol/L seguido de NaOH 0,1 mol/L mostra o colapsamento das hifas, formando portanto uma massa única, porém com menos poros e reentrâncias comparadas a biomassa tratada primeiramente com a base e em seguida com o ácido.

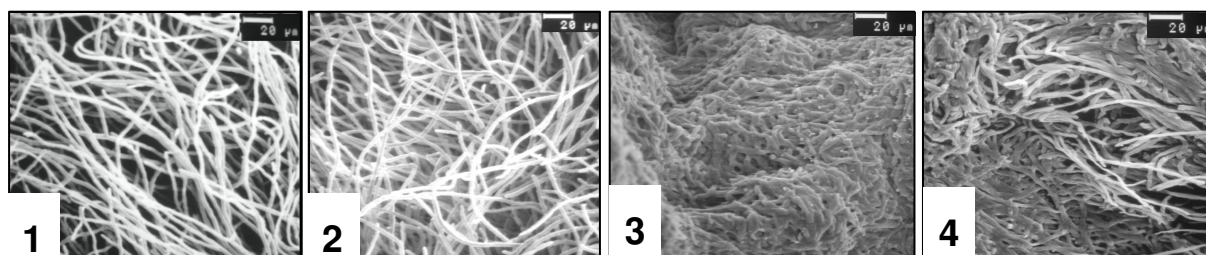


Figura 1 – Micrografia eletrônica de varredura de 500 diâmetros das biomassas: (1) após cultivo em shaker; (2) autoclavada e secagem em estufa sem tratamento químico; (3) autoclavada e tratada com H₂SO₄ 0,1 mol/L seguida por NaOH 0,1 mol/L; (4) autoclavada e tratada com NaOH 0,1 mol/L seguida por H₂SO₄ 0,1 mol/L.

3.2. Ponto de Carga Zero (PZC)

Os grupos funcionais tais como as hidroxilas, carboxilas, e outros grupos nitrogenados (aminas e amidas), existentes na parede celular da biomassa fúngica, podem ganhar ou perder prótons após os tratamentos realizados, ocasionando uma variação da carga líquida superficial com a variação do pH. Em potenciais hidrogeniônicos abaixo do PZC os sítios superficiais estão protonados e a superfície carregada positivamente, enquanto que em pH abaixo do PZC os grupos ionizáveis perdem seus prótons e a superfície torna-se negativamente carregada. A partir dos ensaios realizados e apresentados na Tabela 1, observa-se que o tratamento com solução básica seguida de ácido, praticamente não alterou o PZC do bioissorvente estudado (cerca de 7,1) mantendo-se próximo ao valor obtido da biomassa não tratada (cerca de 7,2), conquanto que o tratamento com solução ácida seguida de solução básica aumentou o PZC (cerca de 7,9), e assim a faixa de pH com que a superfície deveria melhor interagir em corantes aniônicos.

Tabela 1 – PZC das biomassas e pH após 200 horas de bioissorção

TRATAMENTO DA BIOMASSA	PZC	pH _{final}
Sem tratamento	7,2	4,3
NaOH 0,1 mol/L – H ₂ SO ₄ 0,2 mol/L	7,1	4,2
H ₂ SO ₄ 0,1 mol/L – NaOH 0,1 mol/L	7,9	7,0
Carvão Ativado	-	7,1

3.3. Ensaios cinéticos

Os resultados obtidos a partir dos ensaios cinéticos de bioissorção, em temperatura ambiente, utilizando o carvão ativado e as biomassas fúngicas diferentemente tratadas, são apresentados na forma de na Figura 2 e Figura 3. Os resultados encontrados mostram que os tratamentos químicos influenciam tanto o pH do meio, quanto a velocidade com que o fenômeno ocorre e a capacidade máxima de adsorção.

A variação do pH durante os ensaios foi acompanhada e apresentada conforme Figura 2. Observa-se que as soluções de corante em contato com biomassa tratada com solução básica seguida de ácida assim como a biomassa não tratada, variaram seu pH da faixa neutra a ácida (7,0 a 4,0), mas mantiveram seu pH numa mesma faixa (4,0 a 5,0) com o passar dos dias de ensaios. Entretanto, a solução de corante em contato com carvão ativado e com a biomassa tratada com ácido seguido de base, teve seu pH variando numa faixa neutra à levemente alcalina (6,5 – 8,5). Os resultados obtidos indicam uma possível troca de prótons durante os momentos iniciais do processo até que se atinja o equilíbrio iônico do sistema, demonstrando que a cinética de adsorção para a biomassa é favorecida em faixa ácida, pois os tratamentos em que se mantiveram nessa faixa apresentaram elevada massa de corante adsorvida pela superfície fúngica. Com isso, pode-se perceber a ocorrência de uma liberação de prótons oriundo da superfície da biomassa para a solução durante o processo adsorativo. Percebe-se que a interação entre a molécula de corante (um corante aniônico) e o bioissorvente é predominantemente devido às interações entre as cargas da molécula de corante e das cargas presentes na superfície da biomassa. Estes resultados confirmam as observações de Maurya et al. (2005) e de Fu e Viraraghavan (2001).

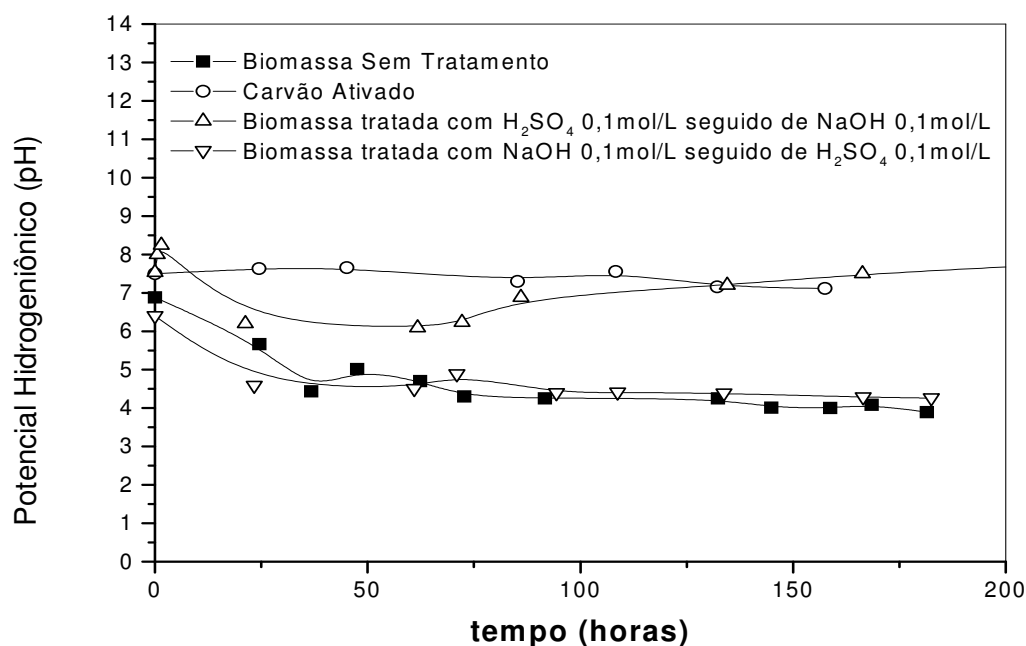


Figura 2 – Acompanhamento do pH durante o processo de adsorção. Pontos são dados experimentais e linhas são curvas de tendência visual para os dados obtidos.

Além da neutralização das cargas negativas da superfície da biomassa, aumentando a carga superficial líquida positiva da biomassa fúngica, o tratamento com ácido, mesmo que seja o final, provocou a formação de poros e reentrâncias (condição necessária para uma adsorção satisfatória) e exposição de sítios adsorptivos, fato que favoreceu consideravelmente a cinética de biossorção do corante.

Relacionando os dados encontrados durante o ensaio cinético das biomassas diferentemente tratadas mostrados na Figura 3, pode ser observado que o tratamento ácido, mesmo sendo aplicado após um tratamento básico é capaz de potencializar a cinética adsorptiva, demonstrando eficiência equivalente ao carvão ativado, cerca de 60 mg de corante por grama de biomassa, apresentando remoção de 96% em massa de corante. Entretanto, um tratamento básico após um ácido, é capaz de influenciar desfavoravelmente a velocidade com que o corante estudado é adsorvido na superfície da biomassa, totalizando uma remoção de 85% em massa de corante.

Em relação à capacidade de biossorção após 200 horas de ensaio cinético, embora o sistema com biomassa tratada com solução básica e ácida tenha fornecido resultado relativamente maior, este tratamento se mostrou, em geral, pouco superior quando comparadas à biomassa sem tratamento e tratada com base-ácido (inferior a 10%), nas condições estudadas, considerando-se pouco significativa essa melhoria observada para as capacidades máximas. Porém, é válido ressaltar que o tempo necessário para a retenção máxima de corante pela biomassa tratada com base-ácido foi consideravelmente menor comparada aos demais tratamentos, incluindo também o carvão ativado, pois nas 25 primeiras horas o tratamento base-ácido já adsorveu cerca de 30% da massa de corante presente na solução.

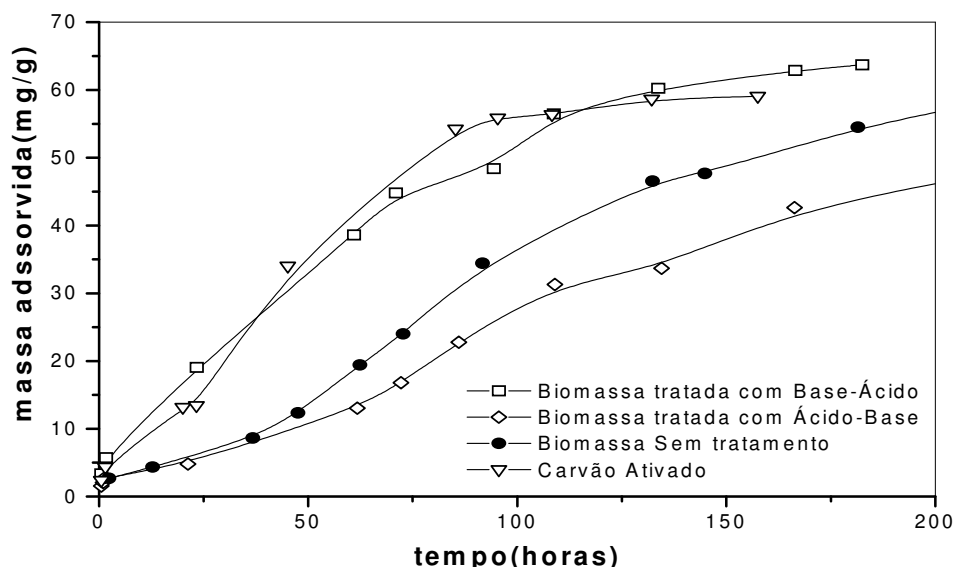


Figura 3 – Cinética de adsorção a temperatura ambiente dos adsorventes estudados.

Lopes, 2006, ao estudar a avaliação de tratamentos da biomassa morta de *Aspergillus niger* sobre a capacidade de adsorção do corante índigo carmim verificou que as biomassas tratadas somente com soluções de ácido sulfúrico e clorídrico, 0,1mol/L e 0,2mol/L respectivamente, são capazes de potencializar a cinética de adsorção do corante, em contrapartida, foi observando o efeito contrário com as biomassas tratadas com soluções alcalinas.

A aplicação final de ácido sobre a biomassa fúngica pode ter propiciado a formação de um maior número de sítios adsorptivos, o que está de acordo com os resultados obtidos na cinética de remoção do corante, onde a amostra tratada derradeiramente com ácido mostra-se mais eficiente. Niu e Volesky (1999) examinaram a ação do fungo *Penicillium chrysogenum* na biossorção de metais a partir de soluções de cianeto e concluíram que a capacidade biosorptiva foi melhorada em valores de pH baixos, indicando que em reações com ânions, os biossorventes podem agir como trocadores de íons de ácidos-fracos, além de efeitos positivos sobre a superfície de biossorção.

Acredita-se que a alteração estrutural causada pelo tratamento químico de solução ácida sucessiva de básica seja a razão pela qual a biomassa com tal tratamento tenha apresentado melhor cinética de adsorção.

4. CONCLUSÕES

As eletromicrografias nos mostram que o tratamento final com ácido é capaz de gerar espaços vazios como poros e reentrâncias contribuindo de maneira significativa à cinética do processo de adsorção. Durante tal processo, o pH foi monitorado e verificou-se que todos os tratamentos assim como o carvão ativado fizeram variar o pH da solução de corante, indicando liberação de prótons da biomassa para a solução, ou vice-versa, demonstrando que as interações físicas e químicas, bem como as propriedades ácido-base da superfície do biossorvente e da solução têm papel essencial no mecanismo da biossorção.

A utilização de biomassa fúngica inativa *Aspergillus niger* tratada com base e no final com solução ácida é capaz de remover cerca de 96% do corante a partir de uma solução sintética aquosa do mesmo num tempo de 200 horas, apresentando os melhores resultados e uma cinética de adsorção superior a biomassa não tratada quimicamente, indicando que tal tratamento é capaz de potencializar a remoção do corante estudado. Os resultados de cinética obtidos do carvão ativado se equivalem aos da biomassa com o melhor tratamento.

Sendo assim, a partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a biossorção surge como uma alternativa promissora (comparada aos métodos tradicionais) e eficiente na remoção de corantes da classe indigóide. Tais resultados apresentaram-se equivalentes ao do carvão ativado em relação à capacidade máxima de adsorção. Estudos de recuperação do corante e regeneração do bioadsorvente devem ainda ser realizados, como também devem ser avaliados métodos para a correta disposição do biomaterial depois de excedido tempo útil de vida no tratamento industrial.

5. REFERÊNCIAS

- AKSU, Z. **Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review**. Process Biochemistry, v. 40, p. 997 - 1026, 2005.
- DALLAGO, R.M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L.C.A. **Resíduos Sólidos de Curtumes como Adsorventes para a Remoção de Corantes em Meio Aquoso**. Química Nova, 28, 3, 433-437, 2005.
- FU, Y., VIRARAGHAVAN, T. **Fungal decolorization of dye wastewaters: a review**. Bioresource Technology, v. 79, p. 251 – 262, 2001.
- FU, Y., VIRARAGHAVAN, T. **Removal of Congo Red from an aqueous solution by fungus Aspergillus niger**. Advances in Environmental Research, 7, 239-247, 2002.
- ILHAN, S.; ÇABUK, A.; FILİK, C.; ÇALISKAN, F. **Effect of pretreatment on biosorption of heavy metals by fungal biomass**. Trakya Univ J Sci, 5(1): 11-17, 2004.
- KIMURA, I. Y; GONÇALVES JR, A. C.; STOLBERG, J.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T. **Efeito do pH e do Tempo de Contato na Adsorção de Corantes Reativos por Microesferas de Quitosana**. Polímeros: Ciência e Cultura, Jul / Set, 1999.
- KITAJIMA, E.W. **Curso Introductório de Microscopia Eletrônica de Varredura**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Núcleo de Apoio à Pesquisa Agropecuária (NAP/MEPA), 1997.
- MAURYA, N.,S.; MITTAL, A., K.; CORNEL, P.; ROTHER, E. **Biosorption of dyes using dead macro fungi: effect of dye structure, ionic strength and pH**. Bioresource technology 97 , 512-522, 2006.
- NIU, H.; VOLESKY, B. **Characteristics of gold biosorption from cyanide solution**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 74, p. 778–784, 1999.
- REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J. **The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation**, University of Illinois: Chicago, 204.
- ROUQUEROL, F.; ROUQUEROL, J.; SING, K. **Adsorption by powders and porous solids: principles, methodology and applications**, ed. Academic Press, San Diego – EUA, 1999.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento financeiro através de bolsa de iniciação científica PIBIC/CNPq/CEFETCE.