

Alternativa de reaproveitamento de resíduo de indústria cervejeira

Alternative of reuse of waste from the brewery industry

Pedro Pinguelli Borges
pedropinguelli@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina, Paraná, Brasil

Rafael Motoki Bertho
crberto@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina, Paraná, Brasil

Amélia Elena Terrile
tertile@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina, Paraná, Brasil

Lyssa Setsuko Sakanaka
lyssa@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina, Paraná, Brasil

Recebido: 02 set. 2018.
Aprovado: 13 set. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



RESUMO

O objetivo deste trabalho foi encontrar uma forma econômica de aproveitamento do resíduo da indústria cervejeira que é constituído basicamente por células de leveduras que possuem capacidade de bioadsorção de metais pesados. A capacidade de adsorção do metal depende de fatores como pH, temperatura, concentração de células e agitação. Foi realizado um levantamento bibliográfico da composição do resíduo proveniente da indústria cervejeira e do seu uso com biossorbente de metais pesados, para verificar as formas de aproveitamento do mesmo de maneira econômica e sustentável. Verificou-se que o resíduo de levedura tem uma capacidade de adsorção de cobre em solução. O resíduo de levedura foi fornecido por uma indústria cervejeira da região norte do Paraná. Após ser submetido à secagem, foram determinados o teor de minerais por EDXRF e o tempo de absorção do cobre pelo resíduo. Foi utilizada a espectrofotometria na região do infravermelho para tal fim. Observou-se que a absorção máxima do cobre se obtém após três horas de contato. Paralelamente foram realizadas uma oficina didática e um estudo para a criação de um biorreator que pudesse ser utilizado para o emprego do resíduo de forma prática e dinâmica, o que se apresenta como uma alternativa interessante para minimizar o teor de cobre de resíduos dos laboratórios da UTFPR por meio da capacidade da adsorção de cobre feito pela levedura. A realização da oficina foi bastante participativa e proveitosa, sendo uma atividade que pode ser aplicada regularmente para melhorar a exposição da universidade frente à comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção de cobre. Oficina didática. Biorreator.

ABSTRACT

The objective of the present work was to find an economical way to use waste from the brewing industry in order to generate a new product and minimize the environmental impact. A literature review of the composition of the waste from the brewing industry and its use with biosorbent of heavy metals was carried out to verify the ways of using it in an economical and sustainable way. It has been found that the yeast residue has a copper adsorption capacity in solution. The yeast residue was supplied by a brewing industry in the northern region of Paraná. After being dried, the mineral content was determined by EDXRF and also the time of absorption of copper by the residue. Spectrophotometry was used in the infrared region for this purpose. It was observed that the maximum absorption of copper is obtained after three hours of contact. In parallel, an didactic presentation was performed in conjunction to a study of the development of an bioreactor which could be used to act as an equipment to minimize the copper residues of the UTFPR laboratories in dynamic state, using the adsorption capacity of copper by the yeast cells. The presentation was very profitable and participative, being an activity which could be frequently applied to increase the interest to our university courses by the community.

KEYWORDS: Adsorption of copper. Didactic presentation. Bioreactor

INTRODUÇÃO

A indústria brasileira está sendo desafiada a buscar inovações tecnológicas para gerar produtos que, após período de vida útil, sejam mais facilmente reciclados ou reutilizados. Com isso, passou a ser uma estratégia de eficiência não apenas reduzir a geração de resíduos, mas também ampliar o uso de matéria reciclada, priorizar projetos que permitam posterior reutilização ou reciclagem.

Um problema sério e recorrente em indústrias cervejeiras é o descarte dos resíduos gerados para obtenção das cervejas, os quais muitas vezes necessitam de certos cuidados. A ausência de tratamento adequado pode acarretar em danos sérios ao meio ambiente. Um importante resíduo desta indústria é o resíduo de leveduras. As empresas normalmente reaproveitam esse resíduo por seis a oito bateladas, após o qual, segundo os mestres cervejeiros, a eficiência do processo diminui sendo hora de descartá-lo. Uma das formas de reaproveitamento é misturando este resíduo com ração de gado, pelo alto índice proteico (35 a 60% da massa seca) além de outras características que levam a utilizá-lo como ração animal (MATHIAS, MELLO, SERVULO, 2014). No entanto, a quantidade utilizada não pode ser muita pelo problema de estufamento que pode gerar no animal, e se sendo excessivo, pode matá-lo. A questão é que o resíduo gerado é muito superior ao reaproveitado na forma de ração animal.

O processo de biossorção de metais pesados empregando leveduras tem se mostrado eficiente para o tratamento dos efluentes de diversos tipos de atividades industriais (BAYHAN et al., 2001, NASCIMENTO, 2015). Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento do emprego da levedura *Saccharomyces cerevisiae* como biossorvente no tratamento de efluentes contendo cobre e realizar alguns testes com a biomassa residuária da indústria cervejeira, além de oferecer uma oficina didática para alunos do ensino médio sobre o projeto e sua relação com as disciplinas de química, biologia, matemática e física e como elas se relacionam com o curso de Engenharia. Também foram feitas pesquisas para desenvolver um protótipo de biorreator contínuo para a adsorção de cobre pelo resíduo.

MÉTODOS

Para elaboração da biomassa foram utilizados resíduos de leveduras utilizados em processamento de cerveja, doadas por uma cervejaria da região norte do Paraná. Com a finalidade de definir as características do processo de biossorção através do emprego de leveduras foram levantados diversos artigos científicos, dissertações e teses. Os itens levantados foram relacionados às condições da biomassa, quantidade de biomassa e metal, pH ideal, eficiência de biossorção (%) e capacidade de biossorção (q).

Para a obtenção da biomassa seca foi empregado a secagem em estufa. O resíduo proveniente da cervejaria foi lavado com água destilada por 4 dias consecutivos antes da secagem. A biomassa úmida foi espalhada em formas de plástico e colocadas em estufa de ar forçado à temperatura de 40 °C, e secas por 24 horas. Após a secagem, a biomassa seca foi triturada e armazenada em recipiente de vidro hermético.

Foi pesado 3g de biomassa seca em Erlenmeyer de 250mL e adicionado $8,00 \times 10^{-2}$ g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ obtendo assim 0,02g de Cobre. Este processo foi repetido para 5 erlenmeyers e logo após completados com água mili-Q. Os erlenmeyers foram submetidos a agitação em shaker (Novatecnica) a 120 rpm e em tempos diferentes de contato da solução de cobre com o resíduo por 1, 3, 5, 7 e 9 horas. Após cada tempo, a amostra foi retirada do erlenmeyer e depositada em tubos falcons e centrifugada a 10.000 rpm por 15 minutos em centrifugadora (Thermo scientific). O corpo de fundo foi coletado e armazenado para a realização de análise por espectroscopia na região do infravermelho.

ANÁLISE DE MINERAIS POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR ENERGIA DISPERSIVA: A análise de minerais de amostras de resíduos provenientes de indústrias processadoras de cerveja foi realizada utilizando a técnica de fluorescência de raios X por energia dispersiva em espectrômetro (Shimadzu EDX- 7000), no Laboratório de Física do IFTR – câmpus Londrina. As amostras foram colocadas em porta-amostras cujo fundo foi coberto por filme Spex. Os dados foram obtidos utilizando o programa PCDEX Navi.

ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO: Os resíduos sólidos obtidos na centrifugação foram secos em estufa Nova Técnica a 40 °C e com circulação de ar por 20 horas para eliminar a água residual na amostra. Os espectros infravermelhos de cada amostra sólida e do resíduo proveniente da indústria cervejeira foram obtidos em espectrofotômetro Perkin Elmer UATR Two, equipado com sonda L160-1743, cristal de diamante e Programa Spectrum.

IDEALIZAÇÃO DO BIORREATOR: Paralelamente aos estudos de adsorção do metal, foram realizadas pesquisas para o desenvolvimento de um biorreator, para a realização de absorção por meio de colunas de recheio com os resíduos de maneira continua.

OFICINA DIDÁTICA PARA COMUNIDADE EXTERNA: Foi realizada uma oficina para os alunos de ensino médio do IFPR no câmpus da UTFPR (Londrina) no dia 22/04/2018 onde mostrou-se o processo para a realização deste trabalho, apresentando-se também particularidades das disciplinas Biologia, Química, Matemática e Física que são utilizadas no processo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DE MINERAIS POR EDXRF

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos na análise de minerais por EDXRF do resíduo de levedura proveniente da indústria cervejeira fornecedora. Ao observar esta Tabela, verifica-se que o resíduo de levedura é rico em minerais, especialmente em potássio, fósforo e enxofre, mas também contém uma pequena quantidade de cobre em sua constituição.

Tabela 1 – Teor de minerais presentes no resíduo de levedura seco e miligramas por cento(mg%).

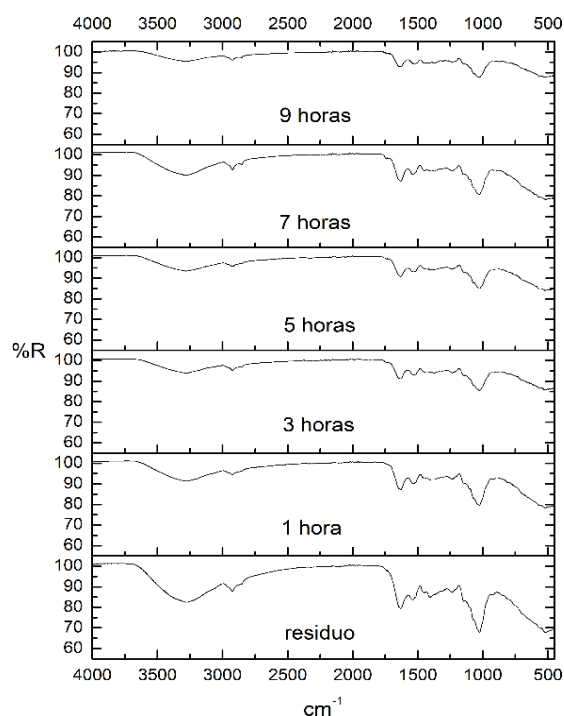
Mineral	mg%
Potássio	4127
Fósforo	958
Enxofre	398
Zinco	42
Ferro	39
Cobre	37

Fonte: Autoria própria (2018).

ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

Os espectros obtidos na região do infravermelho para o resíduo proveniente da cervejaria e dos resíduos obtidos após a centrifugação são apresentados na Figura 1. O espectro no infravermelho do resíduo de levedura apresenta bandas entre 1700 e 1500 cm^{-1} que podem ser atribuídas à ligação peptídica de esqueletos proteicos. Bandas entre 1325 e 950 cm^{-1} podem ser associadas a carboidratos (DUFOUR, 2009). A banda larga presente entre 3600 e 3000 cm^{-1} é atribuída à presença de compostos com grupos O-H e N-H, capazes de formar ligação H. São estes grupos que complexam os íons metálicos bivalentes como o Cu(II).

Figura 1 - Espectros na região do infravermelho dos resíduos de leveduras após distintos contatos em solução padrão de cobre (0,1,3,5,7 e 9 horas de contato).



Fonte : Autoria Própria (2018)

Este resultado pode ser observado pela diminuição da intensidade desta banda larga nas 3 primeiras horas de contato do resíduo de levedura com a solução de Cu(II), efeito que foi observado por Machado et al. (2009). Não obstante, observa-se que a intensidade da banda aumenta a partir das 5 horas de experimento. Isto indica que a formação do complexo envolve uma situação de equilíbrio. Entre as 5 e 7 horas de contato, o complexo formado pelo Cu(II) e os grupos O-H e/ou N-H se desfaz parcialmente.

Após 9 horas de contato, novamente o equilíbrio se desloca para formação de complexo, diminuindo a intensidade da banda larga entre 3600 e 3000 cm^{-1} para o valor mínimo observado. Baseado nestas observações, pode-se afirmar que o tempo de 9 horas de contato seria o indicado para a máxima adsorção de cobre pelo resíduo de levedura. Estes resultados serão conferidos através de análises de espectroscopia de absorção atômica de chama dos sobrenadantes obtidos na centrifugação.

OFICINA DIDÁTICA

As Figuras 2 e 3 mostram fotos tiradas no dia da apresentação da oficina.

Figura 2- Foto da apresentação do material utilizado no projeto durante oficina.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 3- Foto da oficina realizada para os alunos do IFPR no dia 22/05/2018.



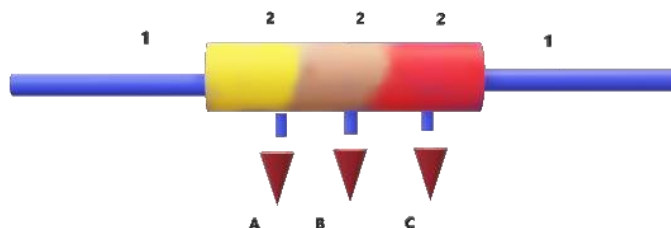
Fonte: Autoria própria (2018)

A oficina envolveu a presença de 22 alunos e 3 professores do curso de técnico em Biotecnologia do Instituto Federal do Paraná- câmpus Londrina no dia 22/05/2018. Primeiramente explicou-se todas as etapas de geração do resíduo (obtido do processo cervejeiro), até a armazenagem e a secagem em estufa, abordando a importância da temperatura e as reações bioquímicas indesejáveis que podem acontecer se não houver um controle exato da temperatura. Também foi explicado a relação do projeto com o meio ambiente e como conceitos de biologia e química podem ser bastante úteis na condução do projeto. Detalhou-se o experimento bem como o processo de adsorção do cobre pelo resíduo de levedura feito em shaker. Como forma de atrair a atenção dos alunos para a profissão de engenharia química, ou engenharia ambiental ou mesmo tecnologia em alimentos, cursos ofertados pelo campus, foi explicado como estes conceitos básicos de biologia, química e física podem auxiliar na construção de um biorreator para tornar o processo de adsorção do cobre pelo resíduo de levedura mais dinâmico, uma vez que, no shaker, o processo é considerado em batelada.

IDEALIZAÇÃO DO BIORREATOR

Para a idealização do biorreator foi estudada a possibilidade de utilização de alguns tipos de reatores. Optou-se por um de fluxo contínuo ao invés de batelada, pela praticidade da passagem do fluido contendo Cu(II) . O modelo foi inspirado em um reator RFP (Reator de Fluxo Empistonado) onde o fluxo ocorrerá horizontalmente através de uma coluna de recheio feito de resíduo cervejeiro que contenha a levedura para que obter a adsorção do metal.

Figura 4 –Biorreator RFP



Fonte: Autoria própria

O Bioreator consiste em:

- 1- Tubos de transporte: serão ligados a uma bomba e utilizados para que a água residual, que contém metal, chegue a coluna de recheio.
- 2- Coluna de recheio: Em seu interior está o resíduo cervejeiro seco que servirá de material de adsorção.
- A- Coletor 1: retira-se a primeira amostra do resíduo para análise. B- Coletor 2: retira-se a segunda amostra do resíduo para análise. C- Coletor 3- Retira-se a terceira amostra do resíduo para análise.

Uma bomba é utilizada para atingir a vazão necessária para a obtenção do fluxo. Posteriormente, o líquido passará ao tubo de transporte para encontrar-se com a coluna de recheio (2). Internamente, em contato com a levedura, o metal começa a ser adsorvido pelos sítios ativos. Para verificação da ocorrência de absorção, há coletores de amostra (A, B, C), a cada 1m de tubo. Desta maneira, poderá ser comprovado se realmente a água residual está sendo limpa até que atinja os padrões estabelecidos. Como observado nos espectros obtidos na região do infravermelho, o tempo mínimo para que a adsorção de cobre pela levedura seja máximo, se dá dentro de três horas ou nove horas. Por questões de economia de tempo, energia e custo, será escolhido o tempo de três horas para realizar a troca da coluna de recheio e obter a máxima eficiência no processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de resíduo da indústria cervejeira como biossorvente de metais pesados se mostra como uma alternativa com potencial econômico, de fácil obtenção e de baixo custo.

A oficina com os alunos de ensino médio do IFPR foi considerada bastante positiva, sendo abrangido todo o embasamento teórico fundamental, etapas do processo além da apresentação/explicação de material e dos equipamentos utilizados dentro do câmpus, o que pode acarretar em um possível interesse dos alunos pelo curso além de proporcionar um incentivo para os estudos.

O reator se mostra uma maneira prática para que haja a biossorção proporcionando comodidade ao operador. Desta forma é de extrema importância avaliar, em projetos futuros, os parâmetros de vazão do fluido, diâmetro da

tubulação, material a ser utilizado para esta tubulação e estudo de fluxo dentro da coluna de recheio, com auxílios de programas operacionais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR pela estrutura fornecida, ao prof. Dr. Janksyn Bertozzi pelo auxílio nas análises de IR, à Fundação Araucária pela bolsa, a Bravobrew pela doação do resíduo de levedura e ao IFPR-Londrina, na pessoa do Prof. Leonardo Carmezini Marques, pelas análises de EDXRF.

REFERÊNCIAS

BAYHAN, Y.K.; KESKINLER, B.; ÇAKICE, A.; LEVENT, M.; AKAY, G. Removal of Divalent heavy metal mixtures from water by *Saccharomyces cerevisiae* using crossflow microfiltration. **Water Resource**, v.35,n.9, p.2191-2200, 2001

MATHIAS T. R. S.; MELLO P. P. M. ; SERVULO. E.F.C. **CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS CERVEJEIROS**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014

NASCIMENTO, J. M. **Estudo da remoção do íon cobre por meio de bioadsorção usando biomassa de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*)**. Dissertação (Mestrado Tecnologias em Processos Químicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.