

**CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CEVADA (*Hordeum vulgare*)
RESÍDUO DE INDÚSTRIA CERVEJEIRA ANTES E APÓS A
ADSORÇÃO DE ÍONS Pb(II)¹**

**CHARACTERIZATION OF BARLEY MARC (*Hordeum vulgare*)
BREWERY WASTE BEFORE AND AFTER ADSORPTION ION Pb (II)**

CLEIDE SANDRA TAVARES ARAÚJO

UEG, Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santilo,
Anápolis/GO
cstarjb@yahoo.com.br

ANANDA HELENA NUNES CUNHA

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO
analena23@gmail.com

SUZANA MARIA L. DE O. MARCIONÍLIO

UEG, Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santilo,
Anápolis/GO suzanaprofquimica@gmail.com

HELEN CRISTINE REZENDE

Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, 75805-190, Jataí/GO
helencristinerezende@yahoo.com.br

DAYANE DE JESUS AMORIM

UEG, Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santilo,
Anápolis/GO daiane.yes@hotmail.com

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do Bagaço de Cevada (*Hordeum vulgare*), resíduo de indústria cervejeira como material adsorvente, na remoção de Pb(II) em sistemas aquosos. Foi utilizado a técnica de Espectroscopia na Região do Infravermelho (FTIR) a fim de identificar os grupos funcionais presentes no material, e obter informações relevantes sobre a sua potencialidade como adsorvente natural de íons metálicos em ambientes aquosos contaminados, promovendo a remediação química e concomitantemente corroborar com o desenvolvimento e implantação de tecnologias limpas. O material foi caracterizado “*in natura*” antes (BC) e depois (BC-Pb) dos ensaios de remoção. O bagaço foi obtido em uma indústria cervejeira no entorno da cidade de Anápolis/GO, lavado com água deionizada, seco em estufa de circulação de ar a 35 °C por 48 h, triturado em moinho de facas e peneirado em granulometria de $115 \leq G \leq 100$ mesh. Os parâmetros avaliados e utilizados para o contato do material com a solução contendo o íon contaminante foram as definidas como ótimas em ensaios de remoção preliminares a saber:

¹Este artigo apresenta resultados da disciplina de Extração de Poluentes inscrito no Programa de Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado (RENAC-UEG).

pH = 7; massa do adsorvente = 25 mg e tempo de contato 10 minutos. Solução de concentração 10 mg L⁻¹ de Pb(II) foi agitada com o material adsorvente. Após a filtração, o sobrenadante analisado por Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS) e o filtrado seco em m estufa e preparado para a caracterização. Os resultados obtidos sinalizam para remoção de 98% de Pb (II) em matrizes aquosas. O espectro do FTIR apresenta grupos correlatos a sítios ativos favoráveis a mecanismos de adsorção como carbonilas, hidroxilas, fenólicos, etc., e após a adsorção mostra alterações no perfil sinalizando para uma possível interação de sítios de grupos amidas que constituem os aminoácidos presentes na porção protéica de materiais lignocelulósicos com o íon metálico favorecendo processos de troca iônica. O material apresentou potencialidade na remoção do contaminante.

Palavras-chave: Águas. Metais. Adsorventes Naturais. FTIR.

Abstract: This study aimed to evaluate the efficiency the Barley marc (*Hordeum vulgare*), brewery residue as adsorbent material to remove Pb (II) in aqueous systems. Was using Spectroscopy Technique in the Infrared Region (FTIR) to identify the functional groups present in the material, and relevant information on its potential as a natural adsorbent of metal ions in aqueous environments contaminated, promoting chemical remediation and simultaneously corroborate the development and deployment of clean technologies. The material was characterized "in natura" before (BC) and after (BC-Pb) of removal tests. The bagasse was obtained in a brewing industry around the city of Anapolis/GO, washed with deionized water, dry air circulation oven at 35 °C for 48 h, crushed in knife mill and sieved to a particle size of 115 ≤ G ≤ 100 mesh. The parameters evaluated and used for the contact material with the solution containing the dopant ion were defined as optimal in preliminary removal tests as follows: pH = 7; mass of adsorbent = 25 mg and contact time 10 minutes. Concentration of 10 mg L⁻¹ Pb (II) was agitated with the adsorbent material. After filtration, the supernatant analyzed by Atomic Absorption Spectrometry with Flame (FAAS), and the filtrate dried in m greenhouse and prepared for characterization. The results indicate to remove 98% of Pb (II) in aqueous matrices. The FTIR spectrum shows related groups to active sites favor the adsorption mechanisms such as carbonyls, hydroxyls, phenolic, etc. and after adsorption shows changes in the profile for signaling a possible interaction sites amide groups comprising the amino acids present in the moiety protein of lignocellulosic materials with the metal ion favoring processes of ion exchange. The material showed potential in removing the contaminant.

Key words: Waters. Metals. Natural Adsorbents. FTIR.

INTRODUÇÃO

Com expansão da população urbana, desenvolvimento industrial e tecnológico, a qualidade da água tem sido comprometida, e o risco de contaminação é eminente, especialmente por íons metálicos, provocando danos à saúde e à biota (CARVALHO et al., 2013; MODENES et al., 2013). O descarte inadequado dos resíduos, como os íons metálicos, corantes e compostos orgânicos em geral nos cursos d'água, representam um problema de grande preocupação não só em relação à biota no ambiente receptor, mas também para seres humanos (ARAÚJO et al., 2010).

Conforme descrito por Araújo et al. (2014), os íons metálicos aparecem em maior frequência, 85,77% dos trabalhos coletados em pesquisa cienciométrica sobre a utilização de diversos tipos de adsorventes na remoção de contaminantes ao longo de 5 anos (2008-2012). Essa classe de contaminante se destaca uma vez que são altamente tóxicos e não biodegradáveis e bioacumulativos causando-lhes uma serie de riscos à saúde (GOOGERDCHIAN et al, 2012; WITEK-KROWIAK et al., 2011; TAGLIAFERRO et al., 2011).

Neste contexto, o chumbo e o cobre são os íons metálicos mais investigados, ou seja, diante das propriedades inerentes destes metais como toxicidade e uso em grande escala em industriais metalúrgicas, produção de fertilizantes e tintas gerando grande quantidade de resíduos (SANTOS, et al., 2011; GALIATSATOU et al., 2012, ARAÚJO et al., 2014).

Métodos convencionais como, precipitação química, troca iônica (TAGLIAFERRO et al., 2011), resinas quelantes (SADEGHI; SHEIKHZADEH, 2009) entre outros, são amplamente utilizadas como adsorvente na remoção de íons, porém demandam custos elevados em relação à implantação e operação. Microrganismos, tais como algas, leveduras, bactérias e fungos foram amplamente avaliados como biossorventes para remover íons metálicos de uma solução aquosa (FAN et al., 2008; RAZMOVSKI; CIBAN, 2008; GUPTA; RASTOGI, 2008). No entanto, a biossorção dos íons metálicos sobre microorganismos é afetado por diversos fatores, tais como pH, concentração do metal, a biomassa, o carregamento, a temperatura e outros parâmetros (ARAÚJO et al., 2010).

Em que pese à remediação química, o desenvolvimento de métodos simples e de baixo custo que permitam removê-los do ambiente é atraente (CHATTERJEE et al., 2010).

O uso de materiais naturais alternativos como bagaço de cana-de-açúcar (DIAS, 1997), amêndoas de baru (MOSQUETTA et al., 2011), serragem de madeira (OLIVEIRA, 2008), casca de arroz (PENHA, 2009) dentre outros, tem sido investigados como material adsorvente de íons metálicos por apresentarem habilidade de interação com a espécie de interesse.

Atualmente existe um grande interesse no aproveitamento de resíduos lignocelulósicos gerados pelas agroindústrias. Os adsorventes lignocelulósicos são, em geral, subprodutos agroindustriais tais como resíduos de maçã, sabugo de milho, cascas de soja, coco e amendoim entre outros, sendo constituídos basicamente por celulose, hemicelulose e lignina (ARAÚJO, 2009). A lignina e celulose possuem grupos funcionais que tem a habilidade de adsorver íons metálicos através de troca iônica ou complexação (PAGNANELLI et al., 2003).

Materiais lignocelulósicos que são materiais fibrosos, que formam matrizes complexas constituídas de celulose, um rígido polímero de glicose, hemiceluloses, pectinas e outras gomas, como o bagaço de cana e de cevada, pele de cebola, pele de amendoim, casca de arroz, e assim por diante, têm sido utilizados para a adsorção de íons metálicos, devido às características dos grupos funcionais presentes nestes materiais (TARLEY et al., 2004).

Entre as técnicas de caracterização dos materiais adsorventes destacam-se a Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e variações (ARAÚJO et al., 2014). É uma técnica de importância na análise orgânica qualitativa, sendo amplamente utilizada nas áreas de produtos naturais, síntese e transformações orgânicas, por ser uma importante ferramenta na elucidação dos grupos funcionais que podem estar presentes nas substâncias (LOPES, 2004). A avaliação do espectro de infravermelho corrobora a avaliação química quanto à presença de elevadas proporções dos componentes protéicos e lipídicos no material e permite concluir se as propriedades de remoção de íons metálicos observadas estão relacionadas aos grupos funcionais principalmente das proteínas e ácidos graxos presentes.

Essas técnicas são utilizadas com o objetivo de fornecer informações referentes à estrutura e/ou composição do material, viabilizando conclusões sobre o mecanismo de interação entre o contaminante e o sítio ativo do adsorvente.

Estas condições justificam o desenvolvimento e a aplicação de materiais alternativos como potenciais substituintes de adsorventes sintéticos de alto custo e de difícil obtenção nos processos de remediação química de ambientes contaminados especialmente por íons metálicos. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do Bagaço de Cevada (*Hordeum vulgare*), resíduo de indústria cervejeira como material adsorvente, na remoção de Pb(II) em sistemas aquosos.

MATERIAL E MÉTODOS

O bagaço de cevada foi obtido em indústria cervejeira no entorno da cidade de Anápolis/GO, lavado com água deionizada, seco em estufa com circulação de ar modelo MA-035, (Marconi, Piracicaba, SP) a 35 °C por 48 horas e triturado em moinho de facas (te-650, Piracicaba, Brasil) e depois em liquidificador caseiro (Black & Decker). O pó obtido foi peneirado (peneiras Tyler, Caieiras, Brasil) e acondicionado em frascos de polietileno para usos posteriores e a fração de $115 \leq G \leq 100$ mesh in “*natura*”, sem nenhum tratamento prévio foi utilizada nos experimentos.

Para a realização da adsorção do metal, foi preparado solução de Pb (II) 10 mg L^{-1} a partir do padrão 1000 mg L^{-1} Merck (Darmstadt, Alemanha) em balão volumétrico. A massa de 25 mg do adsorvente a uma granulometria entre $115 \leq G \leq 100$ mesh foi mantido em contato com 15 mL da solução durante 10 minutos e pH do meio igual a 7. Tais condições foram selecionadas como ótimas em experimentos anteriores para a determinação da capacidade máxima de remoção deste íon pelo material em estudos preliminares, a fim de avaliar a quantidade de íons Pb(II) (adsorbato) adsorvidos, em uma determinada massa de adsorvente no equilíbrio (mg g^{-1}). A agitação foi realizada em mesa agitadora (Shaker TE-42, Tecnal, Piracicaba, SP) em sistema aberto a temperatura ambiente em uma velocidade constante de 150 rpm

Após a agitação, ajustou-se o pH novamente da solução, filtrou-se em papel filtro qualitativo JP-42, e o sobrenadante foi descartado e o adsorvente retido no filtro foi seco em estufa com circulação de ar a uma temperatura de 35°C por 48 h.

Espectrômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier, FTIR 1605, Perkin Elmer, (Massachusetts, USA), foi utilizado para identificar os grupos funcionais presentes no bagaço de cevada. O material foi analisado antes e depois da adsorção do metal, os quais foram secos, moídos e misturados com KBr (Merck, Alemanha). No procedimento experimental a amostra foi misturada junto com KBr numa proporção de 1:100 (m/m) para a produção de uma pastilha por prensagem. A faixa espectral foi de 4000 a 400 cm^{-1} . Através desta técnica foram o bagaço de cevada triturado “*in natura*”, sem nenhum tratamento prévio e após os ensaios de remoção quando o adsorvente foi coletado em papel de filtro e seco. Este procedimento foi realizado com a finalidade de observar possíveis alterações nas bandas correspondentes aos grupos funcionais envolvidos nos processos adsortivos.

O adsorvente “*in natura*” e o que esteve em contato com a solução de Pb(II) foram utilizados para a avaliação da presença e/ou supressão de bandas correspondentes a grupos funcionais tais como carbonilas, hidroxilas, fenóis comuns em material lignocelulósico, e sítios ativos em potencial em processos adsortivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o FTIR do material antes e após o contato do adsorvente com a solução de íons Pb(II) 10 mg L^{-1} . Entre 1000 cm^{-1} e 3450 cm^{-1} praticamente não houve variação para os dois materiais e a banda larga centrada em 3420 cm^{-1} pode ser atribuída ao

estiramento da ligação O-H presente nas proteínas, ácidos graxos, carboidratos e nas unidades da lignina (STUART, 2004).

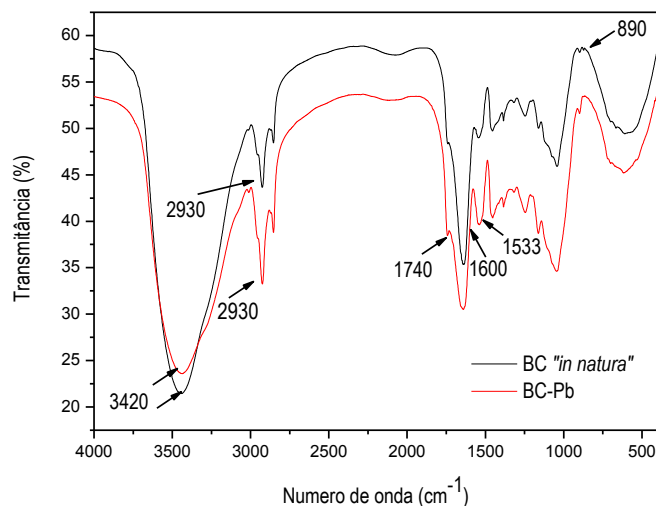


Figura 1 - FTIR do bagaço de cevada antes e após os ensaios de remoção. Fonte: Autores, 2015.

Como observado por Matos (2014), o FTIR caracterizou grupos funcionais presentes nas cascas do Jatobá-do-cerrado, (*Hymenaea stigonocarpa*) antes e depois da adsorção de íons Pb(II) e a banda larga centrada em 3408 cm⁻¹ pode ser atribuída ao estiramento da ligação O-H.

O pico que aparece em 2930 cm⁻¹ pode ser atribuído à ligação C-H do grupo CH₂ e as bandas sobrepostas entre 1740 e 1600 cm⁻¹ se deve provavelmente à ligação C=O. O pico em 1533 cm⁻¹ pode ser atribuído à ligação C-N e à deformação da ligação N-H presente nas proteínas. Resultado semelhante foi encontrado por Araújo et al. (2013) ao verificar a presença de muitos grupos funcionais indicando o complexo natural da semente de *Moringa oleifera* através do resultado do FTIR.

A principal modificação no espectro após ensaio de remoção foi o desaparecimento de uma banda em 890 cm⁻¹ que provavelmente se deve à interação entre o íon metálico Pb(II), com o componente protéico, uma vez que vários sítios de adsorção relativos à estrutura das amidas que constituem os aminoácidos presentes na estrutura das proteínas aparecem nesta região (STUART, 2004). O desaparecimento ou diminuição da banda provavelmente se deve à interação metal-adsorvente.

Segundo Bhatti et al. (2007), materiais biossorvente contêm principalmente grupos funcionais ácidos e básicos fracos. Isto está de acordo com a teoria do equilíbrio ácido-base,

no intervalo de pH de 2,5-5, a ligação de cátions de metais pesados é principalmente determinada pelo estado de dissociação dos grupos ácidos fracos. Para a captação por metais biológicos os grupos carboxilo (-COOH) são os grupos importantes.

CONCLUSÃO

Demandas crescentes de recursos hídricos na atualidade aumentam a sensibilidade para as questões ambientais. Neste contexto da busca por um desenvolvimento sustentável e elaboração de métodos simples, ecologicamente seguros, que apresentem boa sensibilidade e de baixo custo, o uso de adsorventes naturais surge como uma alternativa viável no tratamento de águas contaminadas com íons metálicos, devido às características favoráveis para a adsorção, e também, por se tratar de um material abundante e de baixo custo.

Mesmo em concentrações reduzidas, os cátions de íons metálicos, uma vez lançados num corpo receptor, como por exemplo, em rios, mares e lagoas, ao atingirem as águas de um estuário sofrem o efeito denominado de “Amplificação Biológica” ou “Bioacumulação”, nome genérico do processo de captação e retenção de uma substância (contaminante) por um organismo a partir de qualquer fonte (água, sedimento, outro organismo), via qualquer rota (dieta, pele), e se constitui em efeito nocivo quando induz resposta biológica adversa.

Este efeito ocorre em virtude desses compostos não integrarem o ciclo metabólico dos organismos vivos, sendo neles armazenados e, em consequência, sua concentração é extraordinariamente ampliada nos tecidos dos seres vivos que integram a cadeia alimentar do ecossistema causando incontáveis prejuízos à biota.

Assim, o papel da química no contexto de um desenvolvimento sustentável é a elaboração de métodos simples, ecologicamente seguros, que apresentem boa sensibilidade e baixo custo por exemplo o reaproveitamento de resíduos agroindustriais.

O espectro do FTIR mostrou uma possível interação de sítios ativos de grupos amidas que constituem os aminoácidos presentes na porção protéica do material adsorvente com o íon metálico favorecendo processos de troca iônica o que remete a potencialidade do material na remoção de 98% do contaminante.

AGRADECIMENTOS

À UEG/UnUCET pela infraestrutura;

Ao Programa de Mestrado Recursos Naturais do Cerrado pela disciplina ministrada;

Ao Programa de Concessão de Bolsa de Incentivo ao Pesquisador (BIP), instituído pela Lei Estadual n.18.332/2013;

Ao aluno Andrei Severino Ferreira da Silva pela colaboração.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. S. T. **Desenvolvimento de metodologia analítica para extração e pré-concentração de Ag(I) utilizando a *Moringa oleifera* Lam.** 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

ARAÚJO, C. S. T.; MELO, E. I.; ALVES, V. N.; COELHO, N. M. M., *Moringa oleifera* Lam. Seeds as a Natural Solid Adsorbent for Removal of Ag in Aqueous Solutions. **Journal Brazilian Chemical Society**, 2010. v. 21, p. 1727-1732.

ARAÚJO, C. S. T.; CARVALHO, D. C.; REZENDE, H. C.; ALMEIDA, I. L. S.; COELHO, L. M.; COELHO, N. M. M.; MARQUEZ, T. L.; ALVES, V. N., Biorremediation of Waters contaminated with heavy metals using *Moringa oleifera* seeds as biosorbent. *Applied Bioremediation – Active and Passive Approaches*, Dr. Yogesh Patil (Ed.), ISBN: 978-953-51-1200-6, InTech, DOI:10.5772/56157, 2013.

ARAÚJO, C. S. T.; MARCIONÍLIO, S. M. L. O.; CUNHA, A. H. N.; SILVA, A. S. F.; AMORIM, D. J.; OLIVEIRA, E. F.; OLIVEIRA, E. L.; NABOUT, J. C. Literatura científica do uso de adsorventes na remoção de contaminantes. **Revista de Biotecnologia & Ciência**. 2014. v. 3, n. 1. p. 14-24.

BHATTI, H. N.; MUMTAZ, B.; HANIF, M. A.; NADEEM, R. Removal of Zn (II) ions from aqueous solution using *Moringa oleifera* Lam. (horseradish tree) biomass. **Process Biochemistry**. 2007, n.42, p. 547-553.

CARVALHO, R. S. SANTOS FILHO, J. S.; SANTANA, L. O. G.; GOMES, D. A.; MENDONÇA, L. C.; FACCIOLI, G. G. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 2013, n. 8, p. 157-167.

CHATTERJEE, S. K.; BHATTACHARJEE, I.; CHANDRA, G. Biosorption of heavy metals from industrial waste by *Geobacillus thermodenitrificans*. **Journal of Hazardous Materials**, 2010, n. 175, v. 1, p. 117-125.

DIAS, S. M. B. C. **Efeito de diferentes tipos de madeira sobre a composição química da aguardente de cana envelhecida.** 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

FAN, T.; LIU, Y.; FENG, B.; ZENG, G.; YANG, C.; ZHOU, M. ZHOU, H.; TAN, Z.; WANG, X. Biosorption of cadmium(II), zinc(II) and lead(II) by *Penicillium simplicissimum*: Isotherms, kinetics and thermodynamics. **J.Hazard. Mater.** 2008, v.30, n.160, p.655-661.

GUPTA, V. K.; RASTOGI, A. Biosorption of lead (II) from aqueous solutions by non-living algal biomass *Oedogonium* sp. and *Nostoc* sp. a comparative study. **Coll. Surf. B: Biointerfaces** 2008, v. 64, n. 2, p.170-178.

GALIATSATOU, P.; METAXAS, M.; KASSELOURI, R.V. Adsorption of zinc by activated carbon prepared from solvent extracted olive pulp. **Journal Hazardous Materials**, 2012. v. B91, p.187-203.

GOOGERDCHIAN, F.; MOHEB, A.; EMADI, R. Lead sorption properties of nanohydroxyapatite–alginate composite adsorbents. **Chemical Engineering Journal**, v. 200-202, p. 471-479, 2012.

MATOS, T. N. **Potencialidades das cascas de Jatobá-do-Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) na adsorção de íons Pb(II)**. 2014, 52f. Trabalho de conclusão do curso de Química. Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

LOPES, W. A., Esquema para interpretação de espectros de substâncias orgânicas na região do infravermelho. **Química Nova**, v. 27, p. 670-673, 2004.

MODENES, A. N. ; QUIÑONES, F. R. E. ; LAVARDA, F. L. ; COLOMBO, A. ; BORBA, C. E. ; LEICHTWEIS, W. A. ; MORA, N. D. Remoção dos metais pesados Cd(II), Cu(II) e Zn(II) pelo processo de biossorção utilizando a macrófita *Eichhornia crassipes*. **REM: R. Esc. Minas**, 2013, n. 66, v. 3, p. 355-362.

MOSQUETTA, R.; RIBEIRO, G. C.; MUNOZ, R. A. A.; COELHO, N. M. M; COELHO, L. M. Uso de amêndoas de baru (*Dypterix alata*) para a remoção de Ni(II) em etanol combustível. **Química Nova**, v. 34, p. 923-927, 2011.

OLIVEIRA, A. H. A. **Remoção de Pb(II) e Cr(VI) de efluentes industriais utilizando resíduos de Ipê (*Tabebuia* spp.), Maçaranduba (*Manilkara* spp.) e Pequiá (*Caryocar* spp.)**. 2008, 60 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PAGNANELLI, F.; MAINELLI, S.; VEGLIÒ, F.; TORO, L. Heavy metal removal by olive pomace: biosorbent characterization and equilibrium modeling. **Chemical Engineering Science**, v. 58, p. 4709-4717, 2003.

PENHA, R. S. **Casca de arroz como adsorvente para íons de metais pesados: caracterização e modificação química**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2009.

RAZMOVSKI, R.; CIBAN, M. S. Biosorption of Cr(VI) and Cu(II) by waste tea fungal biomass. **Ecol. Eng.** n. 34 p. 179–186.

SANTOS, W. N. L.; CAVALCANTE, D. D; SILVA, E. G. P.; VIRGENS, C. F.; DIAS, F. S. Biosorption of Pb(II) and Cd(II) ions by *Agave sisalana* (sisal fiber). **Microchemical Journal**. 2011. v. 97, p. 269–273.

SADEGHI, S.; SHEIKHZADEH, E. Solid phase extraction using silica gel modified with murexide for preconcentration of uranium (VI) ions from water samples. **Journal of Hazardous Materials**, v. 163, p. 861-868, 2009.

STUART, B. **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and applications**. 1st ed. John Wiley & Sons, Inc. 2004.

TAGLIAFERRO, G. V.; PEREIRA, P. H. F.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. L. C. P. Adsorção de Chumbo, Cádmio e Prata em Óxido de Nióbio (V) Hidratado Preparado pelo Método da Precipitação em Solução Homogênea. **Química Nova**, v. 34, p.101-105, 2011.

TARLEY, C. R. T.; FERREIRA, S. L. C.; ARRUDA, M. A. Z. Use of modified Rice husks as a natural solid adsorbent of trace metals: characterisation and development of an on-line preconcentration system for Cadmium and lead. **Microchem. J.** 2004, v.77, p. 163.

WITEK-KROWIAK, A.; SZAFRAN, R. G.; MODELSKI, S. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. **Desalination**. v. 265, p. 126-134, 2011.