

Cleide Sandra Tavares Araújo
Universidade Estadual de Goiás
cstarjb@yahoo.com.br

**Suzana Maria Loures de Oliveira
Marcionilio**
Universidade Estadual de Goiás
suzanaloures@hotmail.com

Ananda Helena Nunes Cunha
Universidade Estadual de Goiás
analena23@gmail.com

Andrei Severino Ferreira da Silva
Universidade Estadual de Goiás
andrei_severino@hotmail.com

Dayane de Jesus Amorim
Universidade Estadual de Goiás
daiane.yes@hotmail.com

Elaine Ferreira de Oliveira
Universidade Estadual de Goiás
elainebioueg@gmail.com

Érica Lima de Oliveira
Universidade Estadual de Goiás
ericadeoliveira17@hotmail.com

João Carlos Nabout
Universidade Estadual de Goiás
joao.nabout@ueg.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Endereço: BR-153 – Quadra Área
75.132-903 – Anápolis – revista.prp@ueg.br

Coordenação:

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

Coordenação de Projetos e Publicações

Original

Recebido em: 17/12/2013

Aceito em: 02/07/2014

LITERATURA CIENTÍFICA DO USO DE ADSORVENTES NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES

Scientific literature of adsorbents used on removing waste
water contamination

RESUMO

Atividades antrópicas e o uso inadequado dos recursos hídricos têm atraído grande atenção devido aos seus efeitos nocivos que podem comprometer o meio ambiente e a biota. Entre as classes de contaminantes, os íons metálicos recebem destaque pela não biodegradabilidade e bioacumulação. Métodos alternativos de remediação química de corpos d'água tem sido investigados utilizando materiais adsorventes. Um estudo cientométrico com palavras de busca water* and metals* and adsorbents* no SCOPUS obteve 1460 artigos. A escala temporal foi de 5 anos (2008-2012) e está correlacionada positivamente com o número de publicações ($r=0,89$, $p=0,05$). O periódico que mais publicou sobre essa temática foi o *Journal Harzardous Materials*. Os adsorventes foram classificados em três categorias: lignocelulósicos, não lignocelulósicos e sintéticos, sendo os não lignocelulósicos os mais utilizados e entre os contaminantes os íons metálicos são mais frequentes. Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) é a técnica mais utilizada totalizando 81,64% dos artigos que realizaram ensaio de caracterização dos adsorventes.

Palavras-Chave: água; metais; adsorventes; remediação química

ABSTRACT

Anthropogenic activities and inappropriate use of water resources has attracted great attention due to of its harmful effects that can compromise the environment and biota. Among the classes of contaminants, the metal ions are characterized by non-biodegradability and bioaccumulation. Alternative chemical treatments of water bodies have been investigate using adsorbents materials. A scientometric study with the search word water, metal and adsorbents in SCOPUS obtained 1460 articles. The time scale was 5 years (2008-2012) and is positively correlated with the number of publications. The newspaper that published more about this topic was *Harzardous Materials*. Adsorbents were classified in three categories: lignocellulosic, not lignocellulosic and synthetic, whereas the non lignocellulosic are the most used and among the contaminators the metallic ions are more common. Spectroscopy in the infrared regions is the most used technique a total of 81, 64 articles that performed test of adsorbents characterization.

Keywords: water; metals; adsorbents; chemical remediation

INTRODUÇÃO

Os processos industriais têm sido historicamente um importante fator de degradação ambiental (ARAÚJO et al., 2010). 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. Entre as classes de contaminantes, os íons metálicos recebem destaque pela não biodegradabilidade e, geralmente, tendem a acumular-se nos organismos vivos, causando danos à saúde (GOOGERDCHIAN et al., 2012).

A busca de ações é de suma importância pela necessidade de um desenvolvimento sustentável que promovam a melhoria da qualidade de vida, com a proposição de métodos que apresentam eficiência para minimizar os efeitos causados por estes contaminantes. Metodologias convencionais têm sido empregadas para a remoção de íons metálicos em resíduos industriais e águas contaminadas (XIAO et al., 2012), entre elas estão inclusas a filtração, osmose inversa, extração com solvente, precipitação química e técnicas de separação por membranas, entretanto demandam custos operacionais e de implantação (GOOGERDCHIAN et al., 2012).

Processos envolvendo adsorção têm se mostrado eficazes e economicamente viáveis com o uso de materiais carbonáceos, substâncias naturais e bioadsorventes na remoção de íons de metais pesados em ambientes aquosos (LI et al., 2012). O termo adsorvente natural é atribuído a qualquer material que não é produzido sinteticamente e tem propriedades de adsorver espécies químicas de origens inorgânicas e orgânicas (ALVES et al., 2010). Há vários tipos de adsorventes empregados como resíduos agrícolas. Dentre eles podem-se citar os materiais argilosos, zeólita e biomassa (KOCAOBA, 2009).

Os materiais lignocelulósicos pertencem à classe dos adsorventes que normalmente constituem resíduos agroindustriais como: fibra de sisal (SANTOS et al., 2011); *Moringa oleifera* (ARAÚJO et al., 2013); bagaço de cana (HOMAGAI et al., 2010); casca de soja (JIA et al., 2011); casca de laranja (LIANG et al., 2011); borra de café (AZOUAOUA, 2010); casca de arroz (EL-SHAFFEY, 2010).

Diante do amplo uso dos adsorventes, torna-se altamente relevante quantificar pesquisas que utilizem esta técnica e avaliar as aplicações das mesmas em tratamentos de efluentes. O estudo cienciométrico elucidava quantitativamente as atividades científicas e tecnológicas permitindo assim, analisar aspectos quantitativos importantes para elaboração de sínteses conceituais e desenvolvimento de teoria (GUIMARÃES; PINTO, 2005; CARNEIRO et al., 2008).

Estudos que abordam o estado da arte de certo tema trazem resultados que viabilizam o tempo de busca e auxiliam na melhoria e desenvolvimento de novos postulados, conceitos e paradigmas (SPINK, 1996). A compreensão do estado do conhecimento sobre o uso de adsorventes na remediação de ambientes contaminados permitiu a ordenação do conjunto de informações e resultados que possam satisfazer a necessidade de uma visão global das atividades de investigação para este tema.

Diversas áreas do conhecimento realizam trabalhos cienciométricos para diagnosticar as tendências da literatura científica, como por exemplo, trabalhos sobre ecologia (PINTO et al., 2002; MELO et al., 2006; BINI et al., 2005; FAZEY et al., 2005), mudanças climáticas (STANHILL, 2001; NABOUT et al., 2012), grupos de organismos (NABOUT et al., 2009, CARNEIRO et al., 2008; PADIAL et al., 2008) e estudos genéticos (QUIXABEIRA et al., 2010).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa cienciométrica sobre a utilização de diversos tipos de adsorventes na remoção de contaminantes ao longo de 5 anos (2008-2012) com o intuito de responder às seguintes perguntas: i) Qual a tendência temporal no número de estudos sobre adsorventes? ii) Quais as revistas que mais publicam sobre adsorventes? iii) Tipos de adsorventes são utilizados? iv) Quais os contaminantes removidos? v) Quais íons metálicos são removidos?

MATERIAIS E MÉTODOS

COLETA E QUANTIFICAÇÃO DA LITERATURA

A literatura utilizada neste estudo foi obtida a partir da base de dados *Scopus*, multidisciplinar, constituída por resumos de 27 milhões de artigos, referências e índices da literatura científica, técnica e médica (ELSEVIER, 2004). O acesso se deu

pelo site <www.scopus.com> em outubro de 2013. Para a busca utilizaram-se os termos *water* and metals* and adsorbents** no título dos artigos entre os períodos de 2008 e 2012. Para cada artigo foi identificado: i) o ano de publicação; ii) a revista de publicação; iii) Tipos de adsorventes utilizados (natural ou sintético); iv) material adsorvido e v) Técnica utilizada para caracterização.

A fim de verificar a frequência do uso dos adsorventes de acordo com suas características foram estabelecidas duas categorias: Adsorventes Naturais e Sintéticos. A primeira foi subdividida em: lignocelulósicos, de origem vegetal basicamente subprodutos agroindustriais e não lignocelulósicos, aqueles de origem mineral e biológica (carvão ativado, biológicos, algas, fungos e bactérias), entre outros. Entre os sintéticos destacam-se os polímeros, resinas, óxidos, nanocompostos, entre outros.

Para análise dos dados utilizou-se de Correlação de Pearson para avaliar a tendência temporal no número de artigo. Para isso o número de artigo foi correlacionado com o ano de publicação (STATSOFT, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos disponibilizam aos pesquisadores informações e uma nova forma de conduzir as investigações em laboratórios em que pese o uso de materiais adsorventes, sendo uma forma de contribuir para o progresso científico, visto que o mesmo avalia a importância de um assunto, autor ou artigo e também enfatiza as tendências e contribuições relacionadas a uma temática que se deseja investigar (CARNEIRO, et al., 2008).

Na escala temporal estudada foi encontrado um total de 1460 artigos referentes ao termo de busca deste estudo (i.e. *water* and metals* and adsorbents**) dos quais 146 trabalhos não se tratavam do assunto, tendo sido analisados 1314 artigos. O número de artigos sobre esse tema possui correlação positiva com o tempo ($r = 0,89$ e $p = 0,05$). Os anos de 2008 e 2011 a maior quantidade de publicações como mostra a Figura 1.

Tal resultado remete ao aumento do interesse e busca de novos materiais com potencialidades na remoção de contaminantes em efluentes aquosos (TAGLIAFERRO et al., 2011; KALAVATHY; MIRANDA, 2010),

concomitantemente à preocupação da qualidade e uso sustentável dos recursos hídricos (MÓDENES et al., 2013). Esses, podem ser de origem natural ou sintética sendo avaliados quanto à sua eficácia na remoção de cátions e ânions em ambientes aquosos (ARAÚJO, 2010; AHN et al., 2010).

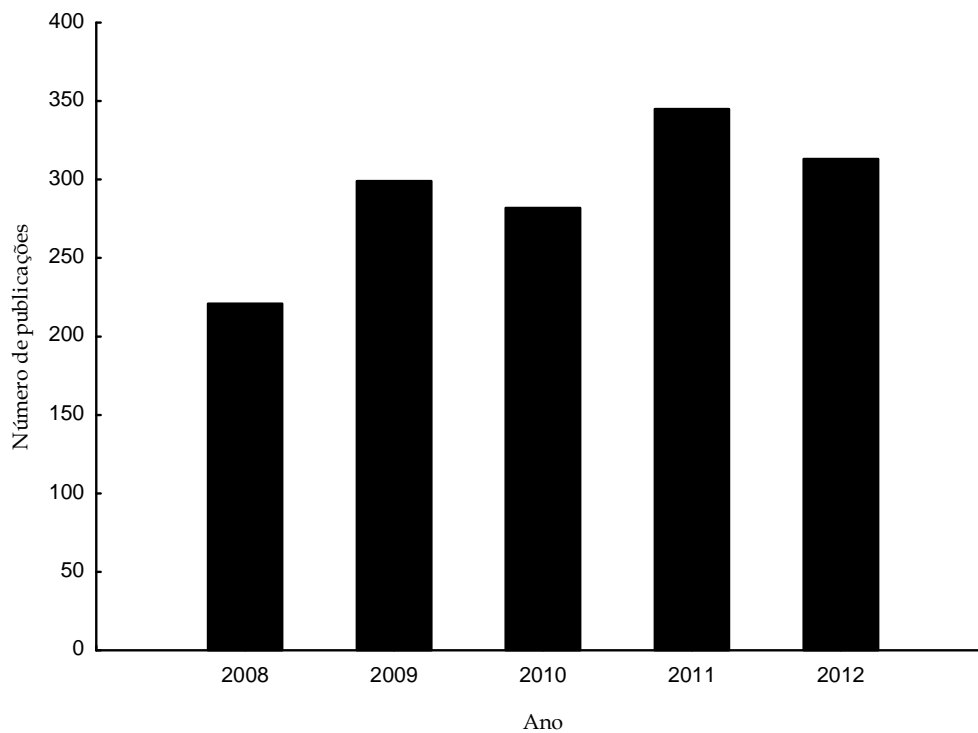


Figura 1 - Tendência temporal de publicações no período de 2008-2012.

Este aumento de publicações é coerente com outros estudos cienciométricos como estudos de fitoplâncton (CARNEIRO et al., 2008), população de macrófitas (PADIAL et al., 2008), Ecologia (LIMA-RIBEIRO et al., 2007) e estudos de genética com o uso da citometria de fluxo (QUIXABEIRA et al., 2010).

Foram encontrados um total de 160 periódicos que publicaram sobre o uso de adsorventes na remoção de contaminantes em água. O maior número de publicações está voltado para o *Journal of Hazardous Material* com 24,1%, 296 artigos, seguido pela *Chemical Engineering Journal* com 4,47% das publicações com 55 artigos e pela *Desalination* com 4,1%, 50 artigos como mostra a Figura 2.

Periódicos científicos retratam o contexto em que se insere o campo do conhecimento em avaliação (MACIAS-CHAPULA, 1998; LIMA-RIBEIRO et al., 2007), e os três periódicos que mais publicaram sobre adsorventes possuem seu campo de atuação voltado para materiais perigosos, entre eles os íons metálicos que são considerados tóxicos e bioacumulativos, sem atividade biológica com

efeitos nocivos a biodiversidade (TSEKOVA et al., 2010; ALMEIDA et al., 2012; MOUNI et al., 2011).

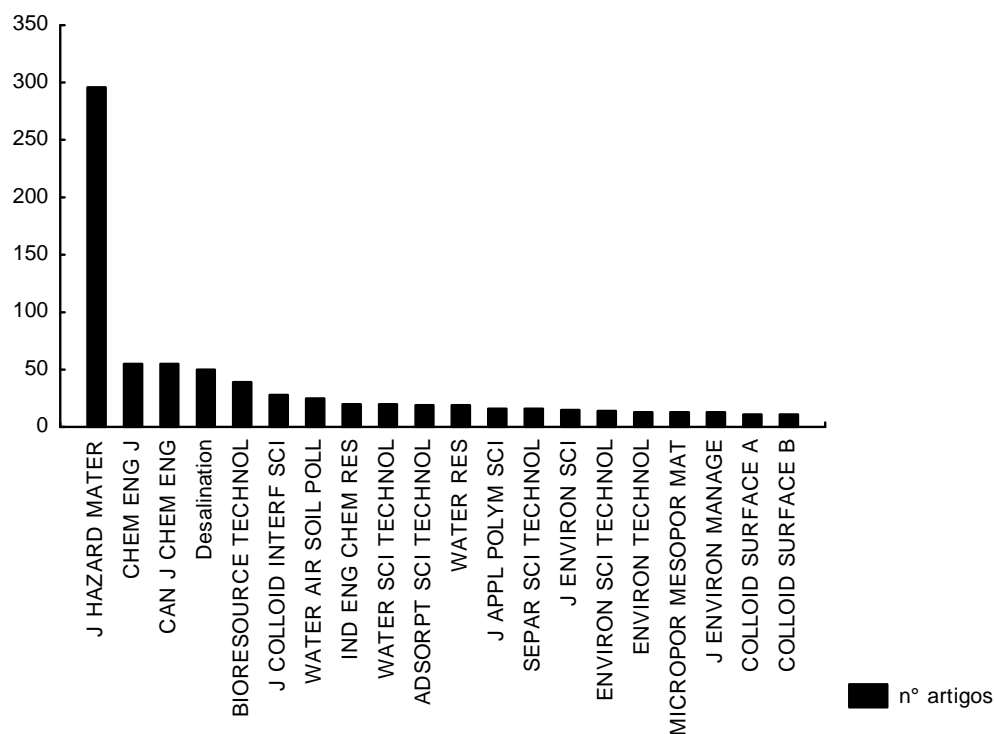


Figura 2: Principais periódicos que publicaram sobre adsorventes na remoção de contaminantes em água.

Foi observado entre as categorias de adsorventes adotadas, que a utilização dos adsorventes naturais correspondem a 64,38% dos trabalhos, dos quais os não lignocelulósicos representam 46,04 % e os lignocelulósicos 18,34%, enquanto os sintéticos corresponderam a 46,35% das publicações conforme mostra a Figura 3.

Para os adsorventes não lignocelulosicos destaca-se o carvão ativado carvão ativado (YANG; LUA ,2003; BENADJEMIA et al., 2011; e GUPTA et al., 2013). Entre os sintéticos tem-se o uso dos óxidos metálicos , carbono nanotubos, compósitos, polímeros (WANG et al.,2012). E adsorventes lignocelulósicos como palha de cevada (PEHLIVAN et al., 2012), sementes de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2012), folhas de mangue-negro (*Conocarpus erectus*) (AL-TAMEEMI et al., 2012), casca de Emblica (*Phyllanthus emblica*) e vagens de gumbu (*Gmelina arborea*) (THOMAS; MADHU, 2012), casca de árvore (*Carissa carandus*) (TANWAR, et al., 2012) são buscados como fontes alternativas

de adsorventes quanto acessibilidade e custo para o processo de adsorção em grande escala (KALAVATHY; MIRANDA,2010).

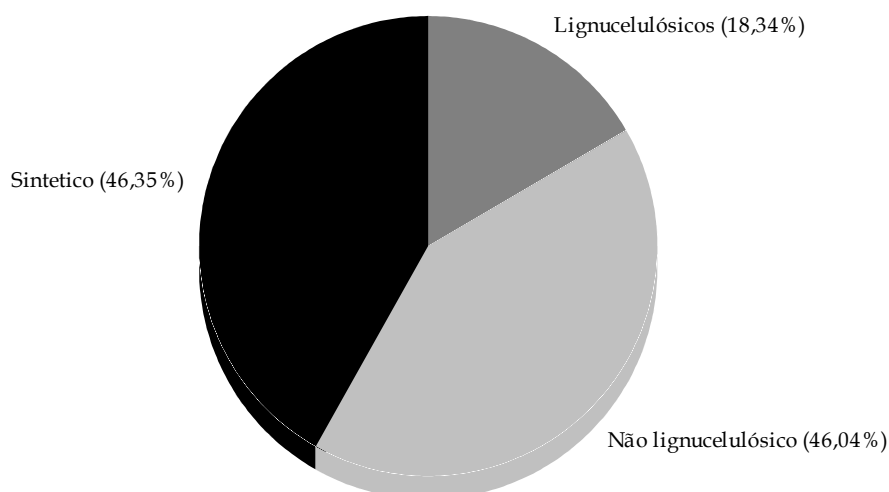


Figura 3 - Variação da utilização dos diferentes tipos de adsorventes nos trabalhos avaliados.

A Figura 4 mostra os principais contaminantes citados na literatura estudada. Os íons metálicos aparecem com maior frequência, 85,77% dos trabalhos coletados. Essa classe de contaminante se destaca uma vez que são altamente tóxicos e não são biodegradáveis, ou seja, tendem a se acumular em organismos causando-lhes uma série de riscos à saúde (GOOGERDCHIAN et al, 2012; WITEK-KROWIAK et al., 2011; TAGLIAFERRO et al., 2011).

Chumbo e o cobre são os íons metálicos mais pesquisados como mostra a Figura 5. O resultado é coerente 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, muitas vezes com o descarte inadequado (SANTOS, et al., 2011; GALIATSATOU et al., 2012).

Outro dado relevante neste estudo foi a observação do uso das técnicas de caracterização dos materiais adsorventes. Entre as mais frequentes destacam-se: Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Difração de Raios-X (DRX), Análise Termogravimétrica (TGA) e variações. 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, presentes em 27% dos trabalhos correspondentes a 365 artigos analisados.

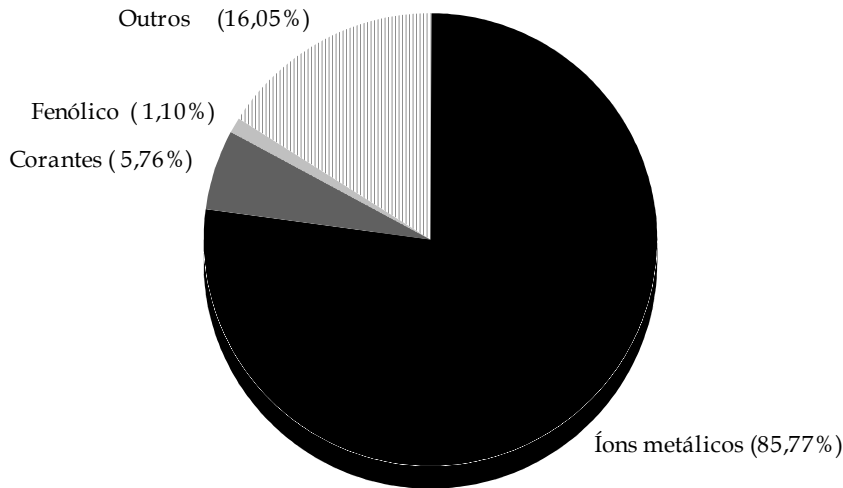


Figura 4 - Distribuição de contaminantes adsorvidos.

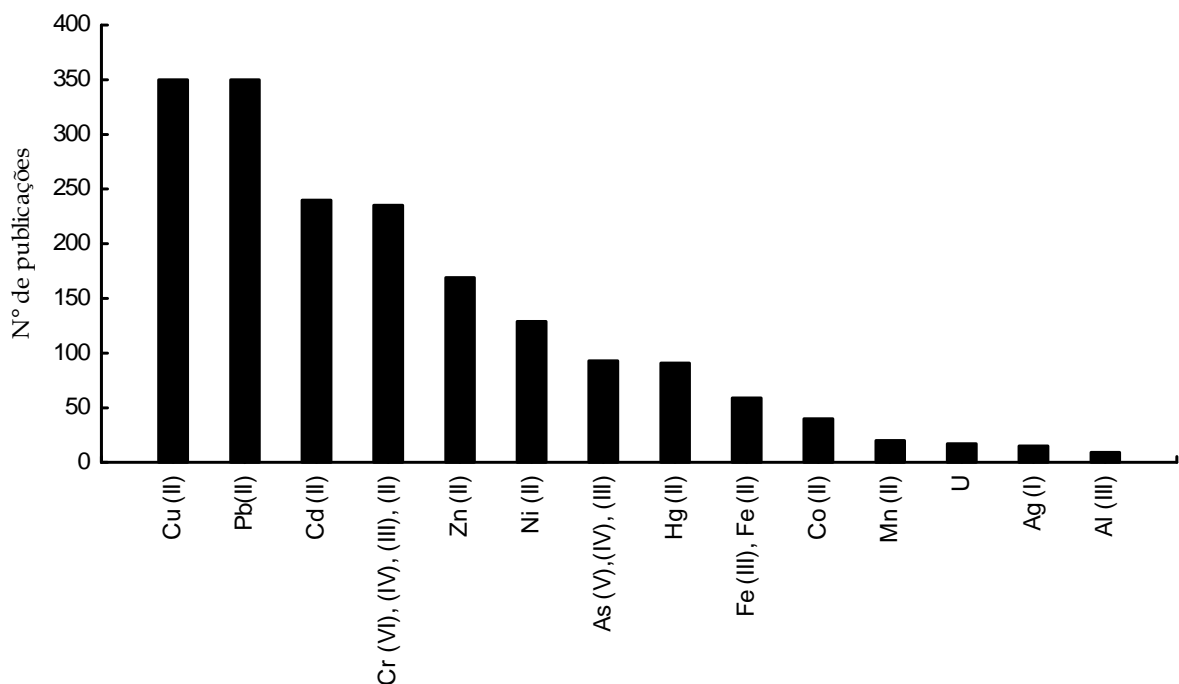


Figura 5 - Íons metálicos adsorvidos em meio aquoso.

Há uma tendência em combiná-las e a mais utilizada é a FTIR que corresponde a 81,6% dos trabalhos (258 artigos) que realizaram ensaios de caracterização de materiais. De acordo com Santos et al., (2011), dados sobre caracterização físico-química através da análise de FTIR são essenciais para identificar grupos funcionais como hidroxila, carboxilica e grupos fenólicos presentes nas estruturas da lignina e celulose assim como a interação com o íon metálico, e possíveis supressões das bandas devido a estas interações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise cienciométrica do uso de adsorventes em ambientes aquosos para remoção de contaminantes mostrou que a remediação química que utiliza materiais adsorventes é uma metodologia alternativa e atraente com crescente número de publicações científicas. O uso de adsorventes lignocelulósicos é viável devido sua potencialidade em remover espécies contaminantes, fácil aquisição e pelo baixo custo, geralmente resíduos agroindustriais. Os adsorventes naturais tem sido amplamente avaliados a fim de aumentar o conhecimento dos parâmetros adsorptivos e da viabilidade do uso em diversos ramos industriais como materiais alternativos de remediação química.

AGRADECIMENTO

À UEG pela infraestrutura e Bolsa Permanência concedida.

Ao Programa de Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado – RENAC/UEG.

Ao CNPQ pela bolsa concedida a JCN (processo 306719/2013-4).

REFERÊNCIAS

- AHN, C.K.; WOO, S.H.; PARK, J.M. Selective adsorption of phenanthrene in nonionic-anionic surfactant mixtures using activated carbon. **Chemical Engineering Journal**, v. 158, p. 115-119, 2010.
- ALMEIDA, J. S.; FRANCO JUNIOR, M. R.; ROCHA, N. R. A. F.; ROSSI, A. S., Redução do teor de prata e chumbo de águas contaminadas através do uso de material adsorvente, **Revista Analytica**, v. 59, p. 73-75, 2012.
- AL-TAMEEMI, I. A.; NASSER, T.; THURAYA, M. A. Removal of pb (II), cd (II) ions onto dried *Conocarpus erectus* leaves using batch adsorption and study the adsorption thermodynamics. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**. v. 4 , n.12, p. 4961-4968, 2012.
- ALVES, V. N.; MOSQUETTA, R.; COELHO, N. M. M.; BIANCHIN, J. N.; ROUX, K. C. D. P.; MARTENDAL, E.; CARASEK, E. Determination of cadmium in alcohol fuel using *Moringa oleifera* seeds as a biosorbent in an on-line system coupled to FAAS. **Talanta**, v. 80, p. 1133-1138, 2010.
- 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.; MELO, E. I.; ALVES, V. N.; COELHO, N. M. M., *Moringa oleifera* Lam. Seeds as a Natural Solid Adsorbent for Removal of AgI in Aqueous Solutions. **Journal Brazilian Chemical Society**, v. 21, p. 1727-1732, 2010.
- AZOUAOUA, N.; SADAOUIA, Z.; DJAAFRI, A.; MOKADDEMA, H., Adsorption of cadmium from aqueous solution onto untreated coffee grounds: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. **Journal of Hazardous Materials**, v. 184, p. 126-134, 2010.
- BENADJEMIA, M.; MILLIÈRE, L.; REINERT, L.; BENDERDOUCHE, N.; DUCLAUX, L. Preparation, characterization and Methylene Blue adsorption of phosphoric acid activated carbons from globe artichoke leaves. **Fuel Processing Technology**. v. 92, p.1203-1212, 2011.

- BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; CARVALHO, P.; PINTO, M.P.; RANGEL, T.F.L.V.B.; Lomborg and the litany of biodiversity crisis: what the peer review literature says. **Conserv Biol** v.20, p.1-6, 2005.
- CARNEIRO, F. M.; NABOUT, J. C.; BINI, L. M. Trends in the scientific literature on phytoplankton. **Limnology**, v. 9, p. 153-158, 2008.
- ELSEVIER. **Scopus**. Amsterdam: Elsevier, Material publicitário, 2004.
- EL-SHAFFEY, E. I., Removal of Zn(II) and Hg(II) from aqueous solution on a carbonaceous sorbent chemically prepared from rice husk. **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, p. 319-327, 2010.
- FAZEY I.; FISCHER J.; LINDENMAYER, D.B.; what do conservation biologists publish? **Biology Conservation**, v.124, p.63-73, 2005.
- GALIATSATOU, P.; METAXAS, M.; KASSELOURI,R.V. Adsorption of zinc by activated carbon prepared from solvent extracted olive pulp. **Journal Hazardous Materials**, v. B91, p.187-203, 2012.
- GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; MENEGHEL, A. P.; RUBIO, F.; STREY, L.; DRAGUNSKI, D. C.; COELHO, G. F. Applicability of *Moringa oleifera* Lam. pie as an adsorbent for removal of heavy metals from waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, p. 94-99, 2012.
- GOOGERDCHIAN, F.; MOHEB, A.; EMADI, R. Lead sorption properties of nanohydroxyapatite-alginate composite adsorbents. **Chemical Engineering Journal**, v. 200-202, p. 471-479, 2012.
- GUIMARÃES, L. D.; PINTO, M. P. Análise quantitativa do termo interdisciplinaridade no período de 1970 a 2004. **Tecnologia para Saúde**, MultiCiência. Out. 2005.
- GUPTA, V. K; ALI, I.; SALEH, T. A.; SIDDIQUI, M. N.; AGARWAL, S. Chromium removal from water by activated carbon developed from waste rubber tires. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p.1261-1268, 2013.
- HOMAGAI, P. L.; GHIMIRE, K. N.; INOUE, K., Adsorption behavior of heavy metals onto chemically modified sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 2067-2069, 2010.
- JIA, L.; ENZAN, C.; HAIJIA, S.; TIANWEI, T., Biosorption of Pb²⁺ with Modified Soybean Hulls as Absorbent. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 19, p. 334-339, 2011.
- KALAVATHY, M.H.; MIRANDA, L.R. *Moringa oleifera* - A solid phase extractant for the removal of copper, nickel and zinc from aqueous solutions. **Chemical Engineering Journal**, v.158, p.188-199, 2010.
- KOCAOBA, S. Adsorption of Cd(II) Cr(III) and Mn(II) on natural sepiolite. **Desalination**, v.244, p.24-30, 2009.
- LI, X.; LI, Y.; ZHANG, S.; YE, Z. Preparation and characterization of new foam adsorbents of poly(vinyl alcohol)/chitosan composites and their removal for dye and heavy metal from aqueous solution. **Chemical Engineering Journal**, v. 183, p. 88-97, 2012.
- LIANG, S.; GUO, X.; TIAN, Q., Adsorption of Pb²⁺ and Zn²⁺ from aqueous solutions by sulfured orange peel. **Desalination**, v. 275, p. 212-216, 2011.
- LIMA-RIBEIRO, M.de S.; NABOUT, J.C.; PINTO, M.P.; MOURA, I. O. de; MELO, T. L. de; COSTA, S. S.; RANGEL, T. L. V. V. de B. Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, p. 39-47, 2007.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciométrica e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, p. 134-140, 1998.
- MELO, A. S.; BINI, L. S.; CARVALHO, P. Brazilian articles in international journals on Limnology. **Scientometrics**, v. 67, p. 187-199, 2006.
- MÓDENES, A. N.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; 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: Revista Escola de Minas, Ouro Preto**, v. 66, p.355-362, 2013.
- MOUNI, L.; MERABET, D.; BOUZAZA, A.; BELKHIRI, L. Adsorption of Pb(II) from aqueous solutions using activated carbon developed from Apricot stone. **Desalination**, v. 276, p. 148-153, 2011.
- NABOUT, J.C.; CARVALHO, P.; PRADO, M.U.; BORGES, P.P.; MACHADO, K.B.; HADDAD, K.B.; MICHELAN, T.S.; CUNHA, H.F.; SOARES, T.N.; Trends and Biases in Global Climate Change Literature. **Brazilian Journal of Nature Conservation**. v. 10, p 45-51, 2012.

- NABOUT, J.C.; SIQUEIRA, T.; BINI, L.M.; NOGUEIRA, I.de S. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. **Acta Oecologica** v.35, p. 720-726, 2009.
- PADIAL, A.A.; BINI, L.M.; THOMAZ, S.M. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p.1051-1059, 2008.
- PEHLIVAN, E.; ALTUM, T.; PARLAYICI, S. Modified barley straw as a potential biosorbent for removal of copper ions from aqueous solution. **Food Chemistry**. v. 135, p.2229-2234, 2012.
- PINTO, M.P.; BINI, L.M.; DINIZ-FILHO J. A. F. Quantitative analysis of the influence of a new ecological paradigm: spatial autocorrelation - Análise quantitativa da influência de um novo paradigma ecológico: autocorrelação espacial. **Acta Scientiarum**, v.25, p.137-143, 2002.
- QUIXABEIRA, V. B. L.; NABOUT, J. C.; RODRIGUES, F. M. Trends in genetic literature with the use of flow cytometry. **Cytometry Part A**, v.77 a, p. 207-210,2010.
- 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**. v. 97, p. 269-273, 2011.
- SPINK, M.J. Representações Sociais. Questionando o Estado da Arte. Texto não publicado; conferência proferida no IV Encontro Regional da Associação Brasileira de Psicologia Social, realizado na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, em julho de 1996. ABRAPSO/SP, ABRAPSO, v. 8, 1996.
- STANHILL, G. The growth of climate change science: a scientometric study. **Climatic Change**, v. 48, p.515-524, 2001.
- STATSOFT, INC. Statistica (data analysis software system),version 7.2013, www.statsoft.com
- TAGLIAFERRO, G. V.; PEREIRA, P. H. F.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. L. C. P. Adsorção de Chumbo, Cádmi e Prata em Óxido de Nióbio (V) Hidratado Preparado pelo Método da Precipitação em Solução Homogênea. **Química Nova**, v. 34, p.101-105, 2011.
- TANWAR, A.; GOSWAMI, S. P.; ARORA, S. K.; MATHUR, S. P. Biosorption of Cd (II) and Pb (II) ions from Aqueous Solutions using *Carissa carandus*. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**. v. 3, p. 614-624, 2012.
- THOMAS, T. J.; MANDHU, G. Removal of copper and nickel from aqueous solutions using natural adsorbents. **Pollution Research**. v. 31, p. 687-691, 2012.
- TSEKOVA, K.; TODOROVA, D.; GANEVA, S. **International Biodeterioration & iodegradation**, v.64, p.447, 2010.
- WANG, S.; LI, H.; CHEN, X.; YANG, M.; QI, Y. Selective adsorption of silver ions from aqueous solution using polystyrene-supported trimercaptotriazine resin . **Journal of Environmental Sciences (China)**, v.24, p.2166-2172, 2012.
- 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.
- XIAO, Z. H.; ZHANG, R.; CHEN, X. Y.; LI, X. L.; ZHOU, T. F. Magnetically recoverable Ni@carbon nanocomposites: Solid-state synthesis and the application as excellent adsorbents for heavy metal ions. **Applied Surface Science**, v. 263, p. 795-803, 2012.
- YANG, T.; LUA, A. C. Characteristics of activated carbons prepared from pistachio-nut shells by physical activation. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 267, p.408-417, 2003.