

**A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA NA REMOÇÃO DE
METAIS PESADOS EM EFLUENTES CONTAMINADOS**

**THE USE OF AGROINDUSTRY WASTE IN THE REMOVAL OF HEAVY
METALS IN CONTAMINATED EFFLUENTS**

Euler Paixao Chaves

Graduando em Química Industrial, Universidade Federal do Pará; Bacharel em Engenharia Ambiental pela Estácio; Especialização em Química Ambiental pela Faceminas, Brasil

E-mail: eulerpchaves@gmail.com

Shirley Cristina Cabral Nascimento

Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE; Docente da Faculdade de Engenharia Química na Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: sccn@ufpa.br

Recebimento 20/01/2023 Aceite 01/02/2023

Resumo

O crescente aumento da prática industrial nos últimos tempos tem potencializado a degradação do ecossistema. Lavando em consideração a toxicidade dos metais pesados, fazendo com que eles sejam uma grave ameaça ao meio ambiente e a vida animal e, além disso, enfatizar o uso sustentável dos resíduos agroindustrial como método alternativo e eficiente na mitigação dos impactos ambientais causados por metais pesados. A pesquisa teve por objetivo ressaltar a importância dos resíduos agroindustrial na utilização no processo de adsorção de metais pesados em áreas contaminadas. A metodologia é composta por revisão da literatura relacionado com a temática resíduos agroindustrial e metais pesados. No sentido de enfatizar a importância da sua utilidade do uso no processo de adsorção de metais pesados. Os danos ocasionados por metais tóxicos podem ocorrer desde a bioacumulação em organismos vivos quanto a danos na saúde humana. Portanto, diante dos resultados foi possível ressaltar a importância dos resíduos agroindustrial no processo de adsorção e a sua eficiência na mitigação dos danos ambientais por causadas por elementos químicos não essenciais.

Palavras-chave: Resíduo agroindustrial; Metais pesados; Adsorção; Ecossistema.

Abstract

The growing increase in industrial practice in recent times has potentiated the degradation of the ecosystem. Taking into account the toxicity of heavy metals, making them a serious threat to the environment and animal life and, in addition, emphasizing the sustainable use of agro-industrial waste as an alternative and efficient method in mitigating the environmental impacts caused by heavy metals. The research aimed to emphasize the importance of agro-industrial residues in the use in the process of adsorption of heavy metals in contaminated areas. The methodology consists of a review of the literature related to the theme of agro-industrial residues and heavy metals. In order to emphasize the importance of its use in the adsorption process of heavy metals. The damage caused by toxic metals can occur from bioaccumulation in living organisms to damage to human health. Therefore, in view of the results, it was possible to emphasize the importance of agro-industrial waste in the adsorption process and its efficiency in mitigating environmental damage caused by non-essential chemical elements.

Keywords: Agro-industrial waste; Heavy metals; Adsorption; Ecosystem.

1. Introdução

O crescente aumento das atividades antrópicas nas últimas décadas tem potencializado a degradação do ecossistema por metais pesados, visto que, os mais impactantes são os íons de Chumbo (Pb), Manganês (Mn), Arsênio (As), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Cádmio (Cd), devido seu alto grau de toxicidade ao meio ambiente. Além disso, são os metais mais presentes em efluente de mineração e em agrotóxicos/pesticidas, na qual, são encontrados em grandes concentrações nesses resíduos.

Nesse sentido, a adsorção utilizando o carbono ativado é um método bastante conhecido para a remoção de metais pesados de efluentes industriais, mas seu alto custo restringe o uso em larga-escala. Diversos materiais têm sido estudados na adsorção de metais pesados, dentre eles: cortiça, turfa, resíduos de mandioca, casca de amendoim, partes do tronco do mamão, etc. (Yamura, 2006).

Contudo, a adsorção de íons metálicos é mais promissora quando se utilizam adsorventes naturais como, por exemplo, resíduos agroindustriais. Tais

adsorventes constituem-se em uma alternativa promissora para a remediação química pela sua grande capacidade de adsorção, baixo custo e alta disponibilidade (AHALYA et al.,2003; DEMIRBAS,2008).

Ressalta-se ainda que diversos autores vêm pesquisando biossorventes alternativos para remoção de íons metálicos de soluções contaminadas, como por exemplo: cascas de banana e laranja (ANNADURAI et al., 2002), casca de cacau (MEUNIR et al., 2003) casca de arroz (MONTANHER et al., 2005) bagaço de cana-de-açúcar in natura e modificado (DOS SANTOS et al.,2011) e Raízes de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), (VASCONCELOS et al., 2017).

De acordo com, Feng et al (2011) a utilização de resíduos agroindustriais na remoção de poluentes em compartimentos ambientais, conhecida como biossorção, tem sido o centro de grande interesse, porque providencia importantes vantagens, como o baixo custo do material biossorvente, reciclagem de um resíduo natural e uma alternativa para remediação de águas contaminadas com produtos químicos, diminuindo assim os impactos ambientais (LEZCANO et al., 2011).

Diante disso, a escolha da temática justifica-se devido a alta quantidade de resíduos agroindustriais que são gerados e por muitas vezes desperdiçados no meio ambiente sem sua devida reutilização, além disso, pesquisas ressaltam a capacidade desses resíduos no processo de adsorção de metais pesados em áreas contaminadas por metais tóxicos, outro fator agregável é o baixo custo, alta disponibilidade e eficiência do uso no processo de adsorção.

1.1 Objetivo Geral

A pesquisa teve por finalidade ressaltar a importância do uso dos resíduos agroindustriais na mitigação dos impactos ambientais causados por metais pesados de alta toxicidade.

Esta pesquisa foi desenvolvida com base no tipo de pesquisa exploratória, onde há predominância da pesquisa bibliográfica caracterizada por Gil (2002) como: “A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado”, constituído principalmente de artigos científicos.

As bases de dados utilizadas foram as plataformas científicas SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, periódicos internacionais,

artigos, teses e dissertações. Nesse processo foram selecionados 52 artigos que abordassem a utilização do resíduo agroindustrial. Foram escolhidos os trabalhos mais relevantes no período de 2010 a 2020, que tivessem em seus conteúdos: a caracterização dos metais pesados; a utilização do resíduo agroindustrial no processo de adsorção e a importância da utilização dos resíduos na mitigação dos impactos ambientais causados por metais tóxicos.

2. Revisão da Literatura

2.1 – Metais Pesados

Elementos químicos que apresentam densidade superior a 6 g/cm³ são considerados como sendo metais pesados (HOODA, 2010). Destes, mais de 20, são conhecidos pela presença no ciclo de vida dos seres vivos e por constituírem micronutrientes essenciais às plantas e aos animais, como Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) (KABATA-PENDIAS, 2011). Outros não apresentam função biológica conhecida e em níveis elevados podem causar disfunção graves ao organismo, tais como Arsênio (As), Cadmio (Cd) e Chumbo (Pb) (RECATALÁ et al., 2010). Para os seres humanos a toxicidade destes elementos pode manifestar-se com disfunções de médias a graves. Prasad (2008) relata a função no organismo humano e efeitos da toxicidade dos metais pesados (Mn, Pb, Fe, Cd, Cr, As e Cu).

De acordo com Menezes (2014), o Mn é um componente de muitas enzimas e atua como ativador enzimático. Sua toxicidade ocasiona o manganismo, uma doença neurológica, além disso, compete com o Fe pelos mesmos locais de absorção. Muhammad et al. (2011) analisaram que a ingestão em altas doses deste elemento pode causar graves problemas de saúde, incluindo parada cardíaca fatal, erupções cutâneas, fadiga, dores de cabeça, problemas cardíacos, tonturas e doenças respiratórias.

Segundo Prasad (2008). Relata que o Pb não apresenta função biológica conhecida, seu efeito tóxico ocasiona problemas reprodutivos, encefalopatia, problemas neurofísicos, anemia, problemas renais, hipertensão e inibição da síntese da heme. Já o Fe é componente estrutural em proteínas heme: hemoglobina, mioglobina, e as proteínas dependentes de citocromo. Seu excesso pode acarretar em problemas gastrintestinais, como vômitos e diarreia, a

exposição crônica pode causar cirrose e câncer.

O Cd não apresenta função biológica conhecida, ocorrendo acumulação crônica nos rins que ocasiona disfunções na urina. Além disso, a toxicidade de Cd acarreta problemas reprodutivos, câncer, doenças cardiovasculares, hipertensão, entre outras. Hiroaki et al. (2014) associaram a ingestão de Cd, principalmente devido ao consumo arroz proveniente de áreas contaminadas, com um aumento do risco de surgimento de câncer da mama na pós-menopausa. O Cr atua no metabolismo dos carboidratos e dos lipídios, no entanto, à exposição crônica a esse nutriente pode causar insuficiência renal e hepática. Sua forma hexavalente (Cr^{+6}) é genotóxica e cancerígena (KABATA-PENDIAS, 2011).

O Cu é essencial para o funcionamento de muitas metaloproteínas e enzimas e também desempenha um papel na regulação da expressão gênica. Sua toxicidade, segundo Kabata-Pendias (2011), ocasiona problemas gastrointestinais e pode ocorrer a doença de Wilson caracterizada pelo o acúmulo de Cu no fígado, cérebro e rins.

Os efeitos do As em excesso nos seres vivos envolvem danos em vários órgãos e sistemas como o sistema cardiovascular (distúrbios vasculares seguido de gangrena e doença do pé negro), sistema sanguíneo, sistema reprodutor (incremento de frequência nos abortos espontâneos), pele (tumores, hiperpigmentação, hiperqueratose), fígado (disfunção hepática), sistema nervoso e sistema respiratório (WHO, 2001)

Os metais pesados ocorrem naturalmente nos solos Fadigas et al (2010), todavia, nas últimas décadas, atividades antropogênicas têm elevado, substancialmente, a concentração de alguns destes elementos em diversos ecossistemas (KABATA-PENDIAS, 2011). Insumos agrícolas ou subprodutos usados com finalidade corretiva do solo ou nutricional para as plantas podem ser fonte de contaminação. Pesquisas têm destacado a presença de elementos como cádmio (Cd), cobre (Cu) e chumbo (Pb) (LIMA, 2001; FREITAS et al, 2009) nesses produtos.

Todos os metais que possuem densidade cinco vezes maior do que a densidade da água são denominados metais pesados (ROYCHOWDHURY;

DATTA; SARKAR, 2018). Os metais pesados são constituintes naturais da crosta terrestre através de atividades vulcânicas e intemperismo das rochas; entretanto, atividades antrópicas podem aumentar os níveis presentes no ambiente que são identificados como traço ($<1000 \text{ mg.kg}^{-1}$) e raramente tóxico (WUANA & OKIEIMEN, 2011; ROYCHOWDHURY; DATTA; SARKAR, 2018; EDELSTEIN; BEM-HUR, 2019).

Os metais pesados encontrados normalmente em sítios contaminados são: Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Arsênio (As), Zinco (Zn), Cádmio (Cd), Cobre (Cu) e Mercúrio (Hg). O comportamento destes metais no solo é diretamente afetado por algumas características do sistema biogeoquímico do solo: a) distribuição heterogênea de substâncias e componentes; b) alteração sazonal e espacial das principais variáveis do solo; c) transferência entre fases; e d) bioacumulação (KABATA-PENDIAS, 1993). Essa bioacumulação é geralmente realizada por microrganismos e vegetais.

2.2 – Resíduos agroindustriais como biossorventes

A busca por alternativas para o uso dos resíduos agroindustriais cresceu significativamente nas últimas décadas pesquisas sobre a utilização desses resíduos para a remediação de áreas contaminadas pelo processo de adsorção. Os métodos baseados na adsorção têm a vantagem de serem versáteis e acessíveis. No entanto, o material adsorvente pode encarecer o processo, como é o caso do carvão ativado, que é o material mais popular usado como adsorvente, sendo muito eficiente, mas a sua ampla utilização para o tratamento de efluentes em grande escala é limitada devido ao seu custo (DEBRASSI et al., 2011; IBRAHIM et al., 2010).

No sentido de reduzir gastos e ampliar a utilização do processo de adsorção, fontes alternativas têm sido investigadas, como uso de resíduos/coprodutos, os quais são biossorventes eficientes de baixo custo (MIMURA et al., 2010). No Brasil, algumas pesquisas recentes têm comprovado a viabilidade de coprodutos na remoção de metais pesados em efluentes contaminados (GONÇALVES,2013).

Diferentes tipos de biomassa podem ser usados como biossorventes para sequestrar contaminantes tóxicos de compartimentos ambientais: bactérias, algas, fungos, derivados de plantas e animais (GARDEA-TORRESDEY et al.,

2004).

A tabela 1 enfatiza alguns estudos relacionados ao uso de resíduos da agroindústria no processo de adsorção de metais tóxicos.

Tabela 1: adsorção de metais pesados utilizando resíduos agroindustriais

Referências	Notas
ANNADURAI et al (2002)	Cascas de banana e laranja
MEUNIR et a (2003)	Casca de cacau
MONTANHER et al (2005)	Casca de arroz
DOS SANTOS et al (2011)	Bagaço de cana-de-açúcar in natura e modificado
SOUZA et al (2012)	Resíduos de Laranja (bagaço, casca)
VASCONCELOS et al (2017)	Raízes de Mandioca (Manihot esculenta Crantz)

Fonte: autores. (2022)

Portanto, considerando as características e vantagens atribuídas ao processo de biossorção, as tentativas em encontrar novos materiais adsorventes que sejam técnica e economicamente viáveis tornam-se fundamentais (DOS SANTOS et al., 2010). Sendo assim é de grande importância encontrar resíduos agroindustrial viável no processo de adsorção de metais tóxicos que visem a remediação do ecossistema.

2.3 – Contaminação ambiental por metais pesados

É perceptível que a problemática envolvendo a contaminação por metais pesados no meio ambiente tem se tornado interesse a nível mundial, visto que, os padrões atuais da sociedade têm aumentado drasticamente a demanda por produtos e serviços de vários segmentos industriais afim de suprir as necessidades de uma sociedade moderna e globalizada.

De acordo com Jardim et al. (2009), a crescente procura e consequente produção e utilização de novos produtos pela sociedade moderna têm como principais consequências a geração e o acúmulo de compostos químicos indesejáveis no ambiente. Diante disso, medidas de avaliação e monitoramento ambiental com vistas à orientação das ações antrópicas nas áreas de influência sobre o reservatório, principalmente no que diz respeito ao teor de metais pesados no solo e sua presença na água, são de extrema importância para a

qualidade dos recursos hídricos.

Nesse contexto, os metais tóxicos estão entre os mais preocupantes, já que vários processos têm produzido resíduos ricos nesses elementos, tais como mineração e fundição, produção de energia e combustível, aplicações de fertilizantes e pesticidas, indústria metalúrgica, galvanoplastia, eletrólise, fotografias, fabricação de aparelhos elétricos etc. (WANG; CHEN, 2009), além de os metais apresentarem toxicidade por não se degradarem de forma natural e acumularem-se nos tecidos vivos, causando vários distúrbios e doenças (IBRAHIM et al., 2010; PEHLIVAN et al., 2008; HORSFALL et al, 2003).

Para Sollito (2010) afirma que fontes antropogênicas podem contaminar o solo, sendo as atividades urbanas e a agricultura as mais impactantes. O uso intensivo do solo associado ao frequente uso de agroquímicos e fertilizantes pode ser fonte de contaminação por metais, tais como Cu, Ni, Zn e Cd, acumulando-os na camada superficial do solo.

No processo natural, os metais entram no ambiente devido ao intemperismo das rochas, lixiviação de solos e atividade vulcânica. Os metais presentes em minerais e rochas são geralmente formas inofensivas e tornam-se potencialmente tóxicos apenas quando se dissolvem na água (AGUIAR et al., 2002), o que torna a contaminação dos solos e da água com os metais pesados uma das poluições que têm trazido grande preocupação aos pesquisadores e órgãos governamentais envolvidos no controle de poluição (OLIVEIRA et al., 2001).

Desta forma, Khan et al. (2013) avaliaram as concentrações de Cd, Cr, Cu, Mn, Ni e Zn no solo, em frutas (maçã, pêra, caqui e noqueira), em grãos (milho, trigo e arroz) e em legumes (abóbora, batata, tomate, fava, melão, quiabo e cebola) no distrito de Swat, norte do Paquistão e seu possível risco à saúde humana. Estes observaram a seguinte ordem de contaminação nos solos Mn>Ni>Cr>Cu>Zn>Cd, e uma forte correlação entre os seus teores nos solos e os presentes nas frutas, grãos e legumes avaliados. O estudo mostrou que apenas o Cd apresentou um alto índice de risco à saúde dos consumidores, sendo sua concentração a mais elevada em 95 % dos frutos e em 100 % das amostras de vegetais estudados.

Diversas pesquisas vêm relacionando aspectos de contaminação dos solos

e plantas com possíveis impactos à saúde humana pelas diversas vias de absorção. Liu et al. (2013) relacionaram estes aspectos e concluíram que contaminações por metais (Pb, Cd, Cr e As) em vegetais e solos correlacionam-se significativamente, podem causar danos potenciais à saúde humana, através da transferência destes elementos na cadeia alimentar.

Além disso, o acúmulo de metais tóxicos nos tecidos vegetais que podem provocar modificações em vários processos metabólicos das plantas, como a redução na taxa fotossintética líquida, acarretando diminuição no crescimento e na produtividade, diminuição na concentração de carboidratos solúveis totais, e ainda, um declínio significativo na concentração de proteínas e atividades enzimáticas, sugerindo uma possível interferência de íons metálicos na síntese de proteínas (ALMEIDA et al., 2007). Nos animais, os metais pesados tóxicos atuam em reações altamente específicas, enzimáticas em sua maioria, e alterações no sistema que envolve essas reações, resultando em efeitos negativos.

Ressalta-se ainda que de acordo com Menezes (2014) a Resolução CONAMA 357/2005, estabelece padrões para qualidade de água, nas diferentes classes de água, para substâncias orgânicas e inorgânicas, dentre elas os metais pesados. As classes estabelecidas na resolução são para água doce, água salobra e água salgada, variando de acordo com o uso a qual são destinadas, sendo elas classe especial, classe 1, 2 e 3. De maneira geral, os teores máximos estabelecidos de substâncias orgânicas e inorgânicas se elevam ou são mantidos da classe 1 para a classe 3. Quando um corpo de água apresenta uso nas diferentes classes, opta-se por adotar o teor máximo permitido na classe 1, por ser o mais restritivo de acordo com a Resolução COMANA 357/2005.

Com relação aos metais pesados em estudo, para águas doces da classe 1 (águas destinadas ao abastecimento após tratamento simples, a irrigação de hortaliças consumidas cruas e frutas rentes ao chão), são estabelecidos como valor máximo os teores totais de 0,001 mg/L de Cd, 0,01 mg/L de Pb, 0,05 mg/L de Cr, 0,1 mg/L de Mn e 0,025 mg/L de Ni e os teores dissolvidos de 0,009 mg/L de Cu e 0,3 mg/L de Fe.

Para o sedimento, não existe legislação específica no Brasil, no entanto,

diversos pesquisadores, entre eles Alves et. al. (2010), Baggio e Horn (2011), Lima e Santos (2012), utilizam teores orientadores estabelecidos pela resolução do CONAMA para solo.

3. Considerações Finais

Diante dos fatos expostos foi possível compreender, caracterizar e relatar sobre a importância dos resíduos agroindustriais no processo de adsorção, assim como correlacionar ao uso aos metais pesados, percebeu-se a larga escala da utilidade de diversos tipos de coproduto de origem agroindustrial como, por exemplo, raízes de mandioca, casca de banana e laranja, casca de cacau e dentre outros tipos de resíduos, ou seja, há uma variabilidade muito ampla de se utilizar esses resíduos com adsorventes de metais pesados.

Além disso, diante das pesquisas já realizadas acerca dos resíduos agroindustriais apontaram que eles apresentam as características físicas e químicas necessárias para ser utilizado como adsorventes alternativos podendo atuar na remediação de efluente contaminados, ressalta-se ainda que esses resíduos tem alta disponibilidade e são coprodutos industriais.

Em seu trabalho Gonçalves (2013) relata que além desses resíduos serem utilizados como materiais adsorventes, afirmou a importância de estudos relacionados à possível aplicabilidade deles como matriz na incorporação de macro e micronutrientes, que poderiam ser adicionados e devolvidos ao solo, configurando um sistema de adubação.

Logo, torna-se necessário que mais pesquisas sejam realizadas afim de incentivar o uso e aplicabilidade dos resíduos agroindustrial seja na remoção de metais pesados, na incorporação de nutrientes ou em outros meios ambientalmente adequado, pois, o intuito é desenvolver mecanismo que sejam capazes de promover um ecossistema justo e equilibrado para as próximas gerações.

Referências

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES. A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais

pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 1145-1154, nov./dez. 2002.

ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O. O.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e efluentes, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Rev. Ambiente & Água - An Indisciplinary Journal of Applied Science**. v.5. n.6. 2010. p.122-132.

ALMEIDA, A. F. et al. Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 2, p. 83-98, 2007.

AHALYA, N.; RAMACHANDRA, T.V.; KANAMADI, R.D. Biosorption of heavy metals. Research. **Journal Chemistry and Environment**, v.7, n.5, p-71-79,2003)

ANNADURAI, G., JUANG, R.S., LEE, D.J. Adsorption of heavy metals from water using banana and Orange peels. **Water Science e Technology**, v.47, n.1, p.185-190,2002.

BAGGIO, H.; HORN, A. H. **Fonte, distribuição e características geoquímicas dos sedimentos de corrente do rio do Formoso – MG**. Geoambiente online. n.16. 2011.p. 53-65.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução do nº 357 de 17/03/05**. Brasília: Brasil. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 20/10/22.

DEMIRBAS, A. Heavy metals adsorption onto agro-based waste materials: A review,**Journal of Hazardous Materials**, v.157, p.220-229,2008.

DEBRASSI, A.; LARGURA, M. C. T.; RODRIGUES, C. A., Adsorção do corante vermelho congo por derivados de O-carboximetilquitosana hidrofobicamente modificado. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 764-770, mar. 2011.

DOS SANTOS, V. C. G. et al. Assessment of chemically modified sugarcane bagasse for lead adsorption from aqueous medium. **Water Science & Technology**, v. 62, n. 2, p. 457-465, 2010.

FENG, N.; GUO, X.; LIANG, S.; ZHU, Y.; LIU, J. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by chemically modified Orange peel. **Journal of Hazardous**

Materials, v.185, n.1, p.49-54,2011.

GARDEA-TORRESDEY, J. L.; ROSA, G.; PERALTA-VIDEA, J. R. **Use of phytofiltration technologies in the removal of heavy metals: A review. *Pure and Applied Chemistry***, v. 76, n. 4, p. 801-813, 2004.

GONÇALVES Jr. A.C. Descontaminação e monitoramento de águas e solos na região amazônica utilizando materiais adsorventes alternativos, visando remoção de metais pesados tóxicos e pesticidas. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, 2013.

HORSFALL, M. Jr; ABIA, A. A.; SPIFF, A. I. Removal of Cu (II) and Zn (II) ions from wastewater by cassava (*Manihot esculenta* Cranz) waste biomass. **African Journal of Biotechnology**, v. 2, n. 10, p. 360-364, out. 2003.

IBRAHIM, M. N. M. et al. A novel agricultural waste adsorbent for the removal of lead (II) ions from aqueous solutions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 182 n. 1-3, p. 377-385, out. 2010.

JARDIM, I.C.S.F., ANDRADE, J. A., QUEIROZ, S.C.N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. **Química Nova**. v.32. 2009. p.996-1012.

KABATA-PENDIAS, A. AND PENDIAS, H., (1993) **Biochemistry of trace elements**. PWN Warsaw, Polish Kiehl, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KHAN, K.; LU, Y; KHAN, H; ISHTIAQ, M; KHAN, S; WAQAS, M; WEI, L; WANG, T. **Heavy metals in agricultural soils and crops and their health risks in Swat District, northern Pakistan**. Food and Chemical Toxicology. v.58. 2013. p. 449–458.

LIU, X; SONG, Q; TANG, Y; LI, W; XU, J; WU, J; WANG, F; BROOKES, P.C. Human health risk assessment of heavy metals in soil–vegetable system: A multi-medium analysis. **Science of the Total Environment** v.463. 2008. p.530–540. 2013.

LIMA, A. M.; SANTOS, F. F. Análise das Propriedades Físico-Químicas e de Metais potencialmente Tóxicos na Água do Rio Claro, Próximo a Cidade de Jataí – GO. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v.14. n. 2. 2012. p. 239-255.

LEZCANO, J. M. Sorption and desorption of Cd, Cu and Pb using biomass from a eutrophized habitat in monometallic and bimetallic systems. **J.of**

Env.Man., v. 92, n. 10, p. 2666-2674, jul. 2011

MENEZES, F. J. de S. **Teores de metais pesados na região do entorno do Lago de Sobradinho – BA** / Flávia Jussara de Santana Menezes. -- Juazeiro, 2014.

MEUNIR, N.; LAROULANDIE, J.; BLAIS, J.F.; TYAGI, R.D. Cocoa shells for heavy metal removal from acidic solutions. **Bioresource Technology**, v.90, n.3, p.255-263,2003

MIMURA, A.M.S.; VIEIRA, T.V.A.; MARTELLI.P.B.; GORGULHO,H.F. Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu^{+2} , Al^{+3} , Ni^{+2} e Zn^{+2} . **Química Nova**, v.33, n.6, p.1279-1284,2010

MONTANHER, S.F.; OLIVEIRA, E.A.; ROLLEMBERG, M.C. Removal of metal ions from aqueous solutions by sorption onto rice bran. **Journal of Hazardous Materials**, v.117, n.2-3, p.207-211,2005.

PEHLIVAN, E., et al. Equilibrium isotherm studies for the uptake of cadmium and lead ions onto sugar beet pulp. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 9, p. 3520-3527, 2008.

PRASAD, M. N. V. **Trace Elements as Contaminants and Nutrients: Consequences in Ecosystems and Human Health**. ed. Wiley. 2008. 790 p.

ROYCHOWDHURY, A.; DATTA, R.; SARKAR, D. Heavy Metal Pollution and Remediation. **Green Chemistry**, [s.l.], p.359-373, 2018. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-809270-5.00015-7>.

SOLLITTO, D.; ROMIC, M.; CASTRIGNANÒ, A.; DAVOR ROMIC, D.; BAKIC, H. **Assessing heavy metal contamination in soils of the Zagreb region (Northwest Croatia) using multivariate geostatistics**. *Catena*. v.80. 2010. p.182–194.

SOUZA, J. V. T. M. et al. Adsorção de cromo (III) por resíduos de laranja in natura e quimicamente modificado. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 03-16, 2012.

WUANA, R. A.; OKIEIMEN, F. E. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. **Isrn Ecology**, [s.l.], v. 2011, p.1-20, 2011. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.5402/2011/402647>.

WHO - World Health Organization. **Arsenic and Arsenic Compounds. Environmental Health Criteria.** Geneva, (2001) 224.

YAMAMURA, A.P.G et al. **Remoção de um radionuclídeo usando um biossorvente.**2006