

UTILIZAÇÃO DA CASCA DE BANANA COMO BIOSSORVENTE PARA ADSORÇÃO DE METAIS PESADOS VIABILIZANDO SUA UTILIZAÇÃO EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA INDÚSTRIA GALVÂNICA.

JEFERSON SANTOS SANTANA, BIANCA RODRIGUES DOS SANTOS,
BRENDA DE OLIVEIRA RESENDE

RESUMO: A contaminação por metais pesados está cada vez mais intensa no meio ambiente tornando-se um grave problema ambiental e isto ocorre principalmente devido aos efluentes ou águas residuárias oriundas das indústrias químicas e em menor escala por outras instituições e atividades. Porém os métodos para a remoção desses metais nem sempre são eficazes removendo completamente os poluentes, além de terem um custo muito elevado. Tendo este conhecimento foi realizado um estudo utilizando as cascas de banana do tipo nanica e prata como bioissorventes para a adsorção de metais pesados em águas residuárias de perfil da indústria galvânica, podendo assim substituir os produtos de alto custo como o carvão ativado, tornando-se uma alternativa promissora para a remoção dos metais pesados. O objetivo da pesquisa é comprovar a eficácia das cascas de banana na adsorção dos metais pesados, são eles: chumbo (Pb), níquel (Ni), ferro (Fe), cobre (Cu) alumínio (Al) e bário (Ba). Para o processo de adsorção dos metais, as cascas foram secas e trituradas transformando-as em fibras bioissorventes sendo aplicadas diretamente com a solução efluente por contato. Os resultados satisfatórios obtidos foram determinados pelo método de espectrofotometria através do equipamento espectrofotômetro.

Palavras-Chave: metais pesados; águas residuárias; bioissorventes.

ABSTRACT: Heavy metal contamination is becoming increasingly intense in the environment, becoming a serious environmental problem and this is mainly due to effluents or wastewater from the chemical industries and to a lesser extent by other institutions and activities. However, the methods for removing these metals are not always effective in removing pollutants completely and are very costly.

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

Having this knowledge, a study was carried out using the nanica and silver banana peels as biosorbent for the adsorption of heavy metals in wastewater of the galvanic industry, thus being able to replace the high cost products such as activated carbon, becoming an alternative promising for the removal of heavy metals. The objective of this research is to prove the effectiveness of banana peels in the adsorption of heavy metals, namely: lead (Pb), nickel (Ni), iron (Fe), copper (Cu) aluminum (Al) and barium (Ba). For the metal adsorption process, the peels were sun-dried and ground to biosorbing fibers and exposed on the surface of contact with the aqueous solution. The satisfactory results obtained were determined by the spectrophotometry method through the spectrophotometer equipment.

Keywords: heavy metals; wastewater; biosorbents

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

1.1 *A água e suas propriedades*

A água é um recurso natural essencial para a nossa existência, sendo fundamental para à manutenção da vida, todos os seres vivos dependem dela para a sua sobrevivência. Conforme Ministério do Meio Ambiente (2010) a Terra possui cerca de 70% de sua superfície coberta pela água no estado líquido e sólido. A forma gasosa é constituinte da atmosfera, estando presente em toda parte.

“Paralelamente a água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem mais de 60% do seu peso são constituídos por água” (VON SPERLING, 2005).

Ela possui ponto de fusão, de ebulição e de calor de vaporização maiores que de outros solventes e isso se dá devido às atrações entre moléculas de água adjacentes que dão à água líquida a grande coesão interna.

As propriedades coligativas (pontos de fusão e ebulição, pressão de vapor e pressão osmótica) dependem do número de partículas dissolvidas (íons,

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

moléculas), e não das suas massas moleculares ou propriedades químicas (LEHNINGER et al., 2002).

Seus componentes químicos são o hidrogênio (H) e oxigênio (O), a molécula desta substância é formada dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio por ligações covalentes (H-O-H), onde os elétrons dos átomos são compartilhados. Quimicamente, a água é anfótera, ou seja, pode agir tanto como ácido, quanto como base. Em pH 7 (meio neutro), a concentração de íons hidróxido (OH^-) é igual à dos íons hidrônio (H_3O^+) ou hidrogênio (H^+). Se esse equilíbrio for perturbado, a solução pode se tornar ácida (maior concentração de íons hidrônio) ou básica (maior concentração de íons hidróxido) (LEHNINGER et al., 2002). Valores elevados de alcalinidade estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2) na água. A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 (FUNASA, 2014).

A água é composta por alguns componentes, os quais alteram o seu grau de pureza envolvendo suas características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2005). O tratamento é feito justamente para eliminar ou minimizar as concentrações de substâncias, como por exemplo, os metais pesados existentes em corpos d' água ocasionados tanto por questões naturais ou por ações antrópicas, principalmente das indústrias. (REDDY, et al., 2010).

Sob influências antrópicas, os poluentes que podem ser encontrados nos corpos hídricos sob a forma de metais pesados são: cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), prata (Ag) e zinco (Zn), em elevadas concentrações estes tornam-se tóxicos e prejudiciais à saúde ocasionando doenças (REDDY, et al., 2010).

1.2 Perfil de águas residuárias das indústrias galvânicas

As águas residuais industriais são provenientes de algum processo de fabricação realizadas nas indústrias e são compostas principalmente por contaminantes, tornando-a água contaminada. Um dos impasses decorrentes das indústrias de galvanoplastia é a poluição dos sistemas aquáticos (VAZ,

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

2009), pois no processo de galvanização é utilizado soluções aquosas contendo metais pesados, como zinco (Zn), cromo (Cr), cádmio (Cd), entre outros. Entretanto os efluentes líquidos produzidos pela indústria galvânica são compostos com elevados níveis de metais pesados (COSTA, 1998; TCHOBANOGLIOUS et al., 1993 citado por PALÁCIO et al., 2014), materiais dissolvidos e suspensos, ocasionando em valores elevados na cor e turbidez da água (COLARES et., al; 2010; VAZ, 2009).

A galvanoplastia é o processo onde os materiais são revestidos por camadas metálicas para adquirirem uma proteção contra as intempéries, prolonga a vida útil, embeleza o material e melhora as propriedades superficiais para que possam atender as exigências do mercado. O revestimento é realizado para evitar a corrosão ou para fins estéticos por tornar o material aparentemente mais atrativo, além de aumentar a dureza e a condutividade das superfícies (MOREIRA PINTO, FELIPE, 2012).

A Figura 1 apresenta a sequencia de processos envolvidos na galvanoplastia, o qual cada transição de processos é caracterizado pela aplicação de enxagues envolvendo águas. Os resíduos gerados pelas as indústrias galvânicas quando não tratados, poluem o meio ambiente (solo, ar, água) contaminando os organismos vivos por causa do seu potencial bioacumulativo (NOGUEIRA, 2008).



Figura 1- Fluxograma do processo de galvanoplastia

Fonte: Adaptada da Revista TAE (2014)

Esses efluentes líquidos devem ser separados conforme suas propriedades químicas da rede pluvial, através de tubulações destinadas aos tanques de adensamento que ficam nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE'S)

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

(PONTE, 2015). Muitas das vezes são lançados diretamente ao curso d'água sem passar por nenhum tipo de tratamento impactando de forma negativa.

As águas residuárias das indústrias galvânicas (efluentes líquidos) contêm substâncias extremamente tóxicas, pois o processo produtivo mais comum na galvanoplastia é a decapagem, enxágue, fluxagem, imersão do metal fundido e o resfriamento onde utilizam-se metais como Cr, Ni, Zn, Cd, Cu, Ag, Au, Sn, Pb e algumas ligas, como Latão (Cu e Zn) e Bronze (Cu e Sn) (SANCHES, 2016). Para proteger e reforçar esses metais durante o processo são utilizados alguns ácidos como ácido clorídrico, ácido sulfúrico, soda cáustica entre outros. Estes processos de galvanização podem resultar em graves problemas de poluição ao meio ambiente e ao ser humano, pois acima de determinadas concentrações, esses metais podem ser extremamente tóxicos (VAZ et al, 2010).

As doenças ocasionadas pela ingestão desses metais pesados através dos alimentos e da água são: irritações, úlceras estomacais, diarreias, problemas respiratórios, doenças degenerativas, sistema imunitário enfraquecido e em casos mais sérios podem levar a óbito (VIRGA, 2007).

1.3 Processos utilizados para a remoção de metais pesados

Atualmente os grandes geradores de águas residuárias são as indústrias. O tratamento correto e eficaz é de extrema importância para minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, especialmente para aqueles que possuem metais pesados em sua água residuária, visto que estes poluentes exigem métodos específicos para a sua retirada (BANDEIRA, 2007).

Segundo PINO (2005) Os processos mais utilizados em tratamentos de águas residuárias:

- Troca iônica: São utilizadas resinas sintéticas de troca de íons, estas resinas roubam os íons presentes na solução através de uma reação química fazendo que se concentre;
- Tratamento eletroquímico: São utilizadas correntes elétricas para desestabilizar os contaminantes presentes na solução aquosa, fazendo com que haja reações químicas que conduzem os

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

contaminantes deixando-os estáveis, precipitando a remoção por eletroflotação;

- Separação de membranas: São utilizadas membranas sintéticas porosas para filtração que filtram os sais dissolvidos na água;
- Precipitação: Há uma mudança precipitada de PH, quando é utilizado normalmente algum produto químico.

Alguns tratamentos tais como: precipitação química e filtração, oxidação e redução química e biológica, troca iônica e adsorção podem ser feitos em laboratório e os demais são realizados por empresas especializadas devido à complexidade (VITTA, 2012). Em sua grande maioria os tratamentos de água e efluentes utilizam a técnica de adsorção por ser eficiente na remoção de moléculas (SCHWANKE, 2003; NOGUEIRA, 2010)

A adsorção pode ser classificada como processo químico ou físico por causa da presença de diferentes forças de interação. No processo químico predomina a formação de ligações químicas entre adsorvente e adsorvato, modificando a estrutura das moléculas adsorvidas. No processo físico, o adsorvente e adsorvato se conectam em uma interação mais leve prontamente reversível (CIOLA, 1981).

A biossorção é um processo passivo que ocorre por meio de interações físico-químicas entre os grupos funcionais contidos na superfície da biomassa e os íons metálicos. Ele é relativamente rápido e pode ser reversível. A biossorção é um processo que envolve as seguintes etapas: adsorção, separação, sólido-líquido e possível regeneração da biomassa e recuperação do metal (PINO, 2005).

1.4 Adsorventes aplicados ao tratamento de águas residuárias

O adsorvente mais utilizado é o carvão ativado, porém seu custo é elevado e com o propósito de diminuir os custos do processo de tratamento, são realizadas tentativas e métodos na busca de descobrir adsorventes alternativos que possuam menor custo (CIONEK, 2013).

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

No Brasil são produzidos muitos subprodutos que são resultantes de algum processo de fabricação como, por exemplo, coco verde (PINO, 2005), bagaços de cana-de-açúcar (GURGEL, 2007), bagaço de laranja (STROHER, 2008), casca de banana (CRUZ, 2009), caroço de manga (TELES, 2015) e entre outros. No entanto a disposição destes resíduos se torna um problema ambiental, pois mesmo que uma parte seja utilizada para alguns fins como, por exemplo, a compostagem, e ainda assim não é utilizada por completo sendo depositadas em aterros sanitários transformando-se em um passivo ambiental ou diminuindo a vida útil dos aterros (CAMPOS, 2003).

Estes resíduos são compostos por macromoléculas que se dividem entre naturais e sintéticas, as macromoléculas naturais são os glicídios, lipídios e proteínas que possuem sítios adsorptivos, capazes de adsorverem os metais (ARRUDA, 2003).

O material adsorvente tem a eficiência de interagir com as moléculas de resíduos poluentes adequando-se para tratamento de efluentes, fazendo a purificação de águas contaminadas por diversos contaminantes, tais como: agrotóxicos, metais, corantes e entre outros (LEMOS, 2012).

Uma das alternativas para o tratamento de efluentes, ou seja, de água residuárias contendo metais pesados é a utilização da biomassa da casca de banana por ter substâncias químicas (sacarose, glicose e vitaminas) que conseguem atuar como dos íons metálicos de efluentes líquidos (BUSKE, 2012). A Figura 2 apresenta as interações majoritárias entre o íon metálico e os grupos presentes na casca de banana (a) carboxila, (b) hidroxilas e (c) grupos fosfatos.

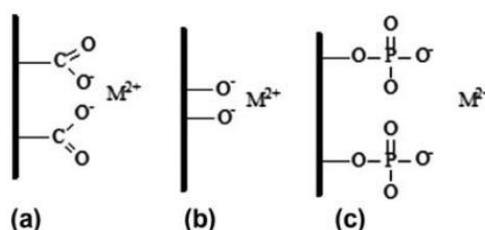


Figura 2 – interações majoritárias entre o íon metálico e os grupos presentes na casca de banana (a) carboxila, (b) hidroxilas e (c) grupos fosfatos (MASSOCATO, 2012)

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

A banana é utilizada na alimentação humana e animal, e tem grande importância econômica para o Brasil, pois é a segunda fruta mais importante na quantidade produzida, área colhida e consumo (EMBRAPA, 2004). E a sua casca equivale de 40 a 50% do peso da fruta, não sendo aproveitada na indústria (CRUZ, 2009).

A casca de banana é composta por 75 % de água e 25% de matéria, tornando-se fonte de vitaminas A e C, potássio, cálcio, ferro, sódio, magnésio, zinco e cobre. A fibra da casca de banana possui índices elevados de material orgânico e mineral, contendo amido, açúcares, lipídios, proteínas, umidade, ou seja, material rico em grupos funcionais orgânicos sendo eficiente na interação com íons metálicos (CRUZ, 2009).

A utilização da casca de banana como adsorvente reduz os impactos ambientais, visto que diminui a massa residual que acaba se transformando em poluente e resíduo devido ao acúmulo e podem ser usadas como um método alternativo para o tratamento de águas residuárias com metais pesados, sendo possível reutilizá-las (BONIOLO, 2008). Além de que todo o processo ocorre mesmo que as fibras de banana (biomassa) estejam inativas, ou seja, é independente de energia (PINO, 2005).

2. METODOLOGIA

A metodologia consistiu na utilização das cascas de bananas do tipo nanica e prata para o processo de adsorção através do método de superfície de contato, onde as amostras ficaram em contato com a solução contaminada por metais pesados (Fe, Ni, Cu, Ba, Al e Pb) por cerca de três semanas para posteriormente serem realizadas as análises espectrofotométricas avaliando seu comportamento e eficácia de remoção dos metais pesados na solução já filtrada pelo o bioadsorvente (casca de banana), todo o processo foi feito no Laboratório de Química do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU).

Os testes laboratoriais e o processo a partir das fibras da banana obtidas através de suas cascas foram desenvolvidos conforme metodologias apresentadas por BONIOLO (2008), CRUZ (2009) e ALFAYA (2002).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Equipamentos e reagentes

O equipamento utilizado para as análises espectrofotométricas UV-VIS é da marca BEL e a lâmpada de UV usada no teste foi uma lâmpada germicida UV-C de 15 W, marca Lightsources.

Todos os produtos (água destilada e carvão ativado) e reagentes (sais de metais) utilizados nos testes foram fornecidos pelo Laboratório de Química do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU).

3.2 Amostras

As amostras contendo as cascas de banana foram obtidas no mercado varejista das cidades de Cotia e Francisco Morato- São Paulo, no total foi utilizado duas dúzias de cascas de banana. As cascas de banana maduras (fibras) foram secas ao sol durante três dias em uma temperatura de 28°C a 30°C até apresentarem o estado de polifenoxidase que é o escurecimento da casca, isto acontece devido à oxidação enzimática dos compostos fenólicos que estão presentes em frutas e verduras (QUIMICA ALIMENTAR, 2019). Em seguida foram trituradas e peneiradas para retirar o excesso até ficarem fragmentadas, elas renderam cerca de 150g de fibra (biomassa). Já as amostras contendo o carvão ativado foram fornecidas pelo Laboratório de Química do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU).

As amostras galvânicas foram sintetizadas a partir da dissolução dos metais pesados: Chumbo (Pb), níquel (Ni), ferro (Fe), cobre (Cu), alumínio (Al), Bário (Ba) em água acidificada (pH aproximadamente igual a 5), a qual a Tabela 1 explana os metais e as concentrações usadas em seus preparos. As concentrações foram balizadas de acordo com pesquisas a respeito de efluentes de origem galvânica e estimadas para valores acima do permitido

Tabela 1- Metais pesados utilizados

Metais	Concentração (ppm)
Chumbo (Pb)	6160
Níquel (Ni)	8360
Ferro (Fe)	6640
Cobre (Cu)	7040
Alumínio (Al)	6800
Bário (Ba)	43080

3.3 Meio filtrante e formas de testes

Para a confecção do meio filtrante biossorvente e de carvão ativado foram utilizados 10g do material sólido em contato com 50 ml da solução galvânica sintética, mantendo-a sob situação estática, em contato por 21 dias. Posteriormente efetuou-se análises espectrofotométricas para comparação.

Para escolha de possíveis comprimentos de onda para posteriores estudos e verificação da eficácia efetuou-se processo de varredura espectrométrica da solução galvânica sob o formato de medição contínua variando-se os comprimentos de onda de 228 nm à 550 nm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando todo o processo de adsorção a qual as amostras foram submetidas, percebeu-se que houve a diminuição dos metais pesados na solução aquosa. A partir do espectro absorção no UV-VIS (Figura 3), constatou-se que há uma menor interação da amostra filtrada em casca de banana do que àquela filtrada propondo uma ausência deste metais frente à solução analisada. Os comprimentos de ondas inferiores à 240 não apresentaram variação devido a possibilidade de interação dos compostos e sua vizinhança frentes a UV próximo mascarando tais resultados.

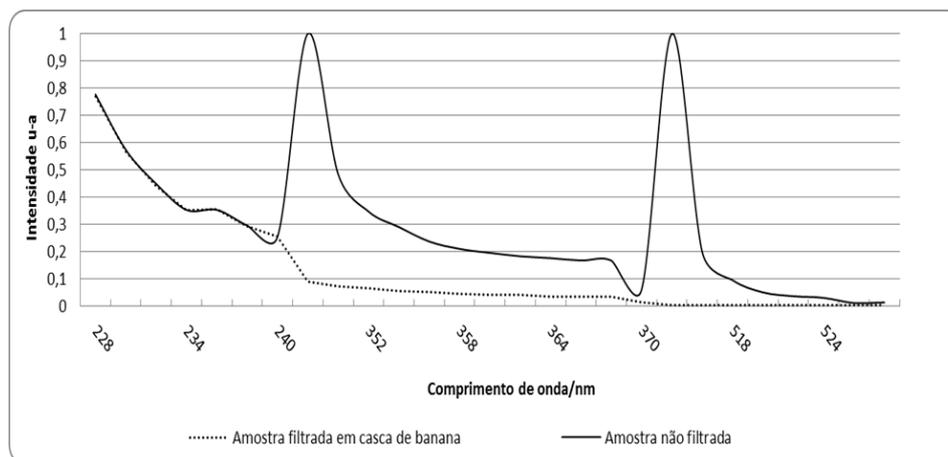


Figura 3 – Resultados obtidos após o processo de adsorção do material bioissorvente.

Tendo em vista o processo de adsorção da amostra filtrada em casca de banana comparada a amostra filtrada com carvão ativado, percebe-se que o comportamento e eficiência foi à mesma no comprimento pré determinado, conforme a Figura 4 evidencia.

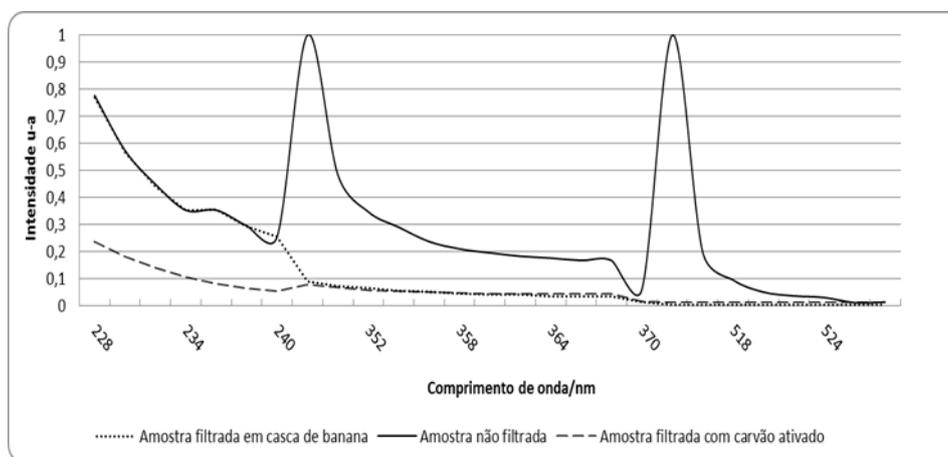


Figura 4- Espectro de absorção no UV-VIS amostra filtrada em casca de banana

Conforme os resultados obtidos, é possível notar que o material bioissorvente (fibra da banana) obteve um ótimo desempenho, ou seja, houve a diminuição dos metais pesados na solução aquosa, comprovado pela sua comparação ao carvão ativado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos podemos concluir que a utilização da casca de banana como bioissorvente para a adsorção de metais pesados em águas residuárias da indústria galvanica é uma alternativa viável, mesmo em altas concentrações metálicas conforme adotado no método. Além de remover os pseudopoluentes, o bioissorvente caracteriza-se por possuir baixo custo e não precisa de energia para realizar todo processo devido à captura dos íons metálicos ocorrerem mesmo que a biomassa esteja inativa e estática, isto significa que mesmo sem ação do metabolismo do bioissorvente a energia é independente, aliás, não necessitam de modificação química superficial e podem ser recuperadas juntamente com o metal adsorvido.

Entretanto os resultados satisfatórios comprovam a viabilidade do bioissorvente, evidenciando que é possível ser feita a substituição do carvão ativado pela biomassa da banana, contribuindo para mitigação dos impactos negativos ocasionados pelas ações antrópicas e a degradação do meio ambiente seriam minimizados. Assim tais resultados possibilitam futuramente novas pesquisas considerando outros metais pesados ou outras formas de interação, para analisar seu comportamento e eficiência com relação ao processo de adsorção podendo se tornar um auxílio para outras pesquisas com o mesmo objetivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAYA, A. S; CRUZ, M.A; GUERRA, A.R; ISHIKAWA, D. N; ALFAYA, V.S (2002). Farinha da casca de banana: Um bioissorvente para metais pesados de baixo custo. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Química, Paraná.

ARRUDA, M. A. Z; TARLEY, C. R. T.. Adsorventes naturais: Potencialidades e aplicações da esponja natural (*luffa cylindrica*) na remoção de chumbo em efluentes de laboratório. Revista Analytica, v.4, 2003.

BANDEIRA, L. F. M.. Remoção de metal pesado de efluente aquoso através da combinação dos processos de osmose inversa e adsorção. Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BONIOLO, M. R.. Bioissorção de urânio nas cascas de banana. Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade De São Paulo, São Paulo, 2008.

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

BUSKE, J. L.; JOAO, J. J.. Biomassa Residual: Utilização da casaca de banana como adsorvente de metais pesados em efluentes líquidos industriais. Iniciação Científica, UNISUL, Santa Catarina, 2012.

CAMPOS, A. R. N.. Enriquecimento protético do bagaço do pedúnculo de caju por cultivo semi-sólido. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 5, n. 2, 2003.

CIOLA, R.. Fundamentos de catálise. Artigo, [S.L], São Paulo, 1981

CIONEK, C. A.. Avaliação de carvões ativados de diferentes naturezas para adsorção de corante têxtil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2013

COLARES, C. J. G.; et. al.. Estudo de caso do tratamento de efluentes líquidos gerados no processo de galvanoplastia. Iniciação Científica, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2010

COSTA, C. A.. Adsorção de Íons Cobre, Níquel e Zinco com o Rejeito do Beneficiamento de Carvões e Outros Materiais Alternativos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CRUZ, M. A. R.. Utilização da casca de banana como biossorvente. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2009.

EMBRAPA (2004). Fermentação. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadecucar/arvore/contag01_10_5_22122006154841.html>. Acesso em: 01 de out. 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false>. Acesso em: 19 de fev. 2019.

GURGEL, L. V. A.. Mercerização e modificação química da celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidrido succínico e trietilenotetramina: Preparação de novos materiais quelantes para adsorção de Pb (II), Cd (II), Cr (VI) e Cu (II). Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2007

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Gestão Ambiental. Governo do Rio de Janeiro. Galvanoplastia. 2 Edição; 48 p; Rio de Janeiro, 2014.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M.. Princípios de bioquímica. 4 edição: Editora Sarvier, 975 p, São Paulo, 2002

LEMOS, C. C.. Formulações Matriciais é base quitosana: estudo de adsorção e liberação de corantes. Dissertação de Mestrado em Química, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2012.

MASSOCATO, C. L.; PASCHOAL, E. C.; BUZINARO, N.; OLIVERIA, T. F.; TARLEY, C. R. T.; CAETANO, J.; GONCALVES, A. C.; DRAGUNSKI, D. C.; DINIZ, K. M.. Preparation and evaluation of kinetics and thermodynamics studies of lead adsorption onto chemically modified banana peels. Desalination and Water Treatment, v.51, 2013.

NOGUEIRA, F. C. B.; et al.. Sementes de Moringa Oleifera e extrato de quiabo no tratamento de efluentes urbanos e industriais. In: II Encontro Nacional de Moringa, 1-4 p, Aracajú, Sergipe, 2010

NOGUEIRA, L. S.; PASQUALETTO, A.. Plano de Prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia. Departamento de Engenharia de Engenharia Ambiental, p 1-28, Goiânia, Goiás, 2008.

PONTE, H. A.. Tratamento de efluentes líquidos de galvanoplastia. Universidade do Paraná, Paraná, 2015.

PINO, G. A. H.. Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (cocos nucifera). Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de materiais, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005.

PINTO, F. M.. Resíduo de lodo galvânico. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2012.

QUIMICA ALIMENTAR. Escurecimento enzimático em alimentos. Disponível em: <<https://www.quimicalimentar.com.br/escurecimento-enzimatico-em-alimentos/>>. Acesso em: 02 de nov. 2019.

REDDY.; Et. al.. Tratamento de efluentes-remoção de metais. Artigo, [S.L], Malásia, 2010.

SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020.

REVISTA TAE. Tratamento de efluente líquido de galvanoplastia. Disponível em: < <http://www.revistatae.com.br/8021-noticias>>. Acesso em 10 de nov. 2019.

SCHWANKE, R. O.. Determinação da difusividade de hidrocarbonetos aromáticos em zeólitas Y por métodos cromatográficos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química –PPGEQ, Universidade Federal de Santa Catarina.UFSC, 2003.

SPERLING, M. V.. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 443 p, 3 Edição. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2005.

STROHER, A. P.. Tratamento por adsorção em bagaço de laranja de um efluente da indústria têxtil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2008.

TELES, I. M. O.. Elaboração de um filtro oriundo do caroço da manga no tratamento e qualidade da água obtida para o consumo humano. Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2015.

TCHOBANOBLOUS, G.; et al.. Integrated solid waste management engineering principles and management issues, McGraw Hill, 1993.

VAZ, L. G.. Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2009.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H.. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.27, n.4, 2007.

VITTA, P. B. D.. Gerenciamento de resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa: procedimentos gerais. Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.