



AVALIAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO OBTIDO DA CASCA DO CUPUAÇU (*THEOBROMA GRANDIFLORUM*) PARA REMOÇÃO DE ÓLEO

Jéssica Pinheiro Ferreira¹
Janaina Rafaella Scheibler²
Jacqueline Pereira Gomes³

RESUMO

A contaminação gerada pela presença de óleos minerais e vegetais nos corpos d'água resultou em preocupações devido à sua difícil segregação. Diante disto esta pesquisa teve como principal objetivo analisar a viabilidade da utilização da casca do Cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*) como bioadsorvente com capacidade para remoção de óleo. O poder adsorativo do carvão obtido foi analisado segundo o teste de Inchamento de Foster e no método Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents normas ASTM F716-82 e ASTM F726-99. Para o teste de Inchamento de Foster, foram adicionados 1 grama do carvão a uma proveta contendo óleo. O experimento foi realizado em duas etapas, uma sem agitação e outra com agitação, deixando em repouso por um período de 24, 48 e 72 horas. Para o método Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents, foram adicionados 1 grama do carvão a uma cesta confeccionada com malha ABNT 200, e colocada em um béquer contendo óleo até uma altura de 2 cm, deixando-o em repouso por 5 minutos, posteriormente, realizou-se a leitura da adsorção a partir de uma equação. Após a realização dos testes de inchamento, o carvão resultou em 7 mL de ampliação, caracterizado pela tabela de LMPSol para o Inchamento de Foster, como um inchamento médio. Para o teste de poder adsorativo do carvão, o mesmo resultou em uma alta porcentagem de 74,4%, em comparação aos testes geralmente realizados com argilas, concluindo assim que, o carvão apresenta uma considerável capacidade de adsorção.

Palavras-chave: Casca de Cupuaçu, Óleo, Bioadsorvente, Carvão ativado.

INTRODUÇÃO

O conhecimento fomentado pelo homem e a necessidade de crescimento e desenvolvimento, resulta nas mais diversas formas de manipulação dos recursos naturais dispostos afim de atingir tais objetivos impostos. Dentre esses recursos tem-se a utilização de óleos-minerais ou vegetais, nos quais vem gerando conflitos devido a dificuldade para seu tratamento final, visto ser uma substância de difícil manipulação.

À medida em que aumenta a demanda de produção e utilização de óleos, tem-se a problemática sobre o destino final do mesmo, muitas vezes o seu descarte é realizado de forma incorreta, ocasionando principalmente na contaminação do solo, e também dos corpos hídricos, que por apresentar diferença de polaridade e densidade em relação a água, não permite sua

¹Graduada do Curso Tecnológico em Gestão Ambiental do Instituto Federal do Amapá-IFAP, jessica.pf41@gmail.com;

²Professora Mestre do Instituto Federal do Ceará- IFCE, janainarafaella@gmail.com;

³Mestranda em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, jacquelinesolnet@hotmail.com.



diluição, assim como descreve Scheibler (2014), mesmo em pequenas quantidades, os contaminantes orgânicos tem elevado poder de impactar o meio ambiente, sendo contaminantes de difícil remoção, estáveis a luz, ao calor e biologicamente não degradáveis, resultando na diminuição da área de contato entre a superfície e o ar atmosférico, impedindo a transferência de oxigênio para a água.

A partir dessa observação, estudos vem sendo realizados afim de encontrar métodos para remoção dessa substância, como a adsorção a partir do uso de carvão ativado, um processo utilizado amplamente para purificar água, pois permite a retirada de materiais poluentes. Segundo Cruz (2010), dependendo do tipo de produção do carvão ativado, o mesmo pode ser utilizado de inúmeras formas no tratamento de resíduo com elevado potencial de degradação.

De acordo com Selomulya et al. (1999), o carvão ativado pode ser produzido com madeira, coque de petróleo e casca de coco, ou matérias primas que apresente capacidade carbonácea. A partir do uso de materiais orgânicos na produção de adsorventes, adquire-se os bioadsorventes, caracterizados pela manipulação de resíduos orgânicos, em sua maioria apenas descartados, afim de adquirir um material eficiente em poder adsortivo e de baixo custo.

A região Norte apresenta grande disponibilidade de matéria orgânica a partir do descarte de resíduos, dentre eles está o fruto conhecido como Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Conhecido popularmente como “cupu”, é um fruto originário da Amazônia, contendo uma casca dura e lisa de coloração marrom, que reveste o fruto, podendo medir até 25 cm. Em geral, todo o fruto pode ser usado, a polpa e a semente para fins alimentícios, e atualmente tem-se estudado formas de uso para a casca, como artesanato, compostagem e produção de energia a partir da queima da sua biomassa, aproximadamente 42% do cupuaçu é constituído de casca, que não tem interesse comercial, e geralmente é desprezada (GONDIM, *et al.*, 2001).

Tendo em vista o exposto, este trabalho propôs-se a analisar a viabilidade da produção de um bioadsorvente a partir do resíduo gerado pela casca do cupuaçu, com capacidade para remoção de óleo da água.

REFERENCIAL TEÓRICO

A disposição de óleos e graxas no corpo hídrico é considerada contaminante, pois o óleo não é capaz de se solubilizar em água, assim como afirma Finotti et al. (2001), “Os componentes do óleo diesel são hidrocarbonetos com 10 a 20 carbonos. Devido ao seu maior peso molecular os compostos do diesel são menos voláteis, menos solúveis em água e apresentam menor mobilidade no ambiente do que aqueles que compõem a gasolina.”



Segundo Orssatto et al. (2010. p. 250), “Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais [...]”.

A presença de óleo na água traz malefícios à vida aquática, pois segundo Toffolo et al. (2013. p. 66), “A presença de óleos e de graxas nos corpos hídricos acarreta problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.”

Busca-se ter conhecimento sobre o tipo de poluente e impactos causados, mas também para as medidas de remediação e controle desses danos. Visando um tratamento eficaz e sustentável, o processo de adsorção destaca-se como uma alternativa viável, por tratar-se de um método eficaz e econômico no tratamento de efluentes com poluentes orgânicos, sendo de interesse da comunidade científica que se pesquise por materiais de baixo custo, para serem utilizados industrialmente (MOREIRA et al., 2000).

A adsorção é uma operação de transferência de massa do tipo sólido-fluido na qual se explora a habilidade de certos sólidos em concentrar, na sua superfície, determinadas substâncias existentes em soluções líquidas ou gasosas, o que permite separá-las dos demais componentes dessas soluções (GONÇALVES, 2001). Nesse processo as moléculas presentes na fase fluida são atraídas para a zona interfacial devido à existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente (SILVA, 2016).

O processo de adsorção pode ser realizado com o uso de bioadsorventes. Silva e Taranto, (2000) definem bioadsorção como um processo de purificação em que materiais poluentes são removidos das soluções aquosas, através de adsorção por biomassas. Os bioadsorventes são adsorventes que podem ser produzidos a partir da queima de biomassa, no qual ocorre sua manipulação transformando-a em carvão ativado. A bioadsorção é um tipo específico de adsorção caracterizada pela utilização de materiais de origem biológica como adsorventes na remoção de um soluto de efluentes (SILVA, 2016).

Segundo Selomulya et al. (1999), o carvão ativado “Pode ser produzido a partir de matérias-primas com alto conteúdo carbonáceo como a madeira, coque de petróleo e casca e coco.” Sendo destacado o uso de matéria prima para produção de carvão ativado, a casca do fruto do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) apresenta grande potencial em relação a disponibilidade de biomassa.



Aproximadamente 42% do cupuaçu é constituído de casca, que não tem interesse comercial, e geralmente é desprezada (Gondim, et al., 2001). Quando esse material é jogado no meio ambiente, provoca danos, pelo desenvolvimento de microrganismos e substâncias nocivas ao meio.

Alvez, descreve o fruto do cupuaçu, como:

“Um fruto é uma baga drupácea, com as extremidades obtusas ou arredondadas, com dimensões variando entre 12 e 25 centímetros de comprimento e de 10 a 12 centímetros de diâmetro, pesando em média 1.200g; tem casca (epicarpo) dura, lenhosa, porém, facilmente quebrável, recoberta de pelos ferruginosos que quando raspado de leve, aparece uma camada clorofilada verde, indicativo de fruto maduro; o mesocarpo branco-amarelado, de 4 a 5 milímetros de espessura; a polpa (endocarpo), que é a parte comestível é de coloração amarela ou brancacenta, abundante, de sabor ácido e cheiro forte, agradáveis, envolve as sementes cujo número é bastante variável (pode chegar até a 50 unidades).”(ALVES et al., 2014)

Em geral, todo o fruto pode ser usado, a polpa e a semente para fins alimentícios, e atualmente tem-se estudado formas de uso para a casca, como artesanato, compostagem e produção de energia a partir da queima da sua biomassa. O uso dessa casca como adsorvente, trata-se de uma alternativa, de grande potencial e aplicabilidade.

METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória, de abordagem qualitativa e quantitativa, onde Gil (1999), defende a pesquisa exploratória como tendo o objetivo de desenvolver, esclarecer e modificar ideias e conceitos, afim de formular problemas mais precisos ou hipóteses para futuras pesquisas e estudos. Para a abordagem qualitativa e quantitativa, Malhotra (2001, p. 155) descreve que “a pesquisa qualitativa proporciona uma melhor visão e compreensão do contexto do problema, enquanto a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplica alguma forma da análise estatística”.

Foram coletadas 6 cascas de 6 unidades de Cupuaçu. Todo o processo foi realizado nos laboratórios de Química do IFAP– Campus Laranjal do Jari e Campus Macapá.

Para a obtenção do bioadsorvente realizou-se as seguintes etapas a saber:

1ª Etapa - Preparação das cascas e obtenção do pó

Inicialmente o fruto do cupuaçu foi aberto para retirada da polpa e a casca foi reservada. As cascas in natura, foram fragmentadas e levadas para secagem em estufa da marca DeLeo, a 110°C por 24 horas, necessário para retirada de qualquer umidade.

Após a secagem e pesagem, as cascas do cupuaçu foram trituradas em um liquidificador industrial até apresentarem o aspecto de pó, isso aumenta a área superficial da estrutura e facilita o processo de adsorção.



2ª Etapa - Ativação do carvão por solução de Ácido Clorídrico (HCl)

Para a ativação química da biomassa, foi preparada uma solução de HCl com concentração de 1 mol/L. A solução preparada foi transferida para um béquer de 2 litros, após, foram pesados 150 gramas do pó obtido anteriormente e adicionado gradualmente a solução, depois a solução com o pó foi submetida ao processo de lixiviação, que consistiu em levar o preparo para agitação na chapa de aquecimento a 100°C por 2 horas.

Para a ativação do carvão, foi utilizado um béquer de 2 litros e a capela de exaustão de gases, de acordo com as normas de segurança do laboratório, é necessária a realização desse processo em capela quando se trabalha com ácidos.

Após o processo de lixiviação, a solução foi levada novamente para estufa, por 10 horas a 110 °C, para secagem do pó ativado, preparando-o para o processo de calcinação.

3ª Etapa- Processo de calcinação

Foram realizados dois processos de calcinação, utilizando como recipientes para a queima da biomassa o Cadinho e um reator artesanal de aço inox com orifício na parte superior para liberação da fumaça produzida com a queima do material. Após a ativação química, 80g da biomassa ativado foram divididos em 8 cadinhos, e 80 gramas da biomassa ativada foram adicionadas ao reator, ambos levados para o forno mufla, no qual foram submetidos, em etapas diferentes, a uma temperatura de 800 °C por 4 horas, assim finalizando o processo de obtenção do carvão ativado.

Para calcular o rendimento do carvão obtido após o processo de calcinação, foi utilizado a Equação (1):

$$M2/M1 * 100 \quad (1)$$

Onde:

M1: massa inicial

M2: massa obtida

4ª Etapa- Testes de capacidade de adsorção

Para a realização dos testes afim de avaliar a capacidade de adsorção do carvão obtido, foi utilizado o óleo sintético da marca LUBREX SN 15W-40.

5ª Etapa - Método Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents normas ASTM F716-82 e ASTM F726-99

Em um béquer foi adicionado óleo até uma altura de 2 cm. Foram pesados 1 grama g-do material adsorvente e adicionados em uma cesta confeccionada em tela de aço inoxidável com malha ABNT 200 (abertura de 0,075), com 5 cm de largura e comprimento e 4 cm de altura, no



qual fora colocado dentro do recipiente contendo o óleo. O material foi deixado em contato com o óleo por 5 minutos.

Após esse tempo, a cesta foi retirada e deixada em repouso para escorrer o excesso de óleo e realizar uma nova pesagem. A quantidade de solvente adsorvido foi calculado pela Equação (2):

$$Ad = \left(\frac{P_1 - P_2}{P_2} \right) * 100 \quad (2)$$

Onde:

P1: peso do material após adsorção;

P2: peso do material adsorvente seco;

Ad: capacidade de adsorção para o fluído e o adsorvente testado.

5ª Etapa- Teste de Inchamento de Foster

O experimento foi realizado em duas etapas, no qual a primeira apenas com repouso e a segunda com agitação e novamente repouso.

Em uma proveta de 100 mL foi adicionado óleo até a atingir a marcar de 50 mL. Pesou-se 1 grama do material adsorvente e adicionou-se lentamente ao recipiente com óleo, deixando em repouso por 24 horas, após o tempo determinado, foi efetuado a leitura do inchamento sem agitação.

Sequencialmente, foi feita uma agitação manual, com bastão de vidro, durante 5 minutos e deixado em repouso por 24 horas, 48 horas e 72 horas, após esse tempo foram realizadas novas leituras para o inchamento com agitação.

O resultado do experimento foi analisado a partir dos parâmetros de avaliação adotados pelo Laboratório de Matérias Primas Particuladas e Sólidos Não Metálicos (LMPSol) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), disponibilizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Considerações adotadas pelo LMPSol para Inchamento de Foster

Inchamento	Faixa
Não-inchado	Igual ou inferior a 2 ml/g
Baixo	3 a 5 ml/g
Médio	6 a 8 ml/g
Alto	Acima de 8 ml/g

Fonte: Do autor, 2020.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carvão ativado

Para o primeiro método realizado com a ajuda de cadinhos, obteve-se a biomassa ativada com aspecto de cinzas, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Biomassa após calcinação no cadinho



Fonte: Do autor, 2020.

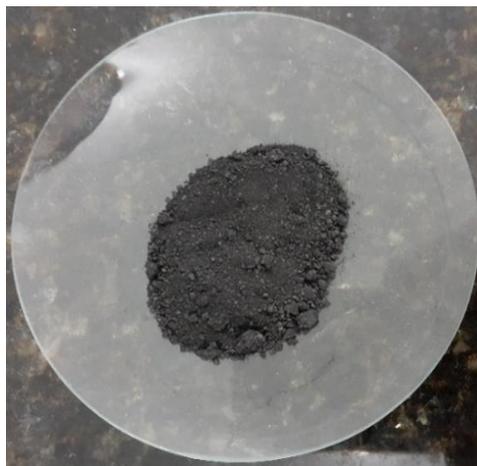
Figura 1 nota-se que não ocorreu a formação de carvão, o que sugere que o método utilizado não foi eficiente, não adquirindo o aspecto e características necessárias de carvão após calcinação, resultando apenas em cinzas. Em algumas literaturas é utilizado este método para o processo de calcinação do material orgânico, assim como apresentado na monografia de Souza (2019), no qual faz uso das cascas de laranja e maracujá para produção do bioadsorvente.

Com isso, foi desenvolvido um reator artesanal de aço inox para o processo de calcinação, onde por fim, o material apresentou as características necessárias de um carvão ativado, mostrando-se ser o método de calcinação mais eficaz para o tipo de biomassa trabalhada, concluindo que, para cada matéria orgânica é necessário a utilização de diferentes modelos e métodos para obter o material desejado.

Com o processo de calcinação, utilizando o reator, o material apresentou as características necessárias de um carvão ativado, como exibido na Figura 2, mostrando-se ser o método de calcinação mais eficaz para o tipo de biomassa trabalhada.



Figura 2 - Carvão obtido após calcinação em reator



Fonte: Do autor, 2020.

Com a realização dos processos, a calcinação utilizando o reator no qual foi adicionado 80g do material após ativação, resultou na obtenção de 17g de carvão ativado. A partir do cálculo realizado na Equação (1), o carvão obtido apresentou um rendimento de 21,25%, sendo considerado um bom rendimento.

- Capacidade de adsorção do bioadsorvente

Poder adsorativo segundo o Método Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents normas ASTM F716-82 e ASTM F726-99

Nas Figuras 3, 4 e 5 está apresentado o processo, onde apresenta o peso do material adsorvente antes e depois da adsorção. A Figura 3, apresenta o adsorvente ainda seco, antes do contato com o solvente, já na Figura 4, é mostrado o material em contato com o solvente utilizado para os testes, onde é seguido o tempo pré-determinado.

Figura 3 - Material adsorvente seco



Fonte: Do autor, 2020.

Figura 4 - Adsorvente em contato com o óleo



Fonte: Do autor, 2020



Com o contato, o adsorvente tem a tendência de atrair o solvente, no caso o óleo utilizado, processo pelo qual denominamos de adsorção. Nota-se a aderência ao carvão e o inchamento do mesmo. Na Figura 5 é exibido o material adsorvente após o contato com o óleo.

Figura 5 - Adsorvente após contato com o óleo



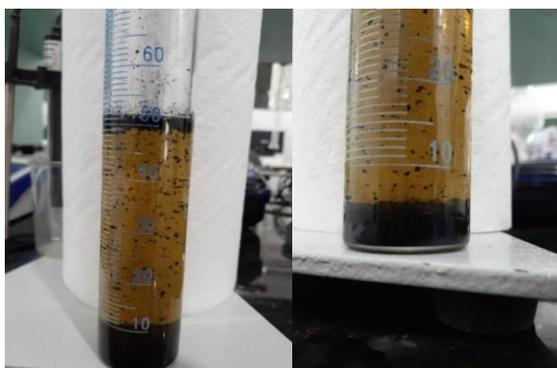
Fonte: Do autor, 2020

Após os dados obtidos com o teste, e calculados através da Equação (1), o resultado mostrou-se bastante satisfatório para óleo puro, correspondendo a 74,4% de adsorção de óleo sobre o carvão ativado. Este resultado é satisfatório, pois mesmo o óleo tendo propriedades hidrofóbicas, o carvão ativado demonstrou uma excelente interação adsortiva, corroborando com outros trabalhos disponíveis na literatura (RODRIGUES et al., 2010).

- Poder adsortivo segundo Inchamento de Foster

Inicialmente, o carvão, ao ser adicionado ao óleo, apresentava a marca de 3ml de material, e após o contato com o óleo, foi observado sua expansão. Nas Figuras a e b, está exibido o material do processo em repouso de 24 horas sem a agitação, no qual resultou em 3 ml de inchamento na parte superior e 4ml na parte inferior da proveta, resultando em 7 mL de inchamento, o dobro do seu estado inicial, onde de acordo com a tabela de considerações adotadas pelo LMPSol (Tabela 2), 7 mL é caracterizado como inchamento médio.

Figura a) e b) - Inchamento do adsorvente sem agitação



Fonte: Do autor, 2020



Após o processo de agitação manual, o material foi deixado em repouso por mais 24 horas, totalizando 48 horas de contato entre o adsorvente e o solvente, para realizar uma nova leitura. O material não apresentou inchamento diferente do processo sem agitação, porém as partículas do carvão encontravam-se dispersas dentro do solvente, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Material após 24 horas com agitação



Fonte: Do autor, 2020

Para o terceiro teste, o material foi deixado em repouso por mais 24 horas, totalizando 72 horas de contato, com isso ocorreu novamente a agregação das partículas que estavam dispersas no solvente, como observado na Figura 7.

Figura 7 – Material após 72 horas



Fonte: Do autor, 2020

Após realizada a leitura, o material apresentou o mesmo inchamento das primeiras 24 horas, demonstrando que o adsorvente atingiu seu limite já em seu período sem agitação, porém, observa-se com os testes realizados que, o carvão obtido apresenta uma considerável capacidade adsortiva.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cascas do cupuaçu mostraram-se um material de fácil manuseio, considerando o uso correto dos equipamentos e materiais para sua manipulação para obter o carvão, resultando no bioadsorvente proposto pela pesquisa.

Para o teste do poder adsorptivo, o carvão mostrou-se eficaz ao tempo de contato com o solvente, com eficácia de 74,4% para a adsorção. Nos testes de inchamento, o material adicionado ao solvente duplicou de tamanho após estar condicionado ao tempo de repouso, mesmo que tenha atingido seu limite de adsorção no primeiro teste, o carvão que, ao entrar em contato com o solvente era de 3 mL de inchamento, resultou em 7 mL de inchamento ao final dos testes.

De acordo com os resultados obtidos, a casca do cupuaçu apresentou-se como uma matéria funcional, e alternativa a ser estudada para produção de adsorvente, uma vez que, nos testes realizados, demonstrou-se com uma considerável capacidade para adsorção.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M.; FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A.K.O. **Aspectos socioeconômicos do cupuaçuzeiro na Amazônia: do extrativismo a domesticação**. In: SANTANA, A. C. (ed.). Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia. 1.ed. Belém, PA: UFRA, 2014. p. 197-223.
- CRUZ, O. F. J. **Produção de carvão ativado a partir de produtos residuais de espécies nativas da região amazônica**. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Manaus, 2010.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L.; RODRIGUES, M. T. R. **Contaminações subterrâneas com combustíveis derivados do petróleo: toxicidade e a legislação Brasileira**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n. 2, Abril/Junho 2001, p 29-46.
- GONDIM, T. M. S., THOMAZINI, M. J., CAVALCANTE, M. J. B.; SOUZA, J. M. L. **Aspectos da Produção de Cupuaçu**. Embrapa - Rio Branco, AC, 2001.
- GONÇALVES, G. C. **Clarificação do caldo de cana-de-açúcar utilizando processos com membranas e adsorção com carvão ativado proveniente do bagaço de cana**. 2001. Tese de (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá 2001.
- MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. p. 155.



ORSSATTO, F.; HERMES, E.; BOAS, M. A. V.. **Eficiência De Remoção De Óleos E Graxas De Uma Estação De Tratamento De Esgoto Sanitário, Cascavel – Paraná.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 4, out./dez. 2010, p. 249-256.

RODRIGUES, S. C. G.; Rodrigues, M. G. F.; Pereira, K. R. O.; Alenzuela-Díaz, F. R. **Performance or organophilic clay as adsorbent in the oil/water separation process.** Oil Gas J. B. v.4, p. 49-58, 2010.

SELOMULYA, C.; MEEYOO, V.; AMAL, R. **Mechanisms of Cr (VI) removal from water by various types of activated carbons.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 4 p. 111-122, 1999.

SILVA, J. F.; TARANTO, O. P. **Estudo da Modelagem para a Retenção de Metais Pesados Através de Biosorção.** Livro de resumos do III Encontro Brasileiro de Adsorção, Recife, 2000. p. 35.

SILVA, Anaxandro Pereira da. **Fibra de Calotropis Procera: Uma alternativa eficaz na remoção de hidrocarbonetos de petróleo em meio salino como bioadsorvente.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

SOUZA, Breno José Gomes de. **Utilização de cascas de frutas como bioadsorvente para remoção de poluentes em efluentes sintéticos.** Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal Rural Do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação Departamento de Ciência e Tecnologia Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Caraúbas –RN, 2019.

TOFFOLO, Geliane; FRANCISCHETT, Mafalda Nesi; GRECO, Roberto. **ALGUNS PRESSUPOSTOS SOBRE LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM RECURSOS HÍDRICOS.** Espaço em Revista, vol. 15 nº 2 jul/dez, 2013, p. 61 – 82.