

CARACTERIZAÇÃO DOS FINOS DE CARVÃO DE ESPÉCIES DO SEMIÁRIDO VISANDO SEU APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL

Marcela Cristina Pereira dos Santos¹, Elias Costa de Souza², Dulce Maria Araújo Melo³, Renata Martins Braga⁴.

¹Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade federal do Rio Grande do Norte.

Email:marcelynha99@hotmail.com ²Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade federal do Rio Grande do Norte. Email: eliasrem@hotmail.com ³ Universidade federal do Rio Grande do Norte. ⁴ Universidade federal do Rio Grande do Norte.

Resumo

A grande parte dos efluentes industriais possuem substâncias nocivas aos seres vivos e ao ambiente, pois apresentam metais entre outros contaminantes em sua composição. Os metais são causadores de inúmeras doenças e, devido a sua dificuldade de biodegradação no meio ambiente, passam pelo processo chamado magnificação trófica, o que distribui esses íons nocivos ao longo da cadeia alimentar. A situação sócio-econômica da região semiárida do nordeste e a restrita utilização do potencial da vegetação da caatinga, devido ao pequeno porte, associado às necessidades de se buscar fontes alternativas de energia, despertou a necessidade de conhecimentos sobre a espécie Jurema Preta (*Mimosa hostilis*, Benth) na produção de carvão vegetal. A produção de carvão vegetal tem crescido de forma substancial devido ao grande aproveitamento energético de biomassa no Brasil. Desta forma, este subproduto pode ser aproveitado para atender a demanda em outros processos. A utilização desses materiais, bioadsorventes oriundo de resíduos agrícolas, tem se mostrado uma alternativa interessante para remediação ambiental devido ao baixo custo, abundância e origem renovável. O grande desafio atualmente para a sociedade científica é encontrar o equilíbrio entre os processos produtivos essenciais e o menor impacto possível ao meio ambiente. Esse trabalho tem por objetivo a caracterização de materiais derivados dos finos de carvão produzido pelo bagaço da cana-de-açúcar (CBC) e cinzas do carvão vegetal produzido da Jurema Preta para que possam ser utilizados como bioadsorventes. Verificando suas propriedades adsorptivas para remoção de contaminantes em efluentes industriais. Os materiais produzidos foram caracterizados através de fluorescência de raios X, análise termogravimétrica, teor de cinzas, umidade e densidade aparente para serem posteriormente submetidos a ensaios de isoterma de adsorção para determinação de suas características adsorptivas. Os resultados confirmam a elevada porosidade, além da presença de possíveis sítios ativos para remoção de metais.

Palavras-chave: Bioadsorvente. Adsorção. Bagaço de cana-de-açúcar. Semiárido. Jurema preta.

1. Introdução

Ecologicamente avaliado, o semiárido tem sua caracterização feita pelo domínio das Caatingas, que é a formação que melhor representa o Nordeste brasileiro, podendo atingir aproximadamente 935 mil km², tendo como característica a incidência direta de luz devido à mata aberta (GIULIETTI et al., 2000; SUDENE, 2004; MAIA, 2004). Considerado o único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga é completa por um mosaico de florestas secas e com vegetação arbustiva tendo enclaves de florestas úmidas e de cerrados (TABARELLI e SILVA, 2003). No entanto, mesmo sendo localizada em área de clima semiárido, a Caatinga expõe grande variedade de paisagens, riqueza e endemismo (IBAMA, 2004). Abrange em torno de 70% do seu território natural, característica que a colocou entre as 37 regiões naturais do planeta em estudos realizados pela Conservation International (TABARELLI e SILVA, 2003). A Caatinga sempre foi considerada desprovida de riqueza e diversidade, com poucas espécies endêmicas e de baixo valor para fins de conservação. Conquanto as pesquisas desenvolvidas atualmente, têm demonstrado que esse conceito, resultante de problemas de amostragem, de limitadas e baixas informações, não condizem com a realidade. Na realidade, vê-se um bioma rico em endemismo, diversidade de tipos vegetacionais, variação na composição florística, heterogeneidade e variação nos tipos de solo, além disso, a Caatinga tem suportado mudanças drásticas, o que o torna um bioma necessitado de atitudes conservacionistas (TABARELLI e VICENTE, 2002).

O crescente desenvolvimento industrial na região tem intensificado a poluição ambiental e contribuído para deterioração de ecossistemas, com a agregação de poluentes como metais, compostos sintéticos, resíduos nucleares, compostos orgânicos tóxicos. Uma das principais fontes de contaminação das águas são as indústrias metalúrgicas, de tintas, têxteis entre outras, que utilizam diversos metais em suas linhas de produção e acabam lançando parte deles nos cursos de água. Esses materiais são causadores de doenças, e dada a sua complexidade de biodegradação no ambiente, passam pelo processo chamado magnificação trófica, o que dispõe esses íons nocivos ao longo da cadeia alimentar. O maior desafio para sociedade científica é descobrir o equilíbrio entre os processos produtivos essenciais para os seres humanos e o menor impacto possível ao meio ambiente.

A contaminação da água a partir de poluentes orgânicos e inorgânicos desencadeou a necessidade de desenvolver tecnologias de remoção desses poluentes encontrados em efluentes líquidos e gasosos. E em quantidades traço, essas substâncias são encontradas e geralmente oferecem resistência a métodos de degradação biológica ou não são removidos efetivamente por métodos de tratamento físico-químicos. Ganhando importância como um processo de separação e purificação, nas últimas décadas a adsorção tornou-se, então, um dos métodos mais populares para este fim. A adsorção tem sido objeto de interesse desde o início do século, apresentando importância tecnológica, biológica, além de aplicações práticas na indústria e na proteção ambiental (COONEY, 1999; CRINI, 2005; DABROWSKI, 2001; GURGEL, 2007; MCKAY, 1996).

Bioadsorção é um processo de separação de contaminantes em soluções aquosas ou efluentes gasosos pela sorção em biomassas. Os primeiros incentivos para o desenvolvimento de bioadsorção em processos industriais estão no baixo custo dos bioadsorventes e na alta eficiência de desintoxicação de efluentes contendo baixas concentrações de metais pesados (SILVA, 2006). A utilização dos bioadsorventes apresenta-se como uma atraente alternativa para a remoção de contaminantes em efluentes líquidos e gasosos, além de criar um destino apropriado e sustentável para os resíduos produzidos pela agroindústria.

Portanto, a conversão de resíduos agrícolas em bioadsorventes de baixo custo é uma alternativa para sanar problemas ambientais bem como reduzir os custos de preparação dos adsorventes. Dentre os resíduos agrícolas usados, destacam-se casca do arroz, sabugo de milho,

mesocarpo do coco e a cinza do bagaço da cana de açúcar (CBC). Dente estes, o bagaço de cana-de-açúcar merece destaque, pois cerca de 95% de todo o bagaço produzido no Brasil são queimados em caldeiras para geração de vapor, gerando como resíduo a cinza de bagaço, cuja disposição não obedece, na maior parte dos casos, a práticas propícias, podendo-se configurar em sério problema ambiental (PAULA et al., 2009; FERREIRA et al., 2015).

Considerado o Nordeste brasileiro é uma das regiões mais populosas do mundo, sendo essa alta densidade demográfica um dos fatores que podem contribuir para a exploração, e é na Caatinga onde se concentra a população mais pobre (BRASIL, 2004). Na região, o potencial das espécies lenhosas, está muito além do fornecimento de produto energético na forma de carvão e lenha. O sertanejo, mediante as adversidades climáticas da região, desenvolveu o conhecimento de vários usos.

Além da utilização das espécies para combustível, como é o caso de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) e de *Aspidosperma pyriforme* Mart. (pereiro), na alimentação utilizam-se espécies como *Anacardium occidentale* L. (caju); *Croton sonderianus* Mull. Arg. (marmeleiro) e *Myracrodruon urundeuva* (Engl.) Fr. All. (aroeira) são utilizadas na construção doméstica e rural com a produção de móveis, estacas para cercas e moirões; *Manihot glaziovii* Mull. Arg. (maniçoba) e *Geoffroea spinosa* Jacq. (mari) como forragem; *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira) e *Ziziphus joazeiro* (juazeiro) como medicinais; *Schinopsis brasiliensis* Engl. (baraúna), *Spondias tuberosa* Arruda (umbuzeiro) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore (craibeira) para tecnologia; *Chorisia glaziovii* (Kuntze) E. Santos (barriguda) e *Senna spectabilis* (DC.) H. S. Irwin & Barneby (canafístula) na ornamentação (BRAGA, 1953; RIZZINI, 1976; além da *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema) utilizada em cultos e rituais religiosos (MOTA e ALBUQUERQUE, 2002).

Outro resíduo agrícola que pode ser estudado é a cinza da Jurema Preta, espécie tida como uma riqueza da região do semiárido, tem ocorrência conhecida desde o estado do Ceará até a Bahia. A árvore apresenta um porte arbustivo geralmente bifurcada com galhos baixos, alcançando uma altura média de 4,5 m. com a idade de 5 anos. A espécie possui abundante semente e sua regeneração pode ser por semente e brotação após o corte do tronco. Possui facilidade de adaptação, mesmo em solos secos, pedregosos e mineralizados. (FARIA, 1984)

O objetivo deste trabalho é a caracterização de materiais derivados dos finos de carvão produzido pelo bagaço da cana-de-açúcar (CBC) e cinzas do carvão vegetal produzido da Jurema Preta para que possam ser utilizados como bioadsorventes. Verificando suas propriedades adsorptivas para remoção de contaminantes em efluentes industriais. E posteriormente avaliar a eficiência desses materiais na adsorção de metais por meio de ensaios de isoterma de adsorção, simulando as concentrações presentes na água produzida na indústria de petróleo. Efluente considerado tóxico, de difícil tratamento, sendo o maior fluxo de águas residuais no processo de exploração e produção de petróleo.

2. Metodologia

2.1. Coleta de materiais

Os finos de carvão do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) foi fornecida pela Usina Estivas do Grupo Louis Dreyfus, Goianinha - RN e os finos de carvão da Jurema preta (CJP) foi fornecida pelo laboratório de madeira da Unidade acadêmica especializada em ciências agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Ambos sem nenhum tratamento prévio. Os materiais foram secos

em estufa a 100 °C por 24 h e peneirados, sendo selecionada a granulometria passante na peneira de 150 mesh.

2.2 Caracterização dos materiais

A biomassa CBC e o CJP foram submetidos a técnicas de caracterização com o objetivo de determinar suas características e adequar ao processo de adsorção.

Os materiais em estudo foram analisados através de fluorescência de raios X (FRX) por energia dispersiva em um equipamento Shimadzu modelo EDX-820. Os espectros de fluorescência de raios X foram obtidos utilizando-se cerca de 300 mg do material na forma de um pó depositado em uma porta-amostra formado por um filme plástico de polietileno.

2.2.1. Fluorescência de raios X

Os materiais em estudo foram analisados através de fluorescência de raios X (FRX) por energia dispersiva em um equipamento Shimadzu modelo EDX-820. Os espectros de fluorescência de raios X foram obtidos utilizando-se cerca de 300 mg do material na forma de um pó depositado em uma porta-amostra formado por um filme plástico de polietileno.

2.2.2 Análise termogravimétrica

As análises termogravimétricas (TG/DTG) foram realizadas em um sistema de análise térmica, a uma vazão de aquecimento de 10 °C min⁻¹, na faixa de temperatura ambiente até 900 °C, utilizando-se atmosfera dinâmica de nitrogênio na vazão de 100 mL min⁻¹.

2.2.3. Teor de cinza

A análise do teor de cinza é feito através de uma amostra num cadinho de porcelana, o qual é previamente incinerado, esfriado e tarado. Após, conjunto é incinerado numa mufla a temperatura de 600° C por 120 min. A mufla é o equipamento utilizado para incinerar a matéria orgânica da amostra, uma espécie de forno que alcança altas temperaturas. O conjunto é retirado da mufla, colocado num dessecador para resfriar e seguido pela pesagem. A diferença entre o peso do conjunto e o peso do cadinho vazio dá a quantidade de cinza na amostra.

3. Resultados e discussão

1.1. Caracterização dos bioadsorventes

Os materiais estudados apresentaram baixo teor relativo de umidade. Este resultado pode estar relacionado à sua granulometria. Já os valores de densidade apresentam diferença significativa, tendo em vista que a densidade do CBC se apresenta como quase o dobro da densidade do JP, e o teor de cinza apresentado pelo CBC ser apresentado como quase o triplo teor de cinza da Jurema preta. Como é descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Análises físicas de densidade, umidade aparente e teor de Cinza

	Densidade aparente (g/cm³)	Umidade aparente (%)	Teor de cinza (%)
JP in natura	188,75	5,4	13
CBC in natura	322,5	6,4	57,6

A CBC apresentou em sua composição química 34,4 % de Fe, 26,4 % de Si, 14,7 % de Ca (Tabela 2). Sendo identificados outros óxidos K, Ti, que representam cerca de 18% da composição

química. A presença de ferro, cálcio e principalmente do fósforo e de potássio, provavelmente deve-se a traços de fertilizantes utilizados no cultivo da cana-de-açúcar, materiais inorgânicos que após a queima aumentam o rendimento das cinzas. Fatores naturais tais como clima, solo e água também são funções da variação da composição química do CBC. O potássio apresentou maior composição na JP seguido do cálcio, que é obtido pela decomposição térmica do calcário.

Tabela 2. Composição química dos materiais precursores e bioadsorventes

Composição química	Fe (%)	Si (%)	Ca (%)	K (%)	Ti (%)	N (%)	Outros (%)
CBC	34,4	26,4	14,6	14,4	3,2	-	6,7
JP	3,2	2,4	30,8	41,1	-	11,4	10,2

Além disso, a CBC possui elevada porosidade, assim como foi observado, esta característica está associada à liberação da matéria orgânica durante o processo de queima do bagaço para geração de energia na indústria sucroalcooleira. (FERREIRA *et al.*, 2015)

A Figura 1 apresenta as curvas das análises termogravimétricas da JP e CBC, materiais utilizados como precursores na síntese do adsorvente. Observa-se uma perda de massa considerável no material JP a temperatura entre 400 °C e 800°C, que indica 30,8% de Cálcio na composição química do material, o dobro da porcentagem analisada no material CBC, segundo análise realizada pelo EDX. Isso pode estar associado à liberação de carbonato de cálcio absorvido por esse material quando em contato com o solo da região semiárida, rico em carbonato de cálcio.

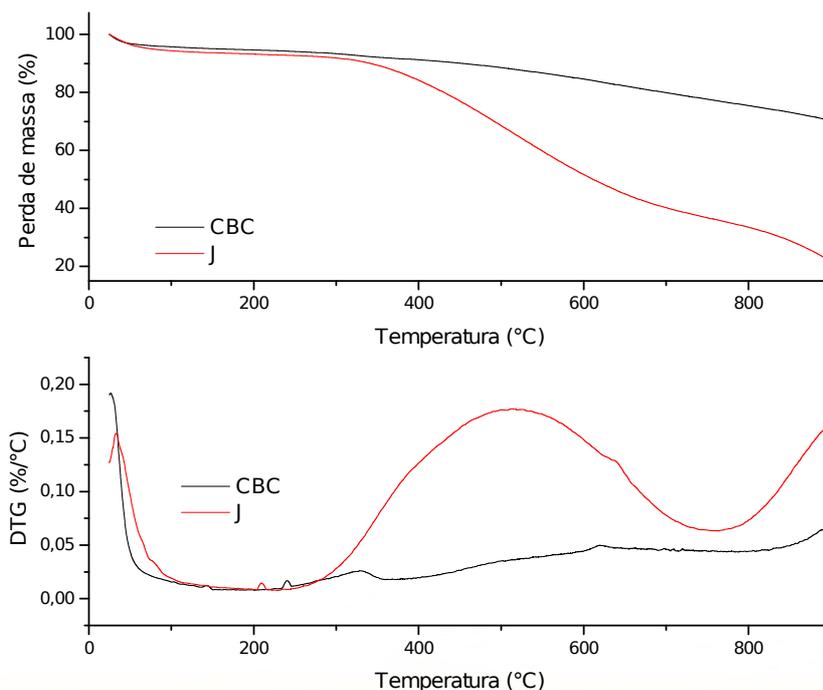


Figura 1. Curvas termogravimétricas da JP e CBC.

4. Conclusão

A CBC apresentou alto volume de poros, além de resistência mecânica adequada para ser aplicado como bioadsorvente na remoção de contaminantes como metais, compostos orgânicos entre outros. O JP também apresentou bons resultados. Os materiais estudados foram caracterizados para que possam ser avaliados em processos de adsorção de contaminantes e aplicados em diversos efluentes líquidos, como a água produzida em poços petrolíferos, melhorando a sua qualidade, para o seu descarte ou reuso, com maior custo benefício para a indústria, além de diminuir significativamente os riscos aos seres humanos e meio ambiente. O estudo aqui realizado desenvolveu possíveis materiais adsorventes naturais de origem renovável e de baixo custo. Verificou-se que os tratamentos térmicos a temperatura média de 400°C foram eficientes na eliminação da matéria orgânica.

5. Referências

- BRAGA, Renata Martins. Uso de argilominerais e diatomita com adsorvente de fenóis em águas produzidas na indústria de petróleo. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- BRASIL. Conselho Nacional de Reserva da Biosfera da Caatinga. Cenários para o bioma caatinga. Recife: SECTEMA, 2004. 283 p
- COONEY, D. O. *Adsorption Design for Wastewater Treatment*. Florida: CRC Press, 1999.
- CRINI, G. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science*, v. 30, p. 38-70, jan. 2005.
- DABROWSKI, A. Adsorption - from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 93, p. 135-224, out. 2001.
- FARIA, Washington Luiz Fonseca. **A JUREMA PRETA (Mimoóa boôtilió, B e n t h) COMO FONTE ENERGÉTICA DO SEMI-ÁRIDO NO NORDESTE CARVÃO**. 1984. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 1984.
- FERREIRA, P. P. L. et al. Adsorção de Cu 2+ e Cr 3+ em efluentes líquidos utilizando a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. *Cerâmica*, [s.l.], v. 61, n. 360, p.435-441, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613601945>.
- GIULIETTI, A. M. et al. Flora: avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade bioma caatinga. 2000.
- IBAMA. Flora. Conservação e uso sustentável da flora nativa do Brasil.
- MAIA, G. N. Árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: Ed. D & Z, 2004. 413 p.
- MOTA, C. N. e ALBUQUERQUE, U. P. As muitas faces da jurema: de espécie botânica a divindade afro-Indígena. Recife: Bagaço, 2002. 192p.
- PAULA, Marcos O. de et al. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s.l.], v. 13, n. 3, p.353-357, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662009000300019>.
- SILVA, Jean Ferreira. Análise experimental e Simulação do processo de bioadsorção de metais pesados (Pb, Zn e Ni) através da alga marinha Sargassum sp. 2006. 179 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.



SUDENE. Região semi-árida da área de atuação da SUDENE. Disponível em: . Acesso em: 13 jul. 2004.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga. In: _____. Ecologia e conservação da caatinga. Recife: Ed. da UFPE, 2003, p.777-797.