

**I-051 – TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM GASOLINA
ADITIVADA POR MEIO DO PROCESSO DE ADSORÇÃO UTILIZANDO SISAL
(*Agave sisalana*) COMO BIOMASSA ADSORVENTE**

Lígia Maria Ribeiro Lima⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Química, Mestre em Engenharia Química, com Doutorado em Engenharia de Processos. Atualmente, Professora Nível C da Universidade Estadual da Paraíba, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, no Centro de Ciências e Tecnologia, Câmpus Campina Grande – PB.

Emanoel da Silva Carvalho⁽²⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba, Câmpus Campina Grande – PB.

Thiago Cabral Nepomuceno⁽³⁾

Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental, pela Universidade Estadual da Paraíba, Câmpus Campina Grande – PB.

Evelle Duarte Carvalho Oliveira⁽⁴⁾

Estudante de Química Industrial, pela Universidade Estadual da Paraíba, Câmpus Campina Grande – PB.

Vera Lúcia Meira Moraes Silva⁽⁵⁾

Graduada em Engenharia Química, Mestre em Engenharia Química, com Doutorado em Engenharia de Processos. Atualmente, Professora Associada A da Universidade Estadual da Paraíba, do Departamento de Química, no Centro de Ciências e Tecnologia, Câmpus Campina Grande – PB.

Endereço⁽¹⁾: Rua Baraúnas, 351 – Bairro Universitário – Campina Grande – PB – CEP: 58429-500 – Brasil – Tel: +55 (83) 3315-3300 – e-mail: ligiauepb@gmail.com

RESUMO

Atualmente há uma grande preocupação com a presença de contaminantes orgânicos em corpos d'água, e com a aplicação de processos de remoção desses contaminantes utilizando material adsorvente de baixo custo, encontrado no meio ambiente característico da região. A partir dessa inquietação, desenvolveu-se o estudo da capacidade de adsorção da biomassa sisal (*Agave sisalana*) como adsorvente do contaminante orgânico gasolina aditivada, derivado de petróleo, presente em corpos d'água. As etapas do desenvolvimento dessa pesquisa constaram da caracterização morfológica do sisal e do estudo da interação do contaminante com o material adsorvente por meio da obtenção experimental das curvas cinéticas e de equilíbrio. A cinética de adsorção para os experimentos com o adsorbato estudado, gasolina aditivada, em contato com a biomassa sisal, foi muito rápida. A partir da curva de equilíbrio, pode-se observar a quantidade máxima de gasolina adsorvida, que foi em torno de 6 mL de gasolina aditivada por g de sisal. A curva foi relativamente ajustada pelo modelo de Langmuir, podendo ser considerada como uma isoterma favorável à adsorção. Os experimentos desenvolvidos para o conhecimento da capacidade de adsorção do sisal em contato com a água contaminada do corpo aquático simulado mostraram que após o contato da biomassa sisal com o corpo d'água contaminado com gasolina aditivada, por meio dos ensaios cinéticos, foi possível observar a presença na superfície da mistura heterogênea de um material espumante de cor verde. Os resultados desta pesquisa serão úteis não apenas para o caso em estudo, mas para aplicação em diferentes corpos aquáticos utilizando os processos adsorventes em coluna de leito fixo e leito diferencial. Servindo assim, não apenas como fonte de pesquisa científica.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, Contaminante orgânico, Biomassa sisal.

INTRODUÇÃO

De maneira geral, o Brasil é um país privilegiado quanto ao volume de recursos hídricos, pois abriga 13,7% da água doce do mundo. Porém, a disponibilidade desses recursos não é uniforme visto que mais de 73 % da água doce disponível no país encontra-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. Apenas 27 % dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país (ÁGUA..., 2014).

A água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor (PEREIRA, 2014).

O conceito de água poluída compreende não só as modificações das propriedades físicas, químicas e biológicas da água, mas também a adição de substâncias líquidas, sólidas ou gasosas capazes de tornar as águas impróprias para os diferentes usos a que se destinam (A POLUIÇÃO..., 2014).

Existem duas estratégias adotadas no controle da poluição aquática: redução na fonte e tratamento dos resíduos de forma a remover os contaminantes ou ainda de convertê-los a uma forma menos nociva. O tratamento dos resíduos tem sido a melhor opção no caso de contaminantes de fontes pontuais (GRASSI, 2001).

Dentre os processos mais utilizados para a descontaminação de corpos aquáticos, a adsorção vem se destacando como um método eficiente e adaptável às mais diferentes aplicações.

A operação de adsorção é largamente utilizada na indústria, principalmente para a purificação de água potável, tratamento de efluentes contaminados com baixas concentrações de contaminantes orgânicos, recuperação de solventes, entre outras aplicações (BRINQUES, 2005).

O processo de adsorção tem demonstrado ser um método eficaz e econômico no tratamento de efluentes com poluentes orgânicos, sendo necessária a pesquisa de materiais adsorptivos de baixo custo para serem utilizados industrialmente. O sucesso da adsorção como processo de separação depende da escolha do material adsorvente e da otimização das variáveis do processo (LIMA, 2010).

Os materiais adsorptivos empregados na adsorção de poluentes orgânicos são diversos e podem ser minerais, orgânicos sintéticos e orgânicos naturais de origem animal ou vegetal. Os materiais de origem vegetal são dos mais diversos tipos, incluindo palha, feno, sabugo de milho, casca de amendoim, fibras de cascas de árvores, fibras de algodão e celulose de plantas semelhantes ao algodão (RIBEIRO *et al.*, 2000).

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A saúde ambiental de um corpo d'água é afetada pelas atividades humanas desenvolvidas em suas bacias hidrográficas, incluindo: (1) lançamento de esgotos domésticos; (2) recepção da água de chuva, que escoar por áreas agrícolas e sobre solos sujeitos a erosão; (3) recepção de água de chuva proveniente de regiões com poluição atmosférica como, por exemplo, chuvas ácidas; (4) percolação do chorume de lixões próximos aos corpos d'água; (5) compostos tóxicos oriundos de pesticidas utilizados na agricultura e no reflorestamento; e (6) águas contaminadas por xenobióticos, compostos orgânicos resistentes e traços de produtos farmacêuticos. Todos estes fatores induzem à degradação da qualidade da água, à perda de diversidade biológica e ao desperdício de recursos hídricos (GALLI e ABE, 2014).

O crescente avanço da tecnologia industrial tem resultado na geração de águas residuárias perigosas que, se forem lançadas no sistema público de esgotos, sem pré-tratamento adequado, afetam sua integridade estrutural por conterem poluentes corrosivos, inflamáveis e explosivos (SOUZA, LIMA e SILVA, 2006).

O petróleo é, ao mesmo tempo, uma das mais importantes fontes de energia e de poluição ambiental. Sendo composto de complexas misturas de hidrocarbonetos, de diversos pesos moleculares e estruturas que variam de um gás leve (metano) até um sólido pesado, é constituído de hidrogênio e carbono, que são os elementos prevalentes, incluindo até 98% de alguns óleos crus e 100% de muitos produtos refinados (ALEIXO, TACHIBANA e CASAGRANDE, 2007).

Atualmente, o petróleo tem uma importância fundamental na vida da sociedade. O petróleo é constituído por centenas de substâncias químicas, embora a maioria dos constituintes sejam hidrocarbonetos (CAMPOS *et al.*, 2012).

O petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos e quantidades variáveis de não hidrocarbonetos. Quando ocorre no estado líquido em reservatórios de subsuperfície ou em superfície, é denominado de óleo

(ou óleo cru, para diferenciar do óleo refinado). A mistura de hidrocarbonetos que se encontra no estado gasoso em subsuperfície e torna-se líquida na superfície é conhecida como condensado. Já o termo gás natural se refere à fração do petróleo que ocorre no estado gasoso ou em solução no óleo em reservatórios de subsuperfície (GEOLOGIA..., 2014).

HIDROCARBONETOS

Os hidrocarbonetos de petróleo, cuja denominação básica decorre do arranjo estrutural dos átomos de carbono e hidrogênio que os compõem, causam grandes danos quando no ambiente aquático (ALEIXO, TACHIBANA e CASAGRANDE, 2007).

Os hidrocarbonetos saturados, compostos de C e H unidos por ligações simples, incluem os alcanos normais (parafinas normais ou n-alcanos), os isoalcanos (isoparafinas ou alcanos ramificados) e os cicloalcanos (alcanos cíclicos ou naftenos). Os n-alcanos com menos de 5 átomos de carbono (metano, etano, propano e butano) ocorrem sob a forma de gás em condições normais de pressão e temperatura, enquanto aqueles de 5 a 15 átomos de carbono são líquidos e os com mais de 15 átomos de carbono variam de líquidos viscosos a sólidos. A maior parte dos alcanos normais presentes no petróleo possui até 40 átomos de carbono. Os isoalcanos estão presentes principalmente com compostos de até 10 átomos de carbono, embora ocorram com até 25 átomos. Os cicloalcanos podem apresentar até 6 anéis de carbono, cada qual com 5 ou 6 átomos de carbono. Iso e cicloalcanos ocorrem principalmente no estado líquido (GEOLOGIA..., 2014).

Os hidrocarbonetos aromáticos são compostos que apresentam o anel aromático (benzeno) e ocorrem sempre no estado líquido. Podem apresentar mais de um anel aromático, como os naftalenos (2 anéis) e os fenantrenos (3 anéis). O tolueno, com apenas um núcleo benzênico, é o composto aromático mais comum no petróleo, seguido pelo xileno e o benzeno (GEOLOGIA..., 2014).

ADSORÇÃO

A remoção de produtos orgânicos no meio ambiente tem sido um grande desafio tecnológico, pois, inúmeras vezes, tecnologias de tratamentos convencionais não são capazes de fazê-la de forma eficiente. Por esse motivo tem crescido consideravelmente a busca por tecnologias efetivas para removê-los, com um baixo custo (SOUZA, LIMA e SILVA, 2006).

O processo de adsorção utilizando biomassas como adsorvente vem sendo uma alternativa potencialmente atrativa e econômica para purificação e separação nas áreas petrolífera, de alimentos, da química fina e da biotecnologia. É uma opção válida para a remoção de poluentes diluídos em efluentes líquidos, bem como para a recuperação de componentes de alto valor agregado diluídos em correntes industriais (SCHEER *et al.*, 2002).

A adsorção baseia-se no princípio de que uma superfície sólida, em contato com um fluido, tem tendência a acumular uma camada superficial de moléculas de soluto, devido ao desequilíbrio de forças superficiais existentes. O fenômeno da adsorção está intimamente ligado à tensão superficial das soluções e a sua intensidade depende da temperatura, da natureza e da concentração da substância adsorvida (o adsorbato), da natureza e estado de agregação do adsorvente (o sólido finamente dividido) e do fluido em contato com o adsorvente. O fluido, a superfície e os componentes retidos pela superfície são os principais elementos da adsorção. O método de tratamento por adsorção foi utilizado para purificação há vários séculos; porém, quando passou a ser aplicado em processo de purificação e separação o seu uso teve maior estímulo, pois o seu emprego está associado não apenas à purificação, mas também na separação de produtos de alto valor agregado como, por exemplo, o óleo da água (CAMPOS *et al.*, 2012).

Atualmente vêm sendo utilizadas as mais variadas espécies de biomassas vegetais nas pesquisas de descontaminação de águas por substâncias orgânicas. No caso do semiárido nordestino, há uma grande variedade de espécies de vegetação que podem ser estudadas para aplicação como adsorventes.

ADSORVENTE

A palavra adsorvente aplica-se usualmente a um sólido que mantém o soluto na sua superfície pela ação de forças físicas. Os adsorventes mais comuns incluem a sílica gel, carvão ativado, alumina, zeólitas sintéticas e diversas argilas. Os sólidos devem ter características de pequena queda de pressão e boa resistência mecânica para suportar o manuseio. Além disso, os adsorventes são seletivos quanto à capacidade de adsorverem solutos específicos (FOUST *et al.*, 1982).

Em geral, os adsorventes são materiais de porosidade elevada com a maior parte de sua área superficial localizada em seu interior. A escolha de um adsorvente adequado à separação que se deseja realizar é de importância fundamental. Segundo Ruthven (1988) em um processo de separação por adsorção, é primordial que o adsorvente apresente as seguintes características: alta seletividade; adsorção preferencial de um componente em uma mistura; área superficial específica, possibilitando o uso de equipamentos economicamente viáveis; estabilidade; boa resistência para suportar o manuseio e capacidade de regeneração por dessorção.

SISAL (*Agave sisalana*)

A introdução do sisal data de 1903, pelas mãos do agrônomo Horáceo Uripia Junior, que provavelmente trouxe os primeiros bulbilhos da Flórida, Estados Unidos da América (EUA). Em 1911 foram enviadas, da Bahia, as primeiras mudas de sisal para o Estado da Paraíba, mas somente em 1937/ 1938, houve expansão da cultura em base econômica, por causa do interesse e da procura pela fibra do sisal durante a Segunda Guerra Mundial (SILVA e BELTRÃO, 1999). Atualmente o Brasil é o maior produtor de sisal do mundo e a Bahia é responsável por 90% da produção da fibra nacional.

O sisal pode ser colhido durante todo o ano, para isto ser possível não são destacadas do caule as folhas mais novas. É uma planta resistente à aridez e ao sol intenso do sertão nordestino. É a fibra vegetal mais dura que existe. O sisal é um vegetal eminentemente tropical e por isso existem tão poucos plantios comerciais com a fibrosa fora desse ambiente. Pertence ao gênero *Agave*, conforme ilustrado na Figura 1, que engloba um grupo bem definido de plantas de consistência herbácea e escapo floral saliente, que podem atingir 12 ou mais metros de altura. O arranjo regular de suas folhas, aliado à posição altaneira do seu escapo floral, confere-lhe aparência de invulgar beleza onde quer que seja cultivada. A denominação *Agave* dada ao gênero é derivada, apropriadamente, de *agavos* que, em grego, significa admirável, magnífico (SILVA e BELTRÃO, 1999).



Figura 1: Sisal (*Agave sisalana*).

Fonte: wikipedia.org/wiki/sisal

O presente trabalho visa ampliar os estudos a cerca do poder adsorvivo de biomassas originárias da região Nordeste do Brasil, será avaliada a cultura do sisal, na forma de partículas (pó), derivado da mucilagem exposta ao sol (Figura 2), como adsorvente no processo de adsorção de poluentes derivados do petróleo, como a gasolina aditivada, presentes em corpos aquáticos. Esse resíduo do sisal, a mucilagem, será utilizado como adsorvente por ser constituído de fibras menores, adequadas para granulometria usada no processo de adsorção em estudo.



Figura 2 - Mucilagem exposta ao sol.
Fonte: infoteca.cnptia.embrapa.br/foldermucilagem

METODOLOGIA UTILIZADA

A biomassa do sisal na forma de partículas foi obtida por meio de análise granulométrica realizada utilizando-se peneira com diâmetro do orifício pré-determinado, obedecendo ao intervalo de 1 a 2 mm, como destacado em Lima *et al.* (2012). Inicialmente a biomassa foi triturada em *mixer* industrial e em seguida peneirada durante 5 minutos, utilizando um conjunto de peneiras série *Tyler* 10 e 14 *mesh* com aberturas 1,18 e 1,70 mm, respectivamente.

Os experimentos para o estudo da cinética de adsorção foram realizados em uma mesa agitadora composta de 12 frascos erlenmeyer, foram utilizadas três relações de volume (mL) do contaminante gasolina aditivada por massa (g) de sisal. Para a relação igual a 10, há cada erlenmeyer foram adicionados 40 mL do corpo d'água contaminado com 12 mL de gasolina aditivada, acrescentado de 1,2 g de sisal peneirado com granulometria uniforme, em sua forma seca. A mistura foi agitada a uma velocidade de 130 rpm, com intervalos de 5 minutos, variando os tempos de 5 a 60 minutos. A relação 7 foi realizada utilizando 8,4 mL de gasolina e a de número 13 com 15,6 mL. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Após cada tempo determinado, as amostras da água com o sisal (pó) foram filtradas, com auxílio de uma peneira de *nylon*, para que ficasse retido todo o sisal, e então fossem observadas as características da água tais como coloração e odor. Logo após, foi quantificado o valor total de contaminante adsorvido de cada amostra, por meio de análises volumétricas utilizando proveta de 50 mL.

No procedimento de obtenção das isotermas de adsorção (estudo do equilíbrio) para cada concentração do contaminante gasolina aditivada, juntamente com a biomassa sisal, também foi utilizada a mesa vibratória, na qual foram acoplados 12 frascos erlenmeyer, os quais foram totalmente vedados para que não ocorressem perdas. A quantificação das amostras foi realizada conforme metodologia descrita para o estudo cinético, descrita anteriormente.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados das análises bromatológicas para a caracterização física estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros Físicos Analisados para a Mucilagem do Sisal.

COMPONENTES ANALISADOS				EM 100% DA MATÉRIA SECA			
AMOSTRA	FDN ¹	FDA ²	PIDN ³	PIDA ⁴	LIG ⁵	CEL ⁶	HEM ⁷
Mucilagem de Sisal	28,18	22,04	1,97	0,52	8,09	13,95	6,14

¹Fibra em Detergente Neutro; ²Fibra em Detergente Ácido; ³Proteína Insolúvel em Detergente Neutro;

⁴Proteína Insolúvel em Detergente Ácido; ⁵Lignina; ⁶Celulose; ⁷Hemicelulose.

Nas Figuras 3a, b e c, estão apresentadas as curvas cinéticas de adsorção de gasolina aditivada dispersa em água, usando sisal como adsorvente para três relações entre o volume de contaminante por grama de biomassa.

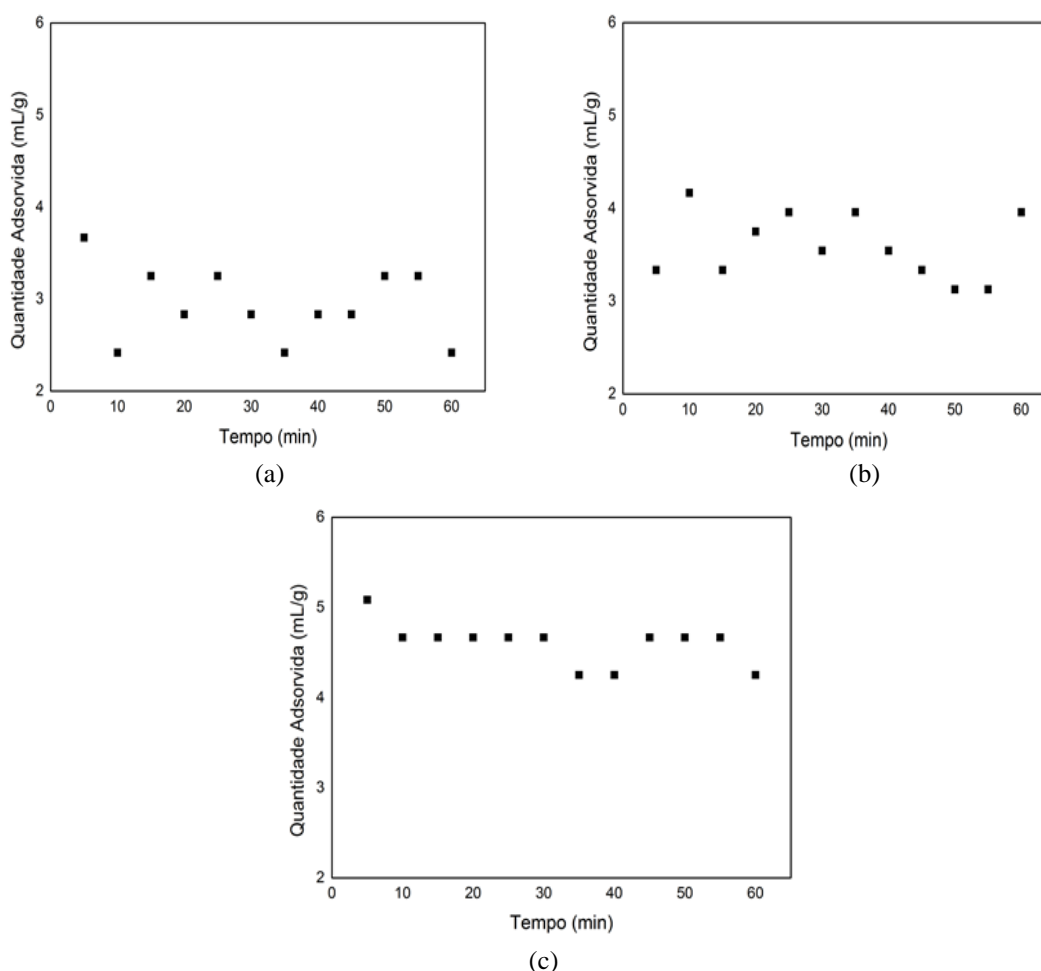


Figura 3: Curva da cinética de adsorção da água contaminada com gasolina aditivada em contato com sisal, para as relações: (a) 8,4 mL de gasolina por 1,2 g de biomassa igual a 7; (b) 12 mL de gasolina por 1,2 g de biomassa igual a 10; (c) 15,6 mL de gasolina por 1,2 g de biomassa igual a 13.

Os experimentos da cinética de adsorção foram realizados com o propósito de identificar a capacidade de adsorção do sisal em remover contaminantes orgânicos presentes em corpos d'água, quando colocados em contato durante determinado tempo.

Na Figura 4 está ilustrada a isoterma de adsorção de gasolina aditivada em biomassa de sisal, com tempo fixo de 60 min.

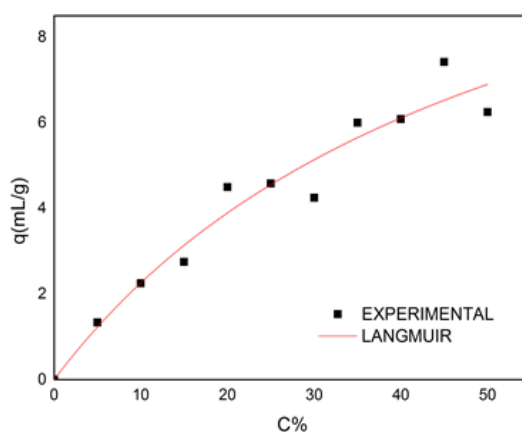


Figura 4: Isotherma de adsorção de gasolina aditivada dispersa em água, usando sisal como biomassa adsorvente.

Na Figura 5 (ilustrando as etapas a, b, c, d) estão destacadas as reações que ocorreram após o contato da água com gasolina aditivada e a mucilagem do sisal utilizada. A análise volumétrica para o cálculo da quantidade adsorvida de gasolina aditivada em sisal pode ser observada por meio das seguintes etapas: (a) Análise volumétrica observada contra a luz solar (natural); (b) Análise volumétrica observada contra a luz solar (natural) e com a presença de três fases; (c) Análise volumétrica observada contra a luz do sol (natural) e com o *flash* da câmera fotográfica (sintética); (d) Mistura das amostras analisadas em uma proveta de 500 mL.

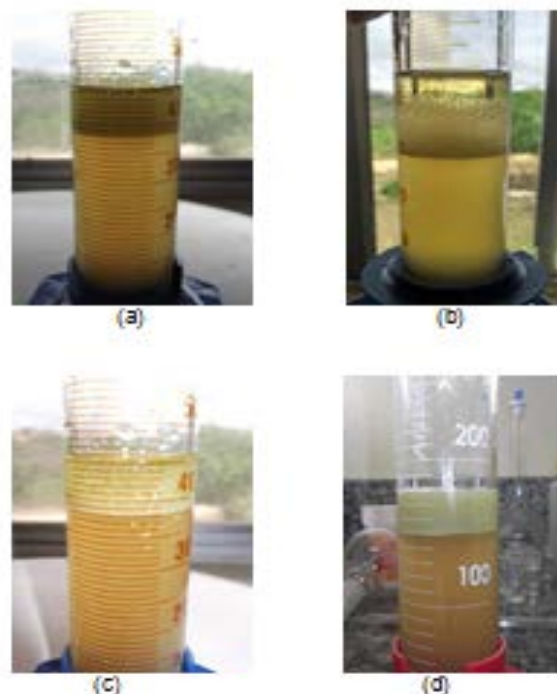


Figura 5 – Análise volumétrica da amostra coletada após o processo de adsorção: (a) Observada contra a luz solar (natural); (b) Observada contra a luz solar (natural) e com a presença de três fases; (c) Observada contra a luz do sol (natural) e com o *flash* da câmera fotográfica (sintética); (d) Mistura das amostras analisadas em uma proveta de 500 mL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todos os casos, a cinética de adsorção foi muito rápida, tendo início nos primeiros 4 minutos, e a quantidade média de gasolina aditivada adsorvida foi de 4 mL por grama de biomassa.

Foi possível observar a influência da relação volume de gasolina por grama de biomassa na quantidade adsorvida de contaminante, isto pode ser justificado, de acordo com MORAIS (2005), pelo fato de que a maior proporção de gasolina possibilita um maior contato entre a gasolina aditivada e a biomassa, vencendo a concorrência com a água, a qual também é adsorvida pela biomassa.

A partir da curva de equilíbrio, pode-se concluir que a quantidade máxima de gasolina adsorvida foi 6 mL de gasolina por g de sisal. A curva foi relativamente ajustada pelo modelo de Langmuir. Sendo uma isoterma favorável à adsorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS, Disponível em: <www.snirh.pt. Acessado em 28 de mar. de 2014.
2. ÁGUA – UM RECURSO CADA VEZ MAIS AMEAÇADO, Disponível em: www.mma.gov.br. Acessado em 28 de mar. de 2014.

3. ALEIXO, L. A. G.; TACHIBANA, T. I.; CASAGRANDE, D. **Poluição por óleo – Formas de introdução de petróleo e derivados no ambiente**, Integração, Abr./Mai./Jun., Ano XIII, n. 49, p. 159-166, 2007.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: Terceira edição. 17.03.2011, válida a partir de 17.04.2011. Informação e Documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro - RJ: ABNT, 2011. 11 p.
5. BRINQUES, G. B. Adsorção de tolueno de solução aquosa em leito de carvão ativado em planta piloto, Dissertação (Mestrado), UFRGS, 2005.
6. CAMPOS, W. K. S.; BUARQUE, F. S.; MACÊDO JÚNIOR, R. O.; SILVA, D. P.; RUZENE, D. S. **Estudo sobre as principais tecnologias para tratamento da água produzida**, Engenharia de Petróleo, Cadernos de graduação – Ciências exatas e tecnológicas, ISSN IMPRESSO: 1980 – 1777, ISSN ELETRÔNICO: p. 2316 – 3135, v. 1, n. 15, 141-152, out. 2012.
7. FOUST, S. A.; WENZEL, A.; CLUMP, W. C.; MAUS, L.; ANDERSEM, B. L. **Princípios das Operações Unitárias**, 2^a ed., Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro - RJ, 1982.
8. GALLI, C. S.; ABE, D. S. **Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas**. Disponível em: www.abc.org.br. Acessado em 05 de abril de 2014.
9. GEOLOGIA DO PETRÓLEO, PGT - Petroleum Geoscience Technology, Disponível em: www.pgt.com.br. Acessado em 29 de março de 2014.
10. GRASSI, M. T. **As águas do planeta Terra**, Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição Especial – Maio 2001.
11. LIMA, L. M. R. **Estudo da ampliação de escala na adsorção de contaminantes orgânicos presentes em efluentes aquosos mediante leito fixo de biomassa**, Tese (Doutorado), UFCG, 2010.
12. LIMA, L. M. R.; SOUZA, R. S.; LIMA, E. G.; SANTOS, D. V. M. **Sistema de adsorção em leito diferencial para remoção de gasolina e óleo diesel em corpos d'água**. Encontro Brasileiro Sobre Adsorção (EBA9) e Simpósio Ibero-Americano Sobre Adsorção, maio de 2012, Recife – PE, 2012.
13. MORAIS, V. L. M. **Purificação de efluentes contaminados com hidrocarbonetos por adsorção em leito fixo de biomassa**. Doutorado em Engenharia de Processos – UFCG, Campina Grande - PB, p. 104, 2005.
14. PEREIRA, R. da S. **Poluição hídrica: causas e consequências**. Disponível em: www.vetorial.net. Acessado em 27 de abril de 2014.
15. PEREZ, I. C.; CORRÊA, R. G.; CRUZ, M. T.; PIRES, J. L. **Oficinas mecânicas e lava a jato - Orientações para o controle ambiental**, Série Gestão Ambiental 8, Rio de Janeiro, 2013.
16. RIBEIRO, T. H.; GROSSI, L.; AMARAL, S.; RUBIO, J. **Sorção de compostos orgânicos pela biomassa seca da *Salvinia sp.* (RS)**. II Encontro Brasileiro de Adsorção – II EBA, Florianópolis – SC, p. 383-393, 2000.
17. RUTHVEN, D. M. Zeolites as Selective Adsorbents – Synthetic Zeolites are Used Widely as Selective Adsorbents in a Range of Large Scale Separation Processes. **Chemical Engineering Progress**, p. 42-50, 1988.
18. SCHEER, A. P.; MEIEN, O. F.; VASCO DE TOLEDO, E. C.; MACIEL, F. R.; WOLF, M. M. A. **Adsorção de misturas líquidas e seu tratamento por métodos numéricos**, III Encontro Brasileiro de Adsorção (III EBA), Recife - PE, 2002.
19. SILVA, O. R. R. F.; BELTRÃO, N. E. M. **O Agronegócio do Sisal no Brasil**. Embrapa – SPI, Brasília; Embrapa – CNPA, Campina Grande - PB, 1999.
20. SOUZA, R. S.; LIMA, L. M. R.; SILVA, V. L. M DE M. **Avaliação da capacidade adsorptiva do óleo diesel em sistema de leito diferencial com biomassa bagaço de cana-de-açúcar**, Revista Eletrônica de Materiais e Processos / ISSN 1809-8797, 2006.