

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, ENERGÉTICA E DESEMPENHO DA FIBRA DE COCO NA SORÇÃO DE ÓLEOS DIESEL E BIODIESEL¹

ADRIANA FERLA DE OLIVEIRA², ALCIDES LOPES LEÃO³, JOSÉ CLÁUDIO CARASCHI⁴, LUCIANO CAETANO DE OLIVEIRA⁵ & JOSÉ EVARISTO GONÇALVES⁶

RESUMO: Acidentes envolvendo derramamento de óleo e seus derivados no solo e em corpos hídricos são comuns e preocupantes, uma vez que comprometem a qualidade do ecossistema. Uma forma econômica e eficiente de combater derramamentos de óleo é o emprego do método de sorção utilizando materiais sorventes. Existe uma gama de materiais sorventes, no entanto, os naturais como biomassa e fibras vegetais demonstram interesse pelo baixo custo e boa capacidade sorvente. Existem trabalhos acerca da sorção de óleo cru; no entanto, para diesel e biodiesel, que vem aumentando sua produção, pouco ou nada existe na literatura. O objetivo deste trabalho foi investigar a capacidade sorvente da fibra de coco (*Cocos nucifera*) frente aos combustíveis, diesel e biodiesel e, compará-la com a turfa utilizada comercialmente. Os biosorventes também foram submetidos à caracterização físico-química e energética. Grande parte dos testes foi realizada nas faixas granulométricas de $\leq 180 \mu\text{m}$; 180-425 μm ; 425-850 μm e 850-3350 μm . Cada material vegetal possui características físico-químicas e anatômicas distintas, que influenciam na sorção de óleo, seja por absorção ou adsorção. A fibra de coco apresentou capacidade de sorção de diesel e biodiesel semelhante ao sorvente comercial à base de turfa. A determinação do poder calorífico dos biosorventes mostra que estes podem ser utilizados na geração de energia antes e após serem utilizados como sorventes. Desta forma, esses materiais poderão ser empregados após estudos de viabilidade econômica neste setor e ainda incrementar a economia de regiões onde estes são abundantes.

Palavras-chave: Sorção de óleo, fibras vegetais e energia.

¹ Parte da tese de doutorado do 1º autor intitulado: Avaliação de Desempenho de Fibras Lignocelulósicas na Sorção de Óleos Diesel e Biodiesel.

² Aluna do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas/ Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil e Docente do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, Universidade Federal do Paraná - UFPR – Palotina/PR – Brasil, adrianaferla@ufpr.br

³ Orientador e Docente do Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônomicas/ Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, alcidesleao@fca.unesp.br

⁴ Co-orientador e Docente; Universidade Estadual Paulista - UNESP – Itapeva/SP – Brasil, carachi@itapeva.unesp.br

⁵ Docente do Curso de Agronomia, Universidade Federal do Paraná - UFPR – Palotina/PR – Brasil, luciano.caetano@ufpr.br

⁶ Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas/Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, evaristto@yahoo.com.br

PHYSIOCHEMICAL, ENERGY CHARACTERISTICS AND PERFORMANCE OF COCONUT FIBER IN THE SORPTION OF DIESEL AND BIODIESEL OILS

SUMMARY: *Accidents involving oil spills and its derivatives on the soil and in hydric bodies are common and worrying once they endanger the quality of the ecosystem. An economical and efficient way of combating oil spills is the use of the sorption method using sorbent materials. There is a range of sorbent materials, however, the natural ones like biomass and vegetable fibers demonstrate interest due to the low cost and good sorbent capacity. There are works concerning the sorption of crude oil, however for diesel and biodiesel, which had their production increased, there is a little or even nothing exists in the literature. The aim of this work was to investigate the sorption capacity of coconut fiber (*Cocosnucifera*) confronting to the fuels, diesel and biodiesel and to compare them with the peat commercially used. The biosorbents were also submitted to the physiochemical and energy characterization. Most of the tests were performed on the granulometric size range of $\leq 180 \mu\text{m}$; $180-425 \mu\text{m}$; $425-850 \mu\text{m}$ e $850-3350 \mu\text{m}$. The coir fiber presented capacity of diesel and biodiesel sorption similar to the commercial sorbent made of peat. The determination of the calorific power of the biosorbents shows that they can be used for energy generation before and after they are used as sorbents. This way, those materials can be used after studies of economical viability in this sector and still to increase the economy of the areas where they are abundant.*

Keywords: *Oils sorption, vegetable fibers, and energy.*

1 INTRODUÇÃO

Derramamentos de óleo na terra e na água são uma preocupação para todos os países do mundo. Poluição por petróleo e seus derivados não representam somente uma perda física de material. Produzem também efeitos negativos para a fauna, a flora e a vida humana, afetando a economia, turismo e lazer devido às propriedades destes materiais (LIM; HUANG, 2007b; ANNUNCIADO et al., 2005).

Para combater estes derramamentos, processos físicos, químicos e biológicos podem ser usados para remover ou recuperar o óleo em situ (SALANITRO et al., 1997; RIBEIRO et al., 2000). Um grande problema é que os estados e municípios raramente estão preparados e equipados para enfrentarem esta situação. Os órgãos que estão diretamente envolvidos nas ações de atendimento emergencial de acidentes com produtos perigosos são o Corpo de Bombeiros e os órgãos de meio ambiente.

No caso específico de derramamento de óleo emprega-se geralmente material sorvente, podendo este, ser de origem natural ou sintética (CHOI; CLOUD, 1992; LEE et al., 1999; TEAS et al., 2001). As fibras vegetais (fibras lignocelulósicas e resíduos agrícolas) são ecologicamente mais amigáveis que os sorventes sintéticos podendo apresentar maior capacidade de sorção a um baixo custo (ANNUNCIADO et al., 2005).

Fibras sintéticas como polipropileno, poliéster e poliamida (náilon) são largamente utilizadas como sorventes de óleo. No entanto, o uso de biodegradáveis ou resíduos agrícolas como sorventes de óleo ou filtros são uma alternativa preferível. Várias fibras biodegradáveis têm sido estudadas em pesquisas recentes para aplicação na limpeza em derramamentos de óleo e como filtros (LIM; HUANG, 2007a).

A hidrofobicidade e a oleofilicidade são os fatores primários determinantes do sucesso dos sorventes. Outros fatores importantes incluem a retenção de óleo por longo período de tempo, quantidade de óleo sorvido por unidade de peso do sorvente e a reutilização e biodegradabilidade do sorvente (TEAS et al., 2001).

O bom planejamento das ações a serem desencadeadas em situações emergenciais é de grande relevância para a minimização dos danos para a saúde humana, meio ambiente e o patrimônio público ou privado. O tempo de resposta, a eficiência das ações empregadas, a magnitude dos danos evitados e a disponibilidade dos recursos necessários são alguns dos parâmetros importantes para a avaliação da eficácia de um atendimento emergencial (GOUVEIA; NARDOCCI, 2007).

Muitos são os trabalhos que relatam à capacidade de sorção de óleo cru, mas poucos descrevem a sorção de óleos menos viscosos como o diesel. Com o incentivo à produção de biocombustíveis, em especial o biodiesel, produto que vem para competir diretamente com o diesel de origem fóssil, é interessante metodologias que visem remediar acidentes com o diesel sejam testadas com o biodiesel. O estudo comparativo de metodologias de combate à poluição para os dois combustíveis poderá servir para aplicação em situação que venha a acontecer e como um incentivo à produção do biocombustível já que estes são menos nocivos ao ambiente.

O sorvente natural mais empregado em derramamentos de óleo é à base de turfa, sendo importado do Canadá e apresentando um alto custo R\$26,73/kg (ECOSORB, 2009). Visto o fator econômico e a necessidade de pesquisas na área, torna-se necessário o estudo de sorventes alternativos a um baixo custo, com boa capacidade sorvente e um destino adequado para estes. Portanto, os objetivos desse trabalho são avaliar a capacidade sorvente da fibra de coco (*Cocos nucifera*) em comparação ao biosorvente turfa frente aos óleos combustíveis diesel e biodiesel em um sistema isento de água e determinar as características físico-químicas e energéticas dos biosorventes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

O óleo diesel usado nos experimentos de sorção é comercial denominado como interior S1800, adquirido em posto de combustível PETROBRAS, no município de Botucatu - **SP**. O biodiesel utilizado foi adquirido junto à empresa BIOPAR localizada no município de Rolândia - PR.

A fibra de coco (*Cocos nucifera*) foi obtida junto à empresa Sindifibras, Salvador-BA e o sorvente comercial à base de turfa (Peat Sorb), importado do Canadá, foi adquirido junto à empresa Ecosorb de Americana-SP.

2.2 Métodos

A caracterização dos biosorventes e os ensaios de sorção foram realizados no Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos - Departamento de Recursos Naturais da FCA - Faculdade de Ciências Agrônomicas na UNESP – Campus de Botucatu-SP.

2.2.1 Caracterização dos biosorventes

As fibras de coco após moagem e o sorvente comercial a base de turfa, foram classificados em um conjunto de peneiras (3350 μm , 850 μm , 425 μm e 180 μm) com agitador de peneiras BERTEL.

As amostras dos biosorventes, fibra de coco e turfa, foram caracterizadas quando ao teor de umidade pela norma TAPPI 264 om-97 e o teor de cinzas pela norma TAPPI T 211 om-93 (TAPPI, 1994). A determinação do teor de gordura foi realizada pela metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) por extração em soxhlet com éter de petróleo.

A caracterização de lignina foi realizada empregando-se a norma TAPPI T222 om-98 e de holoce-lulose pela norma TAPPI T257 om-85 (TAPPI, 1994). A determinação de celulose foi realizada com base no teor de holocelulose, após tratamento de uma amostra de 1 g de holocelulose com 15 mL de hidróxido de potássio a 24,0% por 15 hs.

A hidrofobicidade das fibras foi determinada de acordo com Ribeiro et al. (2003), expondo os biosorventes à uma mistura heterogênea de água e hexano, por três minutos, seguido de repouso por 5 minutos. O material transferido para a fase orgânica foi seco e pesado e, a hidrofobicidade (H%) estimada com base no material que permaneceu na fase orgânica.

2.2.2 Caracterização energética dos biosorventes

Visando a utilização dos biosorventes para geração de energia determinou-se o poder calorífico superior (PCS) das amostras brutas in natura e após sorção de óleos diesel e biodiesel no tempo de 60 min.

As determinações foram realizadas em bomba calorimétrica ALEMMAR Modelo KL-5 e a metodologia para obtenção do poder calorífico superior, baseada no manual de instruções do calorímetro e adaptada segundo a norma ABNT-NBR 8633. O calorímetro apresenta a unidade de calor em kcal/kg, mas optou-se em transformar para kJ/kg (Sistema Internacional de Medidas), multiplicando-se os valores determinados nas equações para PCS por 4,18. A constante K da máquina utilizada foi determinada com ácido benzóico, o valor obtido de K foi de 413,1228.

O Poder calorífico superior foi calculado pela equação: $PCS = [(K + m_{H_2O}) \times \Delta T] / m_1$, onde:

$K = 413,1228$;

$m_{H_2O} = 2700$ g;

$\Delta T = ^\circ C$;

$m_1 =$ massa seca (g).

2.2.3 Experimentos de Sorção

Nos ensaios de sorção empregou-se metodologia semelhante à descrita por Lee et al. (1999). As amostras (0,5g) foram colocadas em contato com 20 g de óleo (aproximadamente 30 mL) à temperatura de 20 a 25 °C durante tempos de 5, 10, 20, 40, 60 e 1440 minutos e, os ensaios foram realizados em triplicata. Os materiais foram filtrados em filtro de náilon com abertura 60 mesh, com auxílio de um sistema de filtração QUIMIS sob vácuo por 1 minuto, em seguida pesados.

A sorção foi calculada com base na massa seca do material sorvente (m_1), $Sorção = (m_2 - m_1 - m_3) / m_1$, onde m_2 é massa da amostra + óleo (g); $m_3 =$ massa do filtro + óleo (g). A unidade usada para a sorção é g/g (ou seja, grama de óleo por grama de sorvente seco).

Os ensaios de sorção foram realizados para as amostras brutas, ou seja, sem classificação granulométrica e para as granulometrias $\leq 180 \mu m$; 180 – 425 μm ; 425 - 850 μm e 850 - 3350 μm .

2.2.4 Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial com três fatores: dois biosorventes (testados em óleos diesel e biodiesel), seis tempos de exposição, quatro granulometrias com três repetições por tratamento.

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a posteriori ao Teste de Tukey a um nível de significância de 95%. Foram utilizados para a análise estatística, o software Statistica 7.0 e a plotagem gráfica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na caracterização bioquímica dos biosorventes, fibra de coco e turfa (Tabela 1), mostram que a turfa apresentou um teor de cinzas elevado de 15,2%, quando comparado ao determinado por Ribeiro et al. (2000), de 9,8%. O teor de cinzas da turfa está relacionado com o conteúdo de argilo minerais presentes, decorrente da sílica presente nas turfeiras. Segundo Moraes (2001), a turfa com teores de cinzas entre 10% e 15% é classificada como pura.

No que diz respeito à caracterização dos teores de lipídeos, lignina, celulose e hemicelulose (Tabela 1), a fibra de coco possui o teor de lignina superior ao da turfa. Este valor assemelha-se ao teor de 31% de lignina determinado por Hill et al. (1998), para esta fibra. Determinaram-se, neste estudo, os teores de celulose e hemicelulose para a fibra de coco de 47,63% e 27,38% respectivamente. Esses valores condizem com os descritos na literatura para a celulose de 47% (HILL et al., 1998) e 47,7% (RAVEENDRAN et al. 1995) e 25,9% determinado para a hemicelulose por Raveendran et al. (1995). Os valores superiores dos constituintes bioquímicos celulose, lignina e hemicelulose da fibra de coco estão relacionadas ao fato da turfa tratar-se de uma substância fóssil, já decomposta (FRANCHI, 2004).

A turfa apresentou teor de lipídeos superior ao determinado para a fibra de coco. O teor de lipídeos de um biosorvente contribui para o aumento da sorção de óleo, uma vez que aumenta a hidrofobicidade ou oleofilicidade dos sorventes. A composição lipídica não se deve somente às gorduras propriamente ditas, mas também, às ceras que são biosintetizadas pelas plantas vasculares (RAVEN et al., 1976).

Tabela 1 - Caracterização bioquímica dos biosorventes (% em massa).

Biosorvente	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Lignina (%)	Celulose (%)	Hemicelulose (%)
Turfa	12,61	15,20	2,65	15,22	36,40	12,23
Coco	9,19	1,35	0,97	31,52	47,63	27,38

A hidrofobicidade da turfa mostrou-se superior àquela determinada para a fibra de coco; 66,9% e 36,0%, respectivamente. A hidrofobicidade indica a afinidade do sorvente pela fase orgânica, assim como verificado por Choi e Cloud, (1992); Lee et al. (1999); Ribeiro et al. (2000); Annunciato et al., (2005); Lim; Huang, (2007b); sorventes com elevada hidrofobicidade exibem maior sorção.

Na Tabela 2 encontram-se os valores de sorção para as amostras brutas, ou seja, sem classificação granulométrica, dos biosorventes, turfa e a fibra de coco submetidas a ensaios de sorção de óleos diesel e biodiesel nos tempos de 5, 10, 20, 40, 60 e 1440 min.

Tabela 2 - Sorção de óleo diesel e biodiesel pelos biosorventes (\pm desvio padrão)

		Sorção (g/g) nos tempos (min)						
Biosorvente		5	10	20	40	60	1440	Média
	Turfa	1,26 \pm 0,11	1,22 \pm 0,02	1,17 \pm 0,09	1,21 \pm 0,03	1,26 \pm 0,05	1,28 \pm 0,06	1,23 \pm 0,07
	Diesel							
	Coco	0,68 \pm 0,22	0,78 \pm 0,10	0,66 \pm 0,08	0,70 \pm 0,09	0,73 \pm 0,08	0,98 \pm 0,16	0,76 \pm 0,16
	Turfa	0,81 \pm 0,05	0,81 \pm 0,02	0,87 \pm 0,02	0,83 \pm 0,10	0,81 \pm 0,06	0,97 \pm 0,04	0,85 \pm 0,08
	Biodiesel							
	Coco	0,62 \pm 0,03	0,64 \pm 0,03	0,77 \pm 0,14	0,70 \pm 0,01	0,75 \pm 0,02	1,08 \pm 0,08	0,76 \pm 0,17

A turfa mostrou-se superior a fibra de coco na sorção média de diesel nos tempos investigados. No entanto, na sorção de biodiesel os valores foram semelhantes para os dois biosorventes, mas inferiores àqueles determinados para a sorção de diesel. A maior sorção pela turfa relaciona-se a ser um material poroso, altamente polar com elevada capacidade de moléculas orgânicas polares (FRANCHI, 2004).

Após determinação da sorção das amostras brutas os ensaios de sorção foram realizados para as quatro granulometrias $\leq 180 \mu\text{m}$; $180 - 425 \mu\text{m}$; $425 - 850 \mu\text{m}$ e $850 - 3350 \mu\text{m}$.

Os resultados de sorção média de óleos diesel e biodiesel para os biosorventes coco e turfa para cada granulometria mostraram diferença significativa na interação biosorvente versus granulometria ($F=533,7$; $p<0,05$). O comportamento dos biosorventes em relação à sorção média de óleos diesel e biodiesel apresentou valores semelhantes nas granulometrias $\leq 180 \mu\text{m}$ e $425-850 \mu\text{m}$ (Figura 1). A turfa exibiu os maiores valores médios de sorção dos dois óleos nas granulometrias intermediárias. O aumento da granulometria para a fibra de coco ocasionou aumento na sorção média dos óleos, sendo que a fibra de coco na granulometria $850-3350 \mu\text{m}$ exibiu sorção de óleo diesel e biodiesel de 1,37 g e 1,66 g, respectivamente.

Pode-se perceber a importância do controle da granulometria dos biosorventes para um bom desempenho como sorventes de óleo diesel e biodiesel. Para ambos os óleos a fibra de coco demonstrou um aumento da capacidade de sorção com o aumento da granulometria. Saito et al. (2003) constataram que para a fibra sugi bark o tamanho de 600 μm mostrou-se 50% mais eficiente que a fibra com 53 μm .

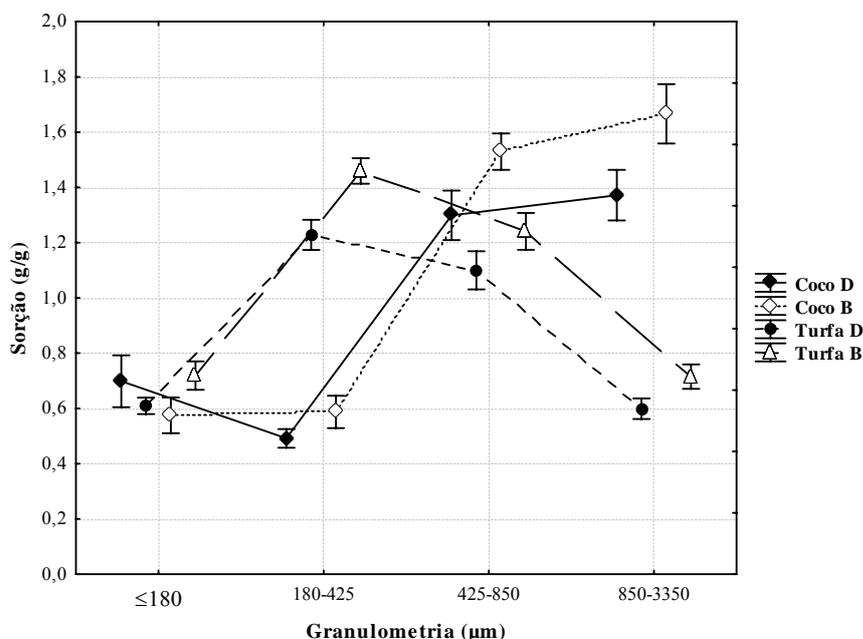


Figura 1 - Valores médios de sorção de diesel e biodiesel e erro padrão em relação à granulometria para os biosorventes (Coco e Turfa).

Annunciado et al. (2005) determinaram a sorção de óleo cru pela fibra de coco (nas frações >3350 μm e $850-1700$ μm) e obtiveram $1,8$ g/g e $5,4$ g/g, respectivamente para o tempo de 60 min. No presente estudo, para este tempo na fração de $850-3350$ μm , observa-se o valor médio de sorção de $1,5$ g/g. A sorção de óleo cru é superior devido a viscosidade superior e as interações deste com o material sorvente. Este resultado está de acordo com o citado por Srinivasan e Viraghavan (2008) a penetração do óleo no interior do sorvente é inversamente proporcional à viscosidade do óleo, pois a viscosidade aumenta a sorção uma vez que o óleo permanece por mais tempo nos poros, portanto é esperada uma menor sorção do diesel e biodiesel em comparação ao óleo cru devido a sua viscosidade distinta.

A fibra de coco e a turfa apresentaram sorções superiores de biodiesel em comparação ao diesel, naquelas granulometrias de melhor desempenho, evidenciando uma maior afinidade destas por este combustível. Esta maior afinidade pode estar relacionada com semelhanças químicas deste óleo com constitu-

intes das fibras que aumentam a hidrofobicidade, e por consequência aumentam as interações de Van der Waals (LEE et al., 1999; LIM, HUANG, 2007b; TEAS et al., 2001).

Quando analisada a interação biosorvente, tempo de exposição ao biodiesel e granulometria houve diferença significativa ($F=3,45$; $p<0,05$). Observou-se comportamento distinto para cada biosorvente em relação à sorção média de biodiesel (Figura 2).

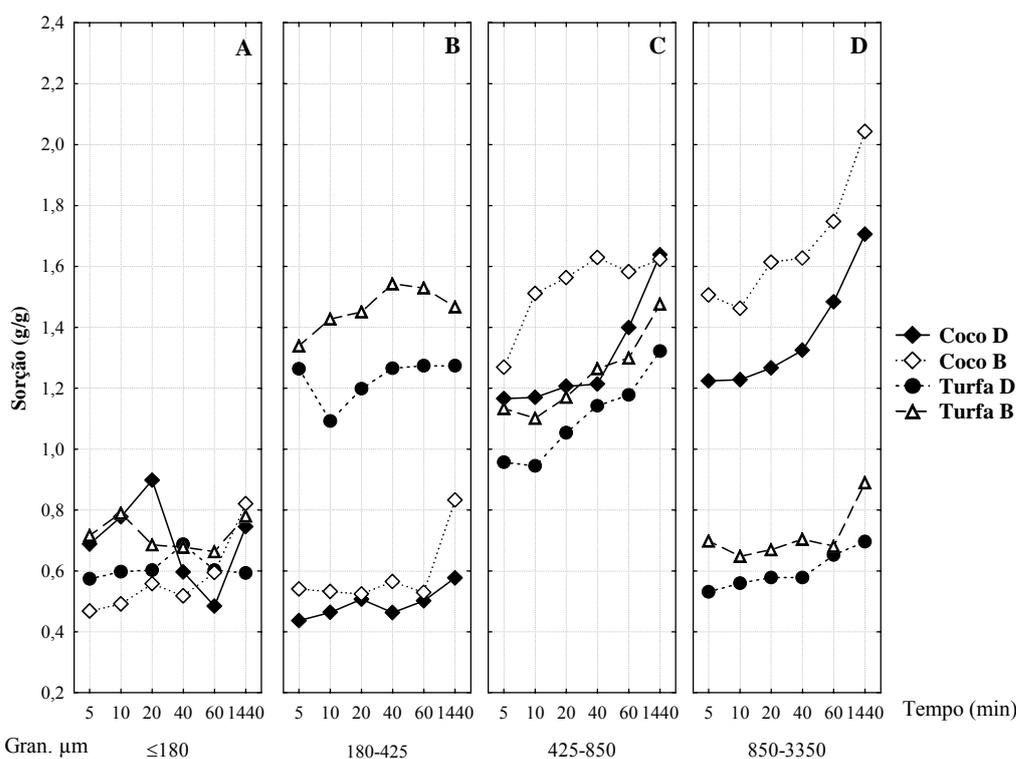


Figura 2 - Valores médios de sorção de diesel em relação à granulometria e tempo de exposição para os biosorventes: taboa inteira, taboa aérea e turfa. A) ≤ 180 μm ; B) 180-425 μm ; C) 425-850 μm e D) 850-3350 μm .

Para o coco nas maiores granulometrias verificou-se um comportamento de sorção com valores médios crescentes com o aumento do tempo de exposição aos óleos (Figura 2D). No comparativo da capacidade de sorção, do biosorvente comercial turfa com a fibra de coco, apenas na granulometria 180-425 μm este apresentou valores superiores em todos os tempos (Figura 2B).

Após a utilização do biosorvente, este deve ser recolhido e encaminhado para destinação final adequada, mediante aprovação do órgão ambiental competente (LOPES et al., 2005). Uma forma de aproveitamento deste resíduo é a incineração com o propósito de geração de energia. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de Poder Calorífico Superior dos biosorventes antes de sua utilização (in natura) e após sorção dos óleos diesel e biodiesel no tempo de 60 min.

Tabela 3 - Poder Calorífico Superior (PCS) dos biosorventes in natura e após sorção de Diesel e Biodiesel.

Biosorvente	in natura	Diesel	Biodiesel
	PCS (kJ/kg)	PCS (kJ/kg)	PCS (kJ/kg)
Turfa	16823,6	30034,9	26831,5
Coco	19226,1	23607,4	24202,3

A turfa é considerada energética quando possui teor de cinzas inferior a 25% e PCS maior que 14653,8 kJ/kg (MORAES, 2001). Na Tabela 3 pode-se verificar PCS para a turfa de 16823,6 kJ/kg indicando que esta também pode ser empregada como combustível, no entanto, ela apresenta PCS inferior ao apresentado pela fibra de coco. Embora a fibra de coco in natura seja mais energética que a turfa, após sorção dos óleos (diesel e biodiesel), verifica-se que esta apresenta valores inferiores àqueles determinados para a turfa. Este fato deve-se a sorção dos óleos (diesel e biodiesel) pela amostra bruta da turfa ser superior à sorção da fibra de coco (Tabela 2). Como a fibra de coco apresentou sorção semelhante para os dois óleos, os PCS também são próximos.

4 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos pode-se concluir que para a amostra bruta, a fibra de coco exibe sorção de biodiesel semelhante ao sorvente comercial. No entanto, a sorção de diesel é inferior. A separação granulométrica mostrou que para a fibra de coco as maiores granulometrias apresentou uma maior capacidade de sorção para os dois óleos: diesel e biodiesel. O poder calorífico superior (PCS) das amostras in natura e após sorção de óleo sugerem uma forma de aproveitamento destes biosorventes na geração de energia.

5 AGRADECIMENTOS

Sindifibras, Biopar, FAPESP, UNESP e UFPR.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 8633**: Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

ANNUNCIADO, T. R.; SYDENSTRICKER, T. H. D.; AMICO, S. C. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills. **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 50, p. 1340–1346, 2005.

CHOI, H. M.; CLOUD, R. M. Natural sorbents in oil spill cleanup. **Environmental and Science Technology**, Washington, v. 26, n.4, p.772–776, 1992.

ECOSORB. Disponível em:< <http://www.ecosorb.com.br/>>. Acesso em: 06 nov. 2009.

FRANCHI, J. G. **A utilização de turfa como adsorvente de metais pesados**. 2004. 198 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GOUVEIA, J. L. N.; NARDOCCI, A. C. Acidentes em postos e sistemas retalhistas de combustíveis: subsídios para a vigilância em saúde ambiental. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p.317-324, 2007.

HILL, C. A. S.; KHALIL, H. P. S. A.; HALE, M. D. A study of the potential of acetylation to improve the properties of plant fibres. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 8, p. 53-63, 1998.

LEE, B. G.; HAN, J. S.; ROWELL, R. M. Oil sorption by lignocellulosic fiber: Kenaf properties, processing and products. Mississippi State. Mississippi State University, **Ag & Bio Engineering**, Starkville, p. 423-433, 1999.

LIM, T. T.; HUANG, X. Evaluation of hydrophobicity/oleophilicity of kapok and its performance in oily water filtration: Comparison of raw and solvent-treated fibers. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.26, p. 125–134, 2007a.

LIM, T. T.; HUANG, X. Evaluation of kapok (*Ceiba pentandra (L) Gaertn.*) as a natural hollow hydrophobic-oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup. **Chemosphere**, Amsterdam, v.66, p. 955–963, 2007b.

- LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; GOUVEIA, J. L. M. Materiais Absorventes. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, n. 53, p. 42-46, 2005.
- MORAES, J. F. S. M. Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Informe de Recursos Minerais, Série Oportunidades Minerais, Exame Atualizado de Projeto**, Recife, n. 14, 16 p., 2001. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/opor/pdf/turfarn.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2010.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; CURTIS, H. **Biologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985. 571p.
- RAVEENDRAN, K.; GANESH, A.; KHILAR, K. C. Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics. **Fuel**, Amsterdam, v. 74, n. 12, p.1812-1822, 1995.
- RIBEIRO, T. H.; RUBIO, J.; SMITH, R. W. A dried hydrophobic aquaphyte as an oil filter for oil/water emulsions. **Spill Science & Technology Bulletin**, Amsterdam, v. 8, p. 483-489, 2003.
- RIBEIRO, T. H.; SMITH, R. W.; RUBIO, J. Sorption of Oils by the Nonliving Biomass of a *Salvinia* sp. **Environmental and Science Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 24, p. 5201-5205, 2000.
- SAITO, M., et al. Development and water tank tests of Sugi bark sorbent (SBS). **Spill Science & Technology Bulletin**, Amsterdam, v. 8, n. 5-6, p. 475-482, 2003.
- SALANITRO, J. P. et al. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment. **Environmental and Science Technology**, Washington, v. 31, p. 1769-1776, 1997.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002, 235 p.
- SRINIVASAN, A.; VIRAGHAVAN, T. Removal of oil by walnut shell media. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 99, p. 8217-8220, 2008.
- TEAS, C. et al. Investigation of the effectiveness of sorbent materials in oil spills clean up. **Desalination**, Amsterdam, v. 140, p. 259-264, 2001.

TAPPI. Preparation of Wood for Chemical Analysis - T 264 om-97. In: TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI Standard Method**. Atlanta: TAPPI, 2000. CD-ROM.

TAPPI. Ash in wood - T 211 om-93. In: TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI Standard Method**. Atlanta: TAPPI, 2000. CD-ROM.

TAPPI. Lignin in wood - T 222 om-98. In: TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI Standard Method**. Atlanta: TAPPI, 2000. CD-ROM.

TAPPI. Holocellulose in wood - T 257 om-85. In: TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI Standard Method**. Atlanta: TAPPI, 2000. CD-ROM .