



Análise da capacidade de sorção de petróleo por fibras de sisal, abacaxi e curauá

Tatiana Ribeiro Ferreira¹, George Santos Marinho²

¹ PPGEM / ANP-PRH-30 / UFRN (tatianaferreira@ymail.com)

² DEM / UFRN (gmarinho@ct.ufrn.br)

Resumo

São apresentados os resultados da pesquisa sobre a capacidade de sorção de petróleo por três tipos de fibras vegetais, obtidas das folhas de sisal (*Agave sisalana*), curauá (*Ananas erectifolius*) e abacaxi (*Ananas comosus*). Seis amostras de cada tipo de fibra foram colocadas em três meios distintos: água do mar, petróleo e água do mar com petróleo. Nas análises dos dois primeiros casos foram considerados três tempos de testes: 20, 40 e 60 min. Com base nas pesagens das amostras antes e depois dos ensaios, determinou-se o grau de sorção em cada meio. Na terceira situação, as fibras foram avaliadas qualitativamente em relação à seletividade por água ou óleo. Na análise dos resultados constatou-se a possibilidade de aplicação das fibras de curauá e abacaxi para sorção de petróleo.

Palavras-chave: Derramamento de petróleo. Sorção. Fibras vegetais.

Área Temática: Tecnologias Ambientais

1 Introdução

O derramamento de petróleo em água constitui uma das fontes de poluição com maior impacto na natureza. Considerando-se apenas águas navegáveis norte-americanas, entre 1991 e 2000 a média anual foi de 6,8 milhões de litros derramados (GIBSON, 2002). O incremento na segurança atingido nos últimos anos diminuiu, mas não eliminou o risco de acidentes.

Em estudo realizado sobre vazamentos no litoral norte do Estado de São Paulo, Poffo, Xavier e Serpa (2001) constataram que, no período entre 1974 e 2000, 75% dos vazamentos estão associados a acidentes de pequeno porte, i.e., inferiores a 1 m³. Apesar de biodegradável, o petróleo derramado em águas oceânicas pode causar danos por até 10 anos (NOVELLI, 1991 apud POFFO, XAVIER e SERPA, 2001).

Para Mariano (2001), considerando-se que a exploração do petróleo é uma das atividades mais lucrativas do mundo, e sendo o refino do petróleo uma das atividades humanas de maior potencial poluidor, a cobrança da sociedade por uma legislação ambiental mais rigorosa poderia reduzir os impactos ambientais dessas atividades.

Existem diferentes técnicas para combate ao derramamento de petróleo em água, como o uso de barreiras de contenção, aplicação de agentes dispersantes, solidificantes e biodegradantes, utilização de materiais sorventes, submersão de tanques, bombeamento da mistura petróleo-água para tanques flutuantes e até a queima *in loco* (FINGAS, 2000).

Os materiais sorventes podem ser sintéticos ou naturais. Choi e Cloud (1992) investigaram o uso de fibras vegetais para sorção de petróleo, tendo associado a maior capacidade de sorção ao maior teor de gordura presente nas fibras.

Setti, Mazzieri e Pifferi (1999), considerando técnicas de biorremediação aplicada ao petróleo, conseguiram aumentar a velocidade de degradação de óleo pesado em água quando materiais sorventes naturais e sintéticos foram combinados ao bacilo *Pseudomonas sp.*



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Inagaki et al. (2002) investigaram o potencial de aplicação de fletro de fibra de carbono para sorção de petróleo. Constataram a grande influência exercida pela aspereza da superfície das fibras na capacidade de sorção.

Aisien, Hymore e Ebewele (2003) realizaram experimentos para verificar a possibilidade de uso de resíduo de borracha de pneus como material absorvente de petróleo. Constataram a forte dependência da capacidade de absorção em relação à granulometria das partículas de borracha. Lin, Huang e Shern (2008) também consideraram o uso de resíduo de borracha como material de sorção de petróleo. Constataram que o pó de borracha de pneu tem eficiência de sorção maior em água do mar do que em água doce.

Wei et al. (2003) atestam que, devido à baixa densidade, baixo arraste de água e excelentes resistências física e química, o polipropileno é o material ideal para recuperação de petróleo derramado em ambiente marinho.

Adebajo et al. (2003) realizaram revisão sobre materiais utilizados na limpeza de áreas afetadas por derramamento de petróleo. Focaram atenção em aerogéis de sílica, zeolitos, argilas e sorventes naturais. Destacaram a possibilidade de aproveitamento de resíduos sólidos gerados pela indústria como material para sorção de petróleo, especialmente aqueles contendo sílica e alumina. Sugeriram que fibras de algodão e de cana-de-açúcar, papel, madeira e outros materiais com lignocelulose apresentam viabilidade técnica e econômica para aplicação na limpeza de derramamento de petróleo, além das vantagens do ponto de vista ambiental.

Khan, Virojnagud e Ratpukdi (2004) analisaram a aplicação de fibras vegetais (capoc, cavaco de madeira, casca de arroz, fibra da casca do coco, bagaço de cana-de-açúcar) como sorvente de petróleo em água, comparando-as com fibras de poliéster. Concluíram que a seletividade (propriedade hidrofóbica) e as características físicas dos materiais utilizados como sorventes são os principais fatores que influenciam a capacidade de sorção de petróleo.

Lim e Huang (2006) estudaram a aplicação da fibra de capoc em uma parede seletiva para separação de óleo Diesel em meio aquoso, tendo obtido excelentes resultados graças às propriedades hidrofóbicas e oleofílicas da fibra.

Suni (2006) analisou o potencial do capim algodão (“cotton grass” – *Eriophorum vaginatum*) aplicado à limpeza de óleo derramado em solos de áreas de baixas temperaturas.

Gheit, Khalil e Moghny (2006) evidenciaram a influência da forma geométrica (grãos ou fitas) de resíduo plástico na adsorção de petróleo leve e pesado espalhado em água do mar.

Tanobe et al. (2006) demonstraram que, devido à estrutura tipo membrana e às suas propriedades intrínsecas, o resíduo de espuma de poliuretano permitem uma alta taxa de remoção do petróleo em água do mar.

Bonetti, Sydenstricker e Amico (2006) investigaram a capacidade de sorção de petróleo por fibras do “capim dos pampas” (*Cortaderia selloana*), identificando-as como um material viável para aplicação ao combate ao derramamento de petróleo em águas.

Rajakovic et al. (2007) e Radetic et al. (2008) realizaram análises experimentais cujos resultados indicaram que a fibra de lã pode ser utilizada para tratamento de águas contaminadas por óleo e para remoção de petróleo derramado em água.

Apesar da vasta gama de materiais e técnicas disponíveis para contenção e recuperação de petróleo derramado em mar, as medidas adotadas em acidentes permitem recuperar somente de 10 a 15% do petróleo derramado (FERRÃO, 2005).

Como relatado acima, o uso de sorventes constitui uma das técnicas mais difundidas de remediação de derramamento de petróleo em águas. Eles permitem a limitação da área poluída, proteção de áreas costeiras e inclusive a recuperação do petróleo. Hidrofobicidade e oleofilia são os requisitos básicos de qualquer sorvente destinado à remediação de derramamentos, mas o reuso e a biodegradabilidade também têm papel preponderante (CHOI e CLOUD, 1992). No presente trabalho, considerou-se a possibilidade de uso de fibras vegetais de folhas na sorção de petróleo.



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

2 Metodologia

Amostras de fibras de abacaxi e sisal foram cedidas pelo Deptº de Engenharia Têxtil da UFRN; amostras de fibra de curauá foram doadas pela Profa. Eve Aquino, do Deptº de Engenharia Mecânica da UFRN (Figura 1).



Figura 1 – Amostras de fibras: (a) sisal, (b) curauá e (c) abacaxi.

A amostra de petróleo foi dada pela PETROBRAS – Unidade de Produção do RN, coletada no Ativo de Produção Canto do Amaro-RN, Estação AP-G, poço PTS-02U, em 21/02/2008. No laboratório do Núcleo de Pesquisa em Petróleo e Gás, da UFRN, realizou-se a análise de viscosidade, em 17/09/2008 (Figura 2), onde foi utilizado o viscosímetro Saybolt Furol (Pavitest®). A amostra de petróleo apresentou viscosidade de 66,5 sSF, a 28°C. A amostra de água do mar foi coletada na praia de Ponta Negra, em Natal-RN, em 24/09/2008.



Figura 2 – Viscosímetro.

Utilizou-se uma carda manual para realizar limpeza, paralelização e seleção das fibras. Em seguida, as fibras foram preparadas manualmente para adquirir formato de bolas (Figura 3). Foram avaliadas seis amostras de cada tipo de fibra para cada tipo de ensaio. Os ensaios foram divididos em três etapas, de acordo com o meio em que as amostras eram colocadas: água do mar, petróleo e água do mar com petróleo. Nas duas primeiras etapas, as amostras foram avaliadas por três períodos de tempo diferentes: 20, 40 e 60 min. Após o período de imersão, a amostra retirada do fluido era mantida suspensa para drenagem por 1 min, conforme procedimento adotado por Choi e Cloud (1992) , Tanobe et al. (2006), Rajakovic et al. (2007) e Ferreira e Marinho (2008).

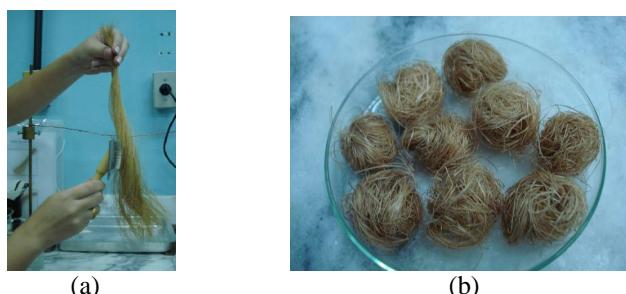


Figura 3 – Preparação das amostras: (a) cardagem manual, (b) amostras formatadas.



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Para estes ensaios foram utilizados 50 ml de óleo e 300 ml de água do mar. Após a drenagem, foram feitas pesagens das amostras em uma balança digital (KN Waagen, modelo KN4000), com resolução de 0,5 g, onde foram determinados inicialmente os pesos das amostras “secas”. Na Figura 4 detalhes dos procedimentos podem ser observados.

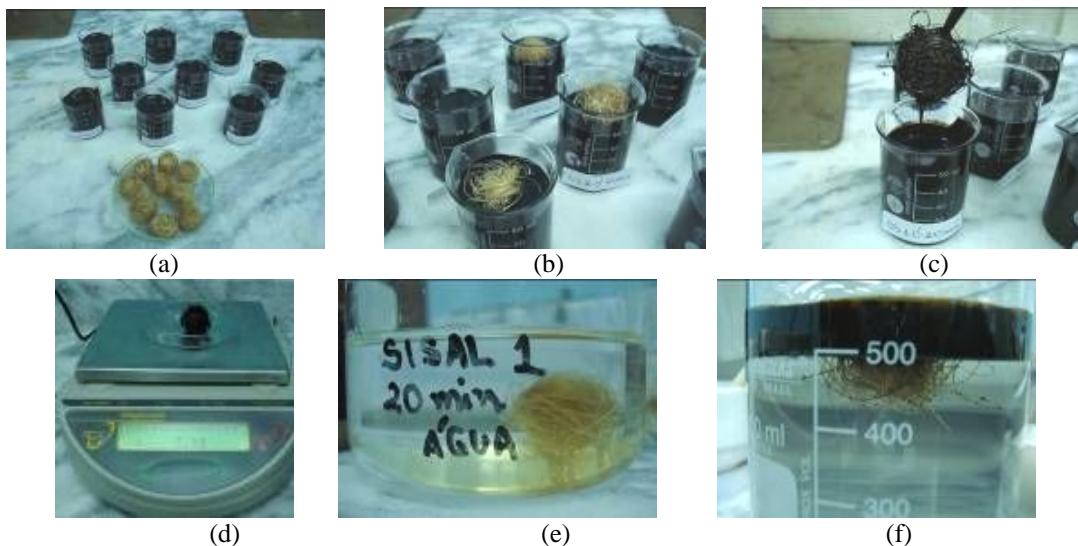


Figura 4 – Etapas: (a) preparação; (b) ensaios com petróleo; (c) drenagem; (d) pesagem; (e) ensaios com água do mar; (f) ensaios com petróleo e água do mar

O grau de sorção das fibras foi determinado calculando-se a razão entre a massa de fluido retido e a massa das fibras antes do contato com os meios, por meio da equação (1):

$$GS = \frac{g_{FLUIDO} - g_{FIBRA}}{g_{FIBRA}} \quad (1)$$

onde: GS – grau de sorção de fluido (adimensional)

g_{FLUIDO} – massa da amostra embebida no fluido (g)

g_{FIBRA} – massa da amostra “seca” (g)

Na terceira etapa dos ensaios, as amostras foram gentilmente colocadas em um becker contendo 500 ml de água do mar e 50 ml de petróleo. Após 60 minutos, avaliou-se qualitativamente o comportamento das fibras quanto à seletividade em relação aos fluidos.

3 Resultados e Análises

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos nos experimentos realizados com as fibras colocadas em petróleo.

Tabela 1 – Grau de sorção médio de petróleo

Fibras	Grau de sorção médio		
	20 min	40 min	60 min
Abacaxi	10,13 ± 1,94	10,12 ± 1,28	11,25 ± 2,48
Curauá	9,44 ± 1,07	9,34 ± 1,54	10,19 ± 1,19
Sisal	5,11 ± 1,21	6,71 ± 1,96	6,19 ± 1,37



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Constatou-se que as fibras de abacaxi apresentam maior grau de sorção que as demais fibras, em todas as situações (20, 40 e 60 min); em média 11% maior que as fibras de curauá e 58% maior que as de sisal. Na Figura 5, os resultados dos valores médios obtidos nos ensaios podem ser melhor visualizados.

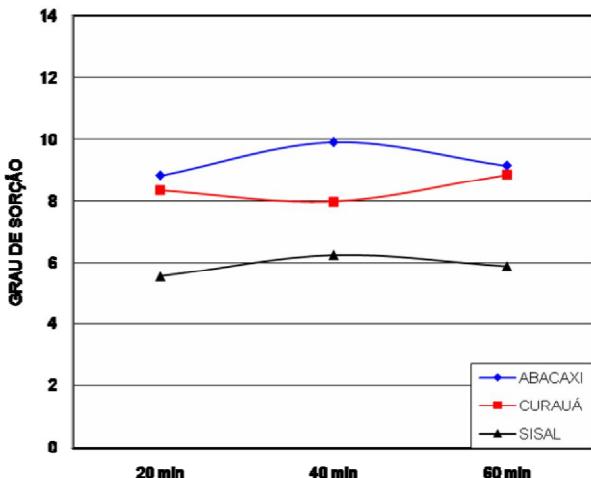


Figura 5 – Graus de sorção de petróleo.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos nos experimentos realizados com as fibras colocadas em água do mar.

Tabela 2 – Grau de sorção médio de água do mar

Fibras	Grau de sorção médio		
	20 min	40 min	60 min
Abacaxi	8,84 ± 1,62	9,91 ± 1,22	9,16 ± 2,01
Curauá	8,34 ± 0,57	7,98 ± 0,88	8,86 ± 0,38
Sisal	5,55 ± 0,91	6,25 ± 0,40	5,89 ± 0,68

Observou-se que as fibras de abacaxi apresentaram hidrofilidade maior quando comparadas às outras fibras, em todas as situações (20, 40 e 60 min); em média 9% a mais que as fibras de curauá e 77% a mais que as de sisal. Na Figura 6 pode-se visualizar melhor os resultados obtidos.

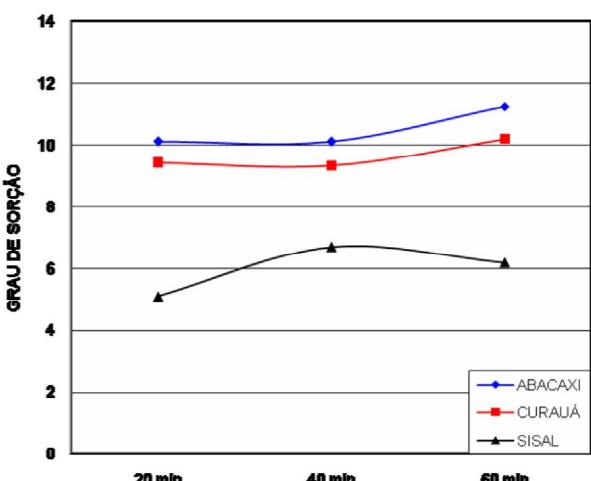


Figura 6 – Graus de sorção de água do mar.



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Nas Figuras 7 e 8 são observados detalhes dos ensaios de análise de seletividade das fibras em meio composto por petróleo e água do mar. Com base nas observações dos ensaios, constatou-se que quando as fibras são colocadas em recipiente contendo os dois fluidos, a fibra mais seletiva pela água do mar é o sisal e a fibra mais seletiva pelo petróleo é o abacaxi.



Figura 7 – Preparação dos ensaios para análise de seletividade.

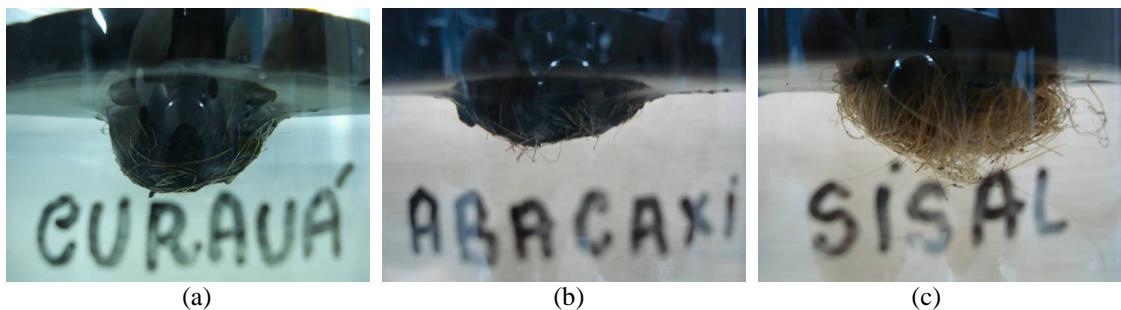


Figura 8 – Ensaios para análise de seletividade: (a) curauá; (b) abacaxi; (c) sisal.

4 Conclusões

A capacidade de sorção de fibras vegetais foi investigada com o objetivo de determinar o potencial de remediação de derramamentos de petróleo em mar. Constatou-se que as fibras analisadas mostraram-se tanto hidrofílicas quanto oleofílicas. Com base nas análises de seletividade, as fibras de curauá apresentaram maior possibilidade de aplicação como material para sorção de petróleo em água do mar. Acredita-se que a diferença de grau de sorção entre as fibras pode ser atribuída às diferenças de propriedades químicas, físicas e estruturais. Para tanto, já estão em andamento análises de espectroscopia eletrônica de varredura e de espectroscopia de foto-elétrons excitados por raios X. Conforme observado por Choi e Cloud (1992), o teor de gordura presente nas fibras pode ter papel preponderante na sorção de petróleo, razão pela qual se pretende estender as análises para investigar essa característica. Como observou Suni (2006), nem toda contaminação por petróleo é antropogênica: cerca de 47% da poluição causada por petróleo em oceanos provém de fontes naturais. Contudo, tendo em vista as perspectivas de incremento das atividades da indústria petrolífera nos próximos anos, prevê-se o aumento do risco de derramamento, razão pela qual se deve dispor de meios para evitar e também combater os acidentes.

Agradecimentos

À Agência Nacional de Petróleo – ANP, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN – PPGEM e à PETROBRAS – Unidade de Produção do RN.



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Referências

- ADEBAJO, M. O. et al. **Porous materials for oil spill cleanup:** a review of synthesis and absorbing properties. *Journal of Porous Materials*, v. 10, p. 159-170, 2003.
- AISIEN, F. A.; HYMORE, F. K.; EBEWELE, R. O. **Potential application of recycled rubber in oil pollution control.** *Journal Environmental Monitoring and Assessment.* v. 85, [n. 2], p. 175-190, 2003.
- BONETTI, T. F.; SYDENSTRICKER, T. H. D.; AMICO, S. C. Avaliação da *Cortaderia selloana* (capim-dos-pampas) como material sorvente para o setor do petróleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS – CBECIMat, 17º, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: [s. n.], 2006. 10 p., 1 CD-ROM.
- CHOI, H. M.; CLOUD, R. M. **Natural sorbents in oil spill cleanup.** *Journal Environmental Science and Technology*, v. 26, n. 4, p. 772-776, 1992.
- FERRÃO, C. M. **Derramamentos de óleo no mar por navios petroleiros.** 2005. 36 p. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em M.B.E. – Pós Graduação Executiva em Meio Ambiente). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- FERREIRA, T. R., MARINHO, G. S. **Estudo da sorção de petróleo por fibras vegetais.** *Revista Mens Agitat*, v. 3, p. 25-32, 2008.
- FINGAS, M. **The basics of oil spill cleanup.** 2nd ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. ISBN 1-56670-573-1.
- GHEIT, A. K. A.; KHALIL, F. H.; MOGHNY, T. A. **Adsorption of spilled oil from seawater by waste plastic.** *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP (Institut Français du Pétrole)*, v. 61, n. 2, p. 259-268, 2006.
- GIBSON, P. **Oil spills in U.S. Navigable Waters:** 1991-2000. Washington: American Petroleum Institute, fev. 2002.
- INAGAKI, M. et al. **Heavy oil sorption and recovery by using carbon fiber felts.** *Journal Carbon*, v. 40, p. 1487-1492, 2002.
- KHAN, E.; VIROJNAGUD, W.; RATPUKDI, T. **Use of biomass sorbents for oil removal from gas station runoff.** *Journal Chemosphere*, v. 57, p. 681-689, 2004.
- LIM, T. T.; HUANG, X. F. **In situ oil/water separation using hydrophobic-oleophilic fibrous wall:** a lab-scale feasibility study for groundwater cleanup. *Journal of Hazardous Materials B*, v. 137, p. 820-826, 2006.
- LIN, C.; HUANG, C. L.; SHERN, C. C. **Recycling waste tire powder for the recovery of oil spills.** *Journal Resources, Conservation and Recycling*, 5 p., 17 June 2008.
- MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo.** 2001. 279 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

POFFO, I. R. F.; XAVIER, J. C. M.; SERPA, R. R. **A história dos 27 anos de vazamento de óleo no litoral norte do Estado de São Paulo (1974 - 2000).** Revista Meio Ambiente Industrial, [São Paulo], n. 30, 2001, p. 98-104.

RADETIC, M. et al. **Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water.** Journal Chemosphere, v. 70, p. 525-530, 2008.

RAJAKOVIC, V. et al. **Efficiency of oil removal from real wastewater with different sorbent materials.** Journal of Hazardous Materials, v. 143, p. 494-499, 2007.

SETTI, L.; MAZZIERI, S.; PIFFERI, P. G. **Enhanced degradation of heavy oil in an aqueous system by a *Pseudomonas sp.* in the presence of natural and synthetic sorbents.** Jour. Bioresource Technology, v. 67, p. 191-199, 1999.

SUNI, S. **Remediation of hydrocarbon contaminants in cold environments:** electrokinetically enhanced bioremediation and biodegradable oil sorbents. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. Department of Chemical Technology. Helsinki University of Technology. 3 November 2006. 56 p.

TANOBE, V. O. A. et al. Estudo cinético da sorção de óleo-cru e diesel por espumas de PU flexíveis. In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IBP, 2006. IBP1593_06, 6 p., 1 CD-ROM.

WEI, Q. F. et al. **Evaluation of nonwoven polypropylene oil sorbents in marine oil-spill recovery.** Journal Marine Pollution Bulletin, v. 46, p. 780-783, 2003.