

IV-274 - RESINAS ALQUÍDICAS MAGNÉTICAS “VERDES” PARA REMEDIAÇÃO DE ACIDENTES AMBIENTAIS CAUSADOS POR DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO

Lizandra Viana Maurat da Rocha⁽¹⁾

Graduanda em Nanotecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Thais Delazare⁽²⁾ - Orientadora

Graduação em Química (Bacharelado e Licenciatura) pela Universidade Federal do Espírito Santo (2001), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (2004) e doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010).

Endereço⁽²⁾: Av. Brigadeiro Trompowski, s/n - Centro de Tecnologia - Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química - UFRJ. Bloco A, sala 632 / Ilha do Fundão, Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ - CEP: 21949-900 – Brasil - Tel: +55(21) 2562-7818 / Fax. +55 (21) 2562-7559 - e-mail⁽¹⁾: lizandramaurat@nano.ufrj.br

RESUMO

Este projeto versa sobre a obtenção de uma bioresina magnética para remediação de acidentes ambientais causados por derramamento de petróleo, visto que ainda não se chegou a um material totalmente eficiente para contenção e remoção de óleos (usam-se adsorventes muitas vezes caros, tóxicos de algum modo ou realizam a queima *in situ*, que libera gases indesejáveis). Tal resina, sintetizada de modo sustentável, através de óleo de soja usado em fritura e glicerina residual de biodiesel, além de aglomerar o petróleo derramado é ecologicamente correta por conferir utilidade a resíduos produzidos em grande escala e não absorvidos pelo mercado de reciclagem tradicional, cujo descarte é prejudicial ao ambiente. Seguindo o método de Fazenda (2009), a síntese de resinas alquídicas é realizada pela poliesterificação de um poliálcool com um poliácido.

Deste modo, a obtenção da resina se procedeu nas seguintes etapas; primeiramente foi coletado o resíduo oriundo do óleo de fritura e o glicerol residual de biodiesel. Após esta coleta, foi feita a síntese e caracterização da bioresina preparada através da hidroxilação pelo método “perácido *in situ*” do óleo utilizado. Este óleo foi transesterificação com um álcool polifuncional e posteriormente esta resina foi para secagem. Essas etapas foram caracterizadas. Juntamente, foi realizada a síntese das nanopartículas magnéticas. O uso da resina alquídica como matriz de compósitos foi utilizada nos testes de aglomeração e remoção de petróleo em escala de bancada.

Os resultados de cada uma das etapas foram positivos e bastante condizentes com a literatura no que diz respeito às modificações no óleo residual. Os testes de aglomeração indicaram que a bioresina, contendo 100% de anidrido ftálico, sem excesso de glicerol, tem potencial para ser aplicada no meio ambiente, a fim de minimizar impactos causados por derramamento de óleo. Curiosamente, o acréscimo de anidrido maleico não diminuiu o tempo de cura da resina, como descrito na literatura de referência, pois, provavelmente, o frasco de reagente estivesse contaminado com ácido maleico. Foi possível remover: até 10,0g de petróleo Jubarte com 0,44g de resina alquídica magnetizada; e 2,0g de petróleo Jubarte com apenas 0,05g de resina alquídica magnetizada.

PALAVRAS-CHAVE: Resina Alquídica Magnética, Reciclagem de Resíduos, Derramamento de petróleo, Óleo residual de fritura, Glicerina de Biodiesel.

INTRODUÇÃO

De acordo com Henrique Rattner^[1], não se pode haver dúvidas quanto aos impactos de inovações tecnológicas na vida social, econômica e cultural. É inquestionável a necessidade de pesquisa e desenvolvimento nas sociedades contemporâneas, mas com a condição de que sejam ambientalmente seguros, socialmente benéficos e eticamente aceitáveis.

Atualmente, deparamo-nos com o aumento do consumo de alimentos fritos, já que o processo de fritura é uma alternativa rápida, relativamente barata, ainda muito utilizada em restaurantes e não somente na linha do “fast-food”.

Estudos paralelos sobre os efeitos do consumo de fritura na saúde humana são realizados, pois o óleo vegetal começa a se tornar perigoso à medida que é aquecido a altas temperaturas por tempo prolongado, pois sofre processos de degradação, liberando compostos tóxicos, até mesmo cancerígenos como acroleína e peróxidos^[2]. Por isso, muito se discute e demonstra acerca da viabilidade sócio-ambiental e econômica da coleta seletiva de óleos residuais de fritura para a reciclagem, bem como os prejuízos que o seu descarte incorreto provoca ao meio ambiente.

O óleo despejado na rede hídrica tem capacidade de poluir muitos litros de água. Segunda a revista “Planeta Cidade”, por não se misturar com a água, a presença de óleos nos rios, cria uma barreira que dificulta a entrada de luz e oxigenação da água, comprometendo assim, a base da cadeia alimentar aquática, além de contribuir para a ocorrência de enchentes, devido à impermeabilização do solo e, sobretudo, aumentando o aquecimento do planeta^[3].

O óleo de cozinha despejado nos ralos e nas pias atrai pragas urbanas e danifica as redes de esgoto. De acordo com o programa de reciclagem de óleo de fritura RecÓleo^[4], para desentupir os encanamentos obstruídos por óleo, são utilizados produtos altamente tóxicos (a base de soda cáustica) que acabam prejudicando o meio ambiente. Uma solução viável para o problema do despejo de enormes quantidades de óleo residual de fritura é a coleta seletiva que, além de transformar o óleo e/ou gordura residual em matéria-prima para aproveitamento industrial, contribui para a economia dos recursos naturais e a minimização de impactos ambientais, além de ser vantajosa economicamente para estabelecimentos que produzem o resíduo em grande quantidade.

Além da questão do óleo residual de fritura, existe uma grande preocupação ecológica em torno dos acidentes ocorridos em ambientes aquáticos. No caso de um derramamento de petróleo em alto mar, são lançadas quantidades enormes do produto, formando manchas que são espalhadas pelas correntes marítimas e pelas correntes de ar. A poluição causada pelo petróleo é muito tóxica para os animais marinhos e aves migratórias, além de prejudicar direta e indiretamente a população que vive no litoral das áreas atingidas.

Pela literatura científica, já é possível atenuar e/ou mascarar derramamentos de óleo no oceano, como, por exemplo, através de microorganismo que, além de consumir o óleo, usam o material como fonte primária de carbono para produção de biossurfactantes que, por sua vez, também ajudam na emulsificação das manchas, atenuando-as.^[5]

Analisando outro importante óleo amplamente utilizado no mercado, o biodiesel, encontra-se novamente o problema do destino do resíduo gerado em sua produção, a glicerina. O biodiesel, combustível limpo produzido à partir de óleos vegetais, novos ou usados, ou gorduras animais, através do processo de transesterificação ou alcoólise^[6], passou a ser usado no Brasil em 2005 e se tornou obrigatório em 2008. Desde então, a sua produção apresentou crescimento vertiginoso, revelando um aumento de aproximadamente 1 bilhão de litros de biodiesel em 2008 para a produção de 2.431.128.000 litros em 2011. Como coproduto desta produção, são gerados mais de 243.000.000 litros de glicerina, os quais o mercado de consumo tradicional (de cosmético e farmacêutico) não consegue absorver^[7].

Assim, um desafio atual da indústria é encontrar alternativas de mercado para a glicerina, até mesmo para tornar sustentável a cadeia de produção do biodiesel. E uma forma alternativa de uso deste coproduto pode ser na produção de uma resina alquídica utilizando glicerina residual de biodiesel e óleo de fritura residual.

Esta proposta de pesquisa visa estudar a reciclagem de dois grandes resíduos amplamente produzidos na sociedade, os quais são fontes poluidoras do meio ambiente, dando a eles um destino nobre que é a produção de resinas com potencial para sorver óleos em acidentes ambientais.

Um dos piores desastres com o lançamento de petróleo no oceano ocorreu nos Estados Unidos, no ano de 2010, quando uma quantidade enorme do líquido vazou por meses, atingindo uma extensa área do Golfo do México.^[8] O prejuízo ambiental foi incalculável e muitas espécies animais e vegetais foram atingidas, tanto no mar quanto na costa. E mesmo diante de acidentes aquáticos de derramamento de óleo desta magnitude, mesmo com tantos esforços atualmente, ainda não se chegou a um material eficiente, de baixo custo, de preparo fácil e controlado para recuperação ambiental de ambientes aquáticos que também seja baseado numa

síntese “verde”.^[9] Entre vários métodos para limpeza (remoção) de petróleo derramado, podemos citar a contenção e remoção, o uso de adsorventes ou a queima in situ.^[10]

A resina em questão prioriza a reciclagem de resíduos altamente nocivos ao ambiente (óleo de fritura e glicerina), visando à retirada de outro poluente (petróleo/óleos em geral) na natureza quando lançado por acidente em local inapropriado, sendo uma solução bem vantajosa, uma vez que seja viável a sua produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste projeto, propõe-se como adsorvente a utilização de uma resina produzida a partir de rejeitos oleosos (óleo de fritura e biodiesel). A aglomeração do petróleo em resina alquídic é baseada em propriedades oleofílicas de fácil obtenção e caracterização em laboratório.

Caracterizando o óleo de fritura usado e estudando sua composição, pode-se entender as possibilidades e limitações ligadas à estrutura e consequente reatividade química, uma vez que a presença e concentração de ácidos graxos variam de um óleo para o outro. Isto é, o óleo de mamona, por exemplo, é o único poliol natural derivado de um óleo disponível comercialmente que é produzido diretamente a partir de fontes naturais e que não necessita de um tratamento prévio para que seja utilizado (facilitando o trabalho), o que não acontece nos óleos de soja e girassol. Por ser rico em ácido linoléico (vide Tabela 1), o óleo de soja precisa ter sua estrutura hidroxilada, o que não se faz necessário no caso do ácido ricinoleico, do óleo de mamona, que apresenta ácidos graxos livres.

Tabela 1: Ácidos graxos mais comuns no óleo de soja (COSTA, 2007) ^[11].

Ácido Graxo	Composição Média (%)	Fórmula Estrutural
Palmitico	11	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$
Esteárico	4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$
Oleico	22	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
Linoleico	56	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})\text{CH}_2\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
Linolênico	7	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})\text{CH}_2\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})\text{CH}_2\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$

Para a obtenção da resina renovável proposta neste trabalho, as seguintes etapas foram desenvolvidas:

1) Hidroxilação do óleo de fritura utilizando o método do ácido fórmico e peróxido de hidrogênio “in situ”

O método da hidroxilação do óleo de fritura é o mesmo utilizado por Costa^[11] na hidroxilação de óleo de soja, com adaptações, cuja representação esquemática pode ser observada na Figura 1.

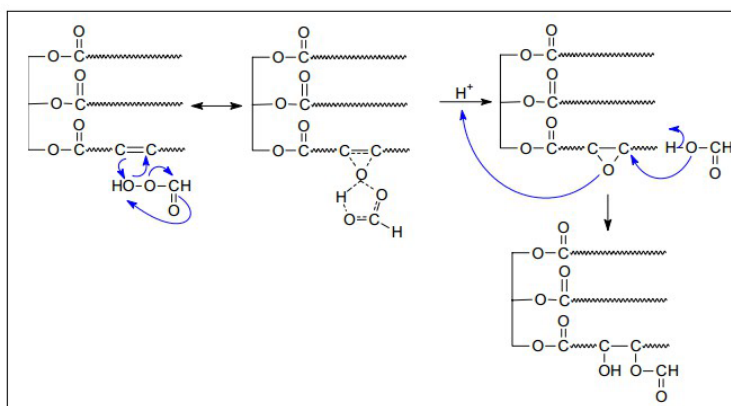


Figura 1: Representação esquemática da reação do óleo vegetal com ácido fórmico e água oxigenada resultando em um polioli formiato (COSTA, 2007) ^[11].

Na preparação do polioli, misturou-se em um béquer de 250mL à temperatura ambiente, o óleo de fritura ao ácido fórmico na proporção molar de 0,7mol de óleo: 9,5mol de ácido, mantendo-se a seguinte relação molar (1,0mol de ligações duplas : 3,0mol de ácido). Adicionou-se 430mL de peróxido de hidrogênio para cada mol de ligações duplas com funil de adição por 60 min sob agitação mecânica. Logo após, a mistura foi aquecida até a temperatura de 65°C por 3h.

A reação terminou-se pela adição de uma solução de bissulfito de sódio a 10% para eliminar o excesso de peróxido e perácidos formados. Adicionou-se éter etílico à fase orgânica e, posteriormente, esta fase foi lavada com uma solução de carbonato de sódio a 10% até a neutralização. Em seguida, a fase orgânica foi seca com sulfato de sódio para eliminação de umidade.

2) Reações de Transesterificação do Óleo de Fritura Hidroxilado com a Glicerina

Este procedimento seguiu os mesmos parâmetros de Karmee e colaboradores (2004)^[12], com o objetivo de obter um maior índice de hidroxilas. Foram pesados 64,2mmol de óleo de fritura, adicionando-se 0,5% de hidróxido de sódio em relação à massa de total da mistura. A mistura foi aquecida a 70°C, e foram adicionados 60mmol de glicerina oriunda da produção de biodiesel de óleo de fritura com funil de adição sob agitação, em aquecimento de 240°C por um período de 3 horas, sob agitação magnética. Em seguida, foi realizado o teste de solubilidade do óleo transesterificado em metanol, seguindo o método de Runk (1952) ^[13]. A dissolução completa em metanol confirmou a formação do monoacilglicerídeo.

3) Síntese da resina alquídica

Com base no planejamento experimental realizado por Karmee^[12], que testou os polióis anidrido ftálico, ácido maleico, ácido málico e ácido glutárico, escolheu-se anidrido ftálico (AF) para o estudo em questão, pois apresentou melhores resultados. O AF foi adicionado a uma mistura de óleo transesterificado com ácido maleico (AM) em excesso de glicerol, pretendo-se, com base na literatura, melhorar o desempenho da reação esquematizada na Figura 2.

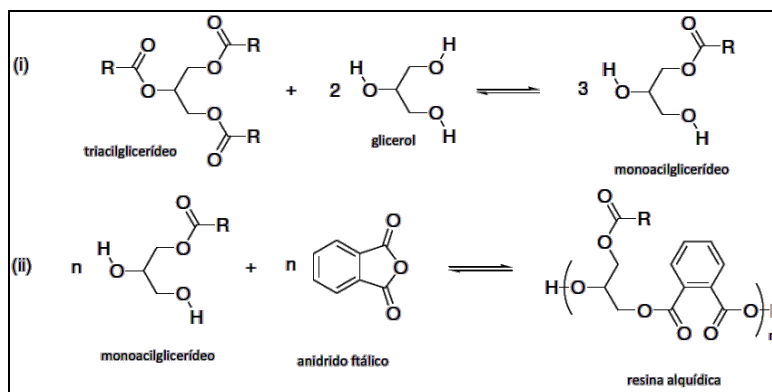


Figura 2: Reações de obtenção de resinas alquídicas (MENEGETTI, 2013) ^[14].

Foram testadas 3 propostas de preparação da resina (100% de AF; 100% de AM; e 50% de AF + 50% de AM), através do método de Karanja^[15], e a resina mais dura foi para tratamento térmico na estufa a 50°C, por 4 horas; depois triturada em moinho IKA-A11 e acrescida de frações de nanopartículas magnéticas, formando um compósito magnetizável.

4) Síntese de nanopartículas magnéticas

A preparação das nanopartículas de óxidos de ferro consiste na coprecipitação dos íons metálicos em solução alcalina. Nanopartículas de maghemita são obtidas pela oxidação de magnetita^[16].

Para a síntese de nanopartículas magnéticas são preparadas duas soluções: cloreto férrico hexahidratado (2 mol.L⁻¹) e sulfito de sódio (1 mol.L⁻¹). Num béquer com capacidade de 250 mL, se adicionam 30 mL de cloreto férrico, juntamente com 30 mL de água deionizada, na qual são acrescentados 20 mL da solução de sulfito de sódio, sob agitação, para a formação do complexo (solução A).

Em outro béquer, com capacidade de 2L, são colocados 900 mL da solução de hidróxido de amônio (concentração 1,4 mol.L⁻¹), solução B. Esta solução (B) é mantida sob agitação a 1000 rpm, e, logo em seguida, é vertida sobre ela a solução A, quando ambas permanecem sob agitação durante 30 min.

Terminado este período de agitação, as nanopartículas são deixadas em repouso para que decantem. Após a precipitação, as nanopartículas são lavadas com água ultrapura para remoção dos contra-íons. São filtradas e lavadas novamente com álcool etílico, a fim de remover a água residual, uma vez que são levadas à estufa a 100°C, por 2 horas. As nanopartículas são caracterizadas pela técnica de difração de raios X (DRX).

5) Testes de remoção de petróleo em escala de bancada utilizando os compósitos

Para os testes de remoção de petróleo foram utilizados 1,0g de biocompósito pesado em um vidro de relógio e reservado. Em uma recipiente contendo água, foram adicionadas massas conhecidas de petróleo e de compósito. Após aproximadamente um minuto, um ímã de neodímio foi aproximado da mistura de petróleo e compósito, removendo essa massa do sistema. Ao final do processo, a massa de petróleo removida foi determinada gravimetricamente.

RESULTADOS

O óleo modificado pela hidroxilação foi levado para a análise IV e no mesmo foi observada uma banda intensa na região dos 3500cm⁻¹ (Fig 3b), característica de estiramento da hidroxila^[17], a qual não era observada no óleo residual de fritura (Fig 3a). Esse resultado positivo permitiu que a matriz fosse utilizada para o estudo da obtenção de resinas alquílicas na sorção de petróleo em corpos hídricos.

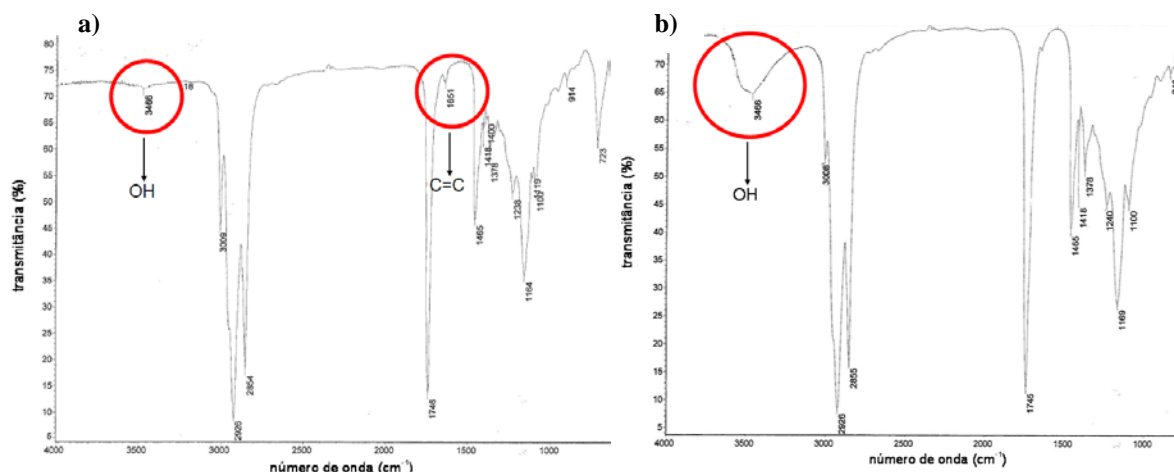


Figura 3: Espectro IV do óleo residual de fritura: (a) antes; e (b) depois da hidroxilação.

A caracterização das nanopartículas por difração de raios-X (Figura 4) mostra os picos característicos da maghemita, comprovando sua formação. Uma análise de tamanho por espalhamento de luz seria cabível para comprovar o tamanho nanométrico das mesmas.

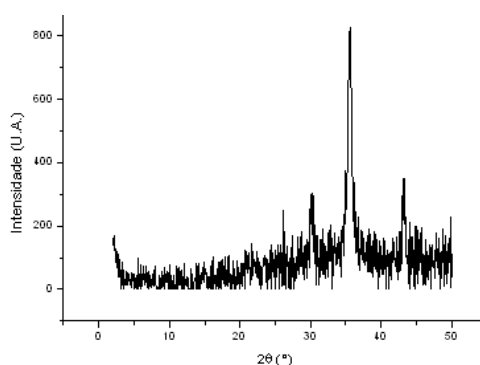


Figura 4: DRX da maghemita

Após a transesterificação do óleo hidroxilado, o mesmo foi novamente enviado para análise de infravermelho, resultando no espectro a seguir (Figura 5), observando uma banda larga e intensa em 3366 cm^{-1} característica da vibração e estiramento dos grupos OH, condizente com o objetivo do processo aplicado.

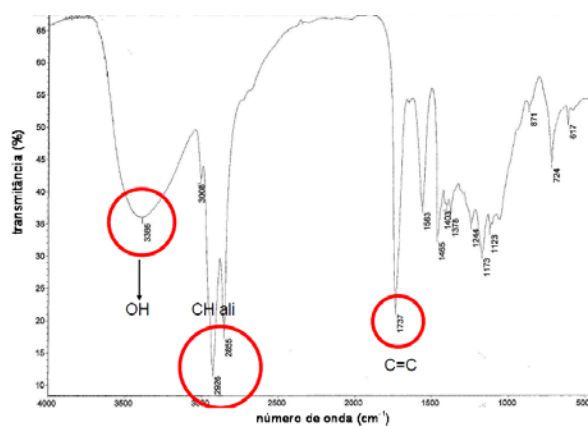


Figura 5: Espectro IV do óleo transesterificado

Outro espectro analisado foi o da resina magnetizada (Figura 6), no qual se percebe que a inserção da maghemita, evidenciada pelas bandas entre 500 e 700 cm^{-1} , características de óxidos de ferro, não altera a estrutura da resina obtida. Outros pequenos picos evidenciados provavelmente retratam impurezas oriundas da glicerina residual de biodiesel e do próprio óleo de fritura.

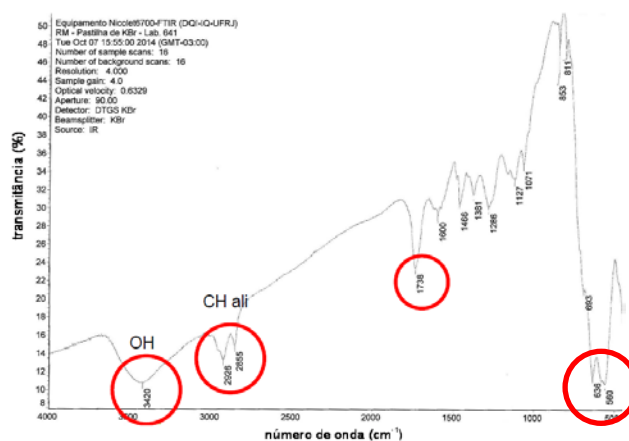


Figura 6: Espectro IV da resina alquídica magnetizada

Após a caracterização dos biocompósitos, foram feitos testes em escala de bancada para aglomeração e remoção do petróleo Jubarte (cuja composição, segundo ANP(2014), está apresentada na Tabela 2).

Tabela 2: Características do Petróleo Jubarte

Grau API: 19,3°		
Teor de Enxofre: 0,53%		
Ponto de Corte		
Fração de Destilados Leves ≤ 290 °C	Fração de Destilados Médios 290 °C a 380 °C	Fração de Destilados Pesados > 380 °C
20,26%	13,18%	66,56%

A Tabela 2 indica que o petróleo utilizado nesta pesquisa possui uma fração maior de destilados pesados, o que significa que usamos um petróleo com uma fração aromática mais acentuada.

Partindo-se de uma mancha pequena de petróleo e a quantidade mínima de resina para cobri-la, foram feitos os primeiros ensaios de aglomeração e remoção aumentando gradativamente a quantidade de petróleo sem aumentar a quantidade de resina. Os resultados dos ensaios de aglomeração e remoção de óleo utilizando o biocompósito de anidrido ftálico estão listados abaixo, na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados de aglomeração/ remoção de petróleo usando 0,44g da bioresinas de resina.

Ensaio	Quantidade de petróleo (g)	Diâmetro da Mancha (cm)	Aglomeração da mancha (cm)	Remoção da mancha de óleo na água
1	2,0	4,5	0,5	Total
2	4,0	5,0	1,0	
3	6,0	5,5	0,5	
4	8,0	6,5	1,0	
5	10,0	8,0	1,0	
6	12,0	8,0	1,0	

Sobretudo em se tratando dos primeiros resultados do projeto, os ensaios exibidos nesta tabela se mostraram muito promissores, uma vez que a aglomeração variou de 10 a 20%, sem apresentar linearidade em relação ao diâmetro da mancha e sua remoção foi total em todos os casos. Ainda assim, para uma melhor elucidação dos fatos, foram feitos mais testes com a mesma quantidade inicial de petróleo (2g), porém reduzindo a quantidade de resina ao máximo para saber até que ponto se consegue a aglomeração e remoção da mancha mesmo sem usar material suficiente para cobri-la, como está mostrado na Tabela 4. Em todos os casos, o petróleo foi totalmente removido e a aglomeração atingiu percentuais de mesma ordem (10%), o que evidencia que não é necessário cobrir toda a mancha. Entretanto, no último teste, foi extremamente difícil fazer a remoção do petróleo, já que a força de magnetização era baixa.

Tabela 4: Resultados da aglomeração/remoção de 2g de petróleo utilizando a menor quantidade possível de bioresina.

Ensaio	Quantidade de resina (g)	Diâmetro da Mancha (cm)	Aglomeração da mancha (cm)	Remoção da mancha de óleo na água
7	0,44	4,5	0,5	Total
8	0,31	4,5	0,7	
9	0,20	4,2	---	
10	0,10	4,5	0,5	
11	0,05	4,3	---	

CONCLUSÕES

Os resultados de cada uma das etapas foram positivos e bastante condizentes com a literatura no que diz respeito às modificações no óleo. Os testes de aglomeração indicaram que a bioresina, contendo 100% de anidrido ftálico, sem excesso de glicerol, tem potencial para ser aplicada no meio ambiente a fim de minimizar impactos causados por derramamento de óleo. Foi possível remover: até 10,0g de petróleo Jubarte com 0,44g de resina alquílica magnetizada; e 2,0g de petróleo Jubarte com apenas 0,05g de resina alquílica magnetizada. Constatou-se que ainda é necessário estudar melhor a composição dos óleos através da Cromatografia Gasosa (CG) e Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN 1H) para verificar as especificidades de cada tipo de resíduo oleoso. Outros métodos de análise como Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) estão sendo explorados para uma melhor caracterização da morfologia do pó da bioresina acrescida de nanopartículas magnéticas. Também estão sendo determinados a área superficial e o volume de poros, uma vez que a porosidade e granulometria podem ser fatores decisivos na eficácia da resina.

AGRADECIMENTOS

Ao IVIG (Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais – COPPE/UFRJ), pela doação da glicerina residual do biodiesel; ao Laboratório do Departamento de Engenharia Química (EQ/UFRJ), pela doação do petróleo; ao Laboratório de Instrumentos e Pesquisa (EQ/UFRJ) pela análise de DRX; e ao Laboratório de Instrumentos e Pesquisa (IQ/UFRJ) pelos espectros de IV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RATTNER, H. A nanotecnologia e a política de ciência e tecnologia. Trabalhos apresentados no Segundo Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, 2005, São Paulo.
2. MARQUES, A.; VALENTE, T.; ROSA, C. Formação de toxina durante o processamento de alimentos e as possíveis consequências para o organismo humano. *Revista de Nutrição*, v.22, p.283-293. 2009
3. REVISTA PLANETA CIDADE. Meio ambiente, inclusão social e consumo consciente. Nº 16 Maio/Junho de 2007.
4. FREITAS, N.; MENICUCCI, R.; MOTTA, R. Coleta e reciclagem de óleo de fritura: saiba como contribuir com o meio ambiente e ainda ganhar em troca. Belo Horizonte-MG, 2008. ISBN: 978-85-61502-00-3
5. SILVA, J.; ALMEIDA, L. Principais Técnicas de Biorremediação in situ Utilizadas na Recuperação de Áreas Contaminadas por Derivados de Petróleo.
6. IVIG. Biodiesel. Disponível em: <6. <http://www.ivig.coppe.ufrj.br/energia/Paginas/Biodiesel.aspx>>. Acesso em: 10 maio 2014.
7. PINHO, Utilização Energética da Glicerina Residual do Processo de Fabricação do Biodiesel. *Revista Virtual de Química*. Vol 5, Nº 1. ISSN 1984-6835
8. FOLHA DE SÃO PAULO. EUA decretam desastre nacional por vazamento de petróleo. 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2010/04/727827-eua-decretam-desastre-nacional-por-vazamento-de-petroleo.shtml>>. Acesso em: 29 abr. 2014.
9. SILVA, P. Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: Estrutura e implicações ambientais. Dissertação MSc., Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, abril de 2004.
10. CLARK, J. Ações de Resposta: Como limpar manchas de petróleo. CETESB. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/limpeza.asp>>. Acesso em: 14 fev. 2014.
11. COSTA, A. Hidroxilação do óleo de fritura utilizando o método do ácido fórmico e peróxido de hidrogênio “in situ” (2007).
12. KARMEE, S.; CHADHA, A. Preparation of biodiesel from crude oil of *Pongamiapinnata*. *Bioresour. Technol.* 96, 1425–1429. (2005)
13. RUNK, R. Preparation of oil-modified glyceryl phthalate drying resins. *Ind.Eng. Chem.* 44, 1124–1126. (1952)
14. MENEGHETTI, S.; MENEGHETTI, M.; BRITO, Y. A Reação de Transesterificação, Algumas Aplicações e Obtenção de Biodiesel. *Rev. Virtual Química*, 2013, 5 (1), 63-73. Data de publicação na Web: 17 de janeiro de 2013.

15. MONI, M. et al. Karanja (*Millettia pinnata* (L.) Panigrahi) seed oil as a renewable raw material for the synthesis of alkyd resin. *Industrial Crops and Products* 61 (2014) 106–114
16. CERRUTI, R. et al. Avaliação da extensão da dopagem de nanocompósitos de maghemita e polianilina, em função das condições de preparo destes materiais.. In: 12 Congresso Brasileiro de Polímeros, 2013, Florianópolis. 12 Congresso Brasileiro de Polímeros, 2013.
17. LOPES, W. Esquema para Interpretação de Espectros de Substâncias Orgânicas na Região do IV. *Química Nova*, Vol. 27, No. 4, 670-673, 2004