

TÉCNICAS DE LIMPEZA DE VAZAMENTOS DE PETRÓLEO EM ALTO MAR

Alexandre Patrick de Leão Craig¹ | Emerson Sena¹ | Lucas Magalhães¹ | Mauricio Canielas Krause¹ |
Paulo Roberto Neves¹ | Michelle de Jesus Silva²

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO: 1980 - 1777
ISSN ELETRÔNICO: 2316 - 3135

RESUMO

O trabalho tem como objetivo mostrar todas as técnicas envolvidas na limpeza em um vazamento de petróleo em alto mar, proveniente das atividades de exploração, transporte, distribuição e armazenamento, mostrando a eficácia e a utilidade específica de cada um dos métodos. A poluição dos ambientes marinhos e costeiros por petróleo tem preocupado ambientalistas do mundo inteiro sendo alvo de inúmeros debates. O derramamento de petróleo compromete as atividades humanas como a pesca e o uso recreacional do ambiente, gerando danos econômicos. O risco da ocorrência de acidente nunca é nulo, sendo por isso de grande importância o conhecimento dos processos que cercam estas atividades.

PALAVRAS-CHAVE

Técnicas. Vazamento. Petróleo.

The paper aims to show all the techniques involved in cleaning oil spill at sea, from the exploration, transportation, distribution and storage, showing the effectiveness and usefulness of each specific method. The pollution of marine and coastal environments due to petroleum products has worried environmentalists around the world, and many debates started since then. The oil spill interferes in human activities such as fishing and the recreational use of the environment, causing economic damage. The risk of accident occurrence is never null and it is, therefore, of great importance to understand the processes that surround these activities.

KEYWORDS

Techniques. Spill. Oil.

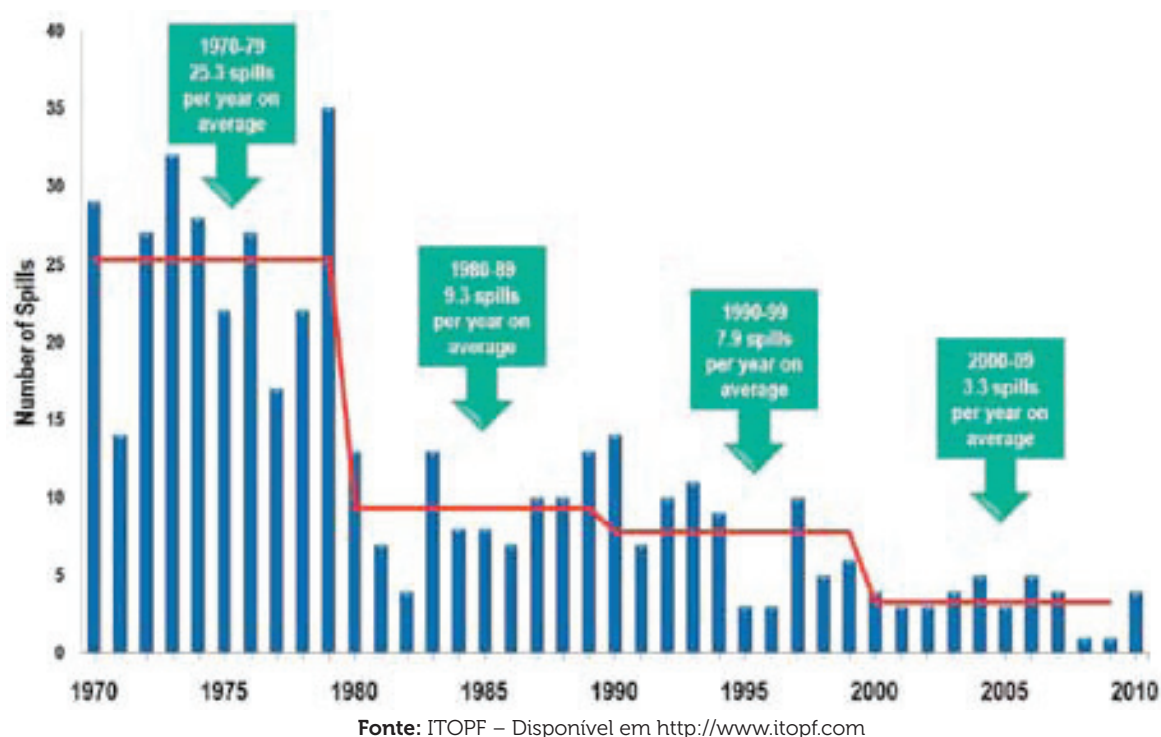
1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é hoje considerado uma das principais preocupações do setor industrial e da sociedade em geral. No caso particular da indústria petroleira, pelo fato de ser de alto risco para o ambiente, esta preocupação é ainda maior. Uma das maiores catástrofes ambientais que podem acontecer são os grandes derrames de petróleo, principalmente quando estes ocorrem em regiões costeiras (PALADINO, 2000).

O petróleo é um produto que encontramos na natureza na forma fóssil, sendo um produto de grande importância econômica, por ser uma fonte de energia e matéria-prima para diferentes produtos. É um composto natural que ocorre devido à mistura de compostos inorgânicos e possui alta toxicidade e densidade menor que a da água. Em contato com a água do mar, o petróleo é degradado e este processo ocorre em várias etapas. Este composto químico impacta de forma mais agressiva os ecossistemas costeiros (ERNESTO, 2010).

A poluição dos mares e das zonas costeiras originadas por acidentes com o transporte marítimo de mercadorias, em particular o petróleo bruto, contribui, anualmente, em 10% para a poluição global dos oceanos. Todos os anos, 600.000 toneladas de petróleo bruto são derramadas em acidentes ou descargas ilegais, com graves consequências econômicas e ambientais (AMBIENTE BRASIL).

Para a redução ou minimização dos danos ambientais causados pelos derramamentos de óleo (FIGURA 1), diversos métodos de limpeza são utilizados internacionalmente. A opção pelo método a ser empregado vincula-se fortemente ao tipo de ecossistema impactado, levando-se em conta suas características e sensibilidade. Envolve também o tipo de óleo derramado e fatores técnicos, tais como acesso e tipo de equipamento passível de ser utilizado, além do custo da operação. Frisa-se que uma má escolha do método de limpeza pode maximizar os danos ambientais (CANTAGALLO, 2007).



A maior parte do óleo que chega aos oceanos é proveniente de eventos menos agudos, como descargas rotineiras de navios, poluição atmosférica e óleo lubrificante descartado em águas pluviais. Contudo, por ter grande visibilidade, a poluição provocada por dutos e petroleiros e as consequências trágicas que a poluição aguda pode provocar sobre os ecossistemas atingidos resulta em uma maior comoção pública e na concepção de novas legislações (CERQUEIRA, 2010).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a base de dados da International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF) estima-se que entre 1970 a 2005 cerca de 5.700.000 toneladas do óleo foram lançadas ao mar. O número de acidentes e o volume de óleo derramado têm diminuído, progressivamente, ao longo dos últimos quarenta e cinco anos, e de acordo com a ITOPF, de 1970 a 2010, o número de derramamento de petróleo que excedem setecentas toneladas tem regredido de uma média de 25,3 para 3,3 por ano.

Os impactos, que esse tipo de acidente pode causar, são dos mais diversos e abrangem desde danos econômicos, por problemas causados na indústria pesqueira, ou qualquer indústria que utilize recursos marinhos como matéria prima, até a inutilização de regiões turísticas (PALADINO, 2000).

A redução de acidentes está associada à melhoria nas operações que envolvem a exploração, transporte e armazenamento de petróleo, o que reflete um aumento da conscientização ambiental e a cobrança cada vez maior pela sociedade. Entretanto o risco de acidentes ainda permanece e a contaminação de ecossistemas costeiros é inevitável, sendo de altíssima importância o desenvolvimento de tecnologias capazes de melhorar os instrumentos de resposta a vazamentos de óleo (CANTAGALLO, 2007).

Os impactos que esse tipo de acidente pode causar são dos mais diversos e abrangem desde danos econômicos, por problemas causados na indústria pesqueira, ou qualquer indústria que utilize recursos marinhos como matéria prima, até a inutilização de regiões turísticas (PALADINO, 2000).

2.1 Fatores que influenciam no grau de impacto em ecossistemas costeiros

Tipo e quantidade de petróleo

Óleos leves são altamente tóxicos, devido à presença de maiores quantidades de compostos aromáticos, enquanto que os óleos pesados e mais densos são poucos tóxicos, mas causam impacto físico de recobrimento.

Amplitude das marés.

A amplitude da maré na época do derrame é um fator importante, pois quanto maior a maré, maior será a área atingida. No entanto, o movimento de subida e descida das marés atua como um importante fator na limpeza natural.

Época do ano

As estações sazonais causam modificações no ecossistema das comunidades biológicas costeiras, diferindo no verão e no inverno em um determinado local. Portanto, a época que ocorre o derramamento é primordial, pois envolve processos de sucessão ecológicos nas áreas impactadas, os quais podem ter cursos diferentes temporalmente. Épocas de reprodução coincidentes com o derrame podem gerar grandes impactos nas populações, a curto ou médio prazo.

Grau de hidrodinamismo

Esse grau é determinado pela intensidade, quantidade e força das ondas e correntes que atuam no ambiente. Os locais que apresentam alto grau de hidrodinamismo tendem a dispersar o óleo com maior facilidade e eficácia. Nesses locais o tempo de permanência do óleo é rápido (poucos dias), já em locais que não apresentam um grau de hidrodinamismo relevante, o óleo pode ficar aprisionado por muito tempo, impedindo que a população biológica se recupere (SZEWCZYK, 2006).

Características do óleo

O óleo é uma mistura de grande quantidade de substâncias químicas e são classificadas conforme Tabela 1. Conforme sua constituição possui diferentes características físicas (TABELA 2), químicas e toxicológicas as quais se alteram ao longo do tempo, quando presente no ambiente marinho. Os óleos apresentam diferentes variedades de hidrocarbonetos, e estes são classificados conforme seu peso molecular, conforme Tabela 3.

Tabela 1: Classificação dos tipos de óleo

Grupo	Densidade	API	Composição	Meia Vida	Persistência
I	< 0,8	>45	Leve	~ 24 h	1 – 2 dias
II	0,80 à 0,85	35 à 45	Leve	~ 24 h	3 - 4 dias
III	0,85 à 0,95	17,5 à 35	Pesado	~ 72 h	5 – 7 dias
IV	>0,95	< 17,5	Pesado	~ 168 h	>7 dias

Fonte: ITOPF – Disponível em <http://www.itopf.com>

Tabela 2: Características físicas dos óleos

	Gravidade específica (15 C)	Grau API (15 C)	Viscosidade cs (38 C)	Ponto de pureza °C	Ponto de ignição °C	Ponto de ebulição °C
Óleo cru	0,8 a 0,95	5 a 40	20 a 1000	-35 a 10	variável	30 a 500
Gasolina	0,65 a 0,75	60	4 a 10	Na	- 40	30 a 200
Querosene	0,8	50	1,5	Na	55	160 a 290
Óleo c/ combustível n° 2	0,85	30	1,5	- 20	55	180 a 360
Óleo c/ combustível n° 4	0,9	25	50	- 10	60	180 a 360
Óleo c/combustível n° 5	0,95	12	100	- 5	65	180 a 360
Óleo c/combustível n° 6	0,98	10	300 a 3000	2	80	180 a 500

Tabela 3: Classificação dos hidrocarbonetos de acordo com peso molecular

Composto Molecular (peso)		
Baixo	Médio	Alto
C ₁ à C ₁₀	C ₁₁ à C ₂₂	≥ C ₂₃

3 TÉCNICAS DE LIMPEZA

Hoje em dia existem várias técnicas e equipamentos para combater, conter e recuperar um derramamento de óleo no mar, incluindo em geral métodos físicos e químicos. Materiais absorventes somente são usados para limpeza no estágio final. Se o óleo chegar à costa, a limpeza no local também será necessário.

3.1 Barreiras de contenção e skimmers

As barreiras de contenção servem para conter derramamentos de petróleo e derivados, concentrando, bloqueando ou direcionando a mancha do óleo para áreas menos vulneráveis ou mais favoráveis ao seu recolhimento. Também podem ser utilizadas para preservar locais estratégicos, evitando a poluição de áreas de interesse ecológico ou socio-econômico.

Na maioria das vezes a contenção é trabalhada juntamente com a remoção da mancha, utilizando uma série de equipamentos como "skimmers", barcas recolhedoras, cordas oleofílicas, caminhões vácuo, absorventes granulados, entre outros. A aplicabilidade está associada ao tipo de óleo, extensão do derrame, locais atingidos, acessos e condições meteorológicas e oceanográficas.

O uso de barreiras para conter e concentrar o óleo pode ser prejudicada pela tendência natural que o óleo possui de se espalhar conforme a influência das marés e ventos. Em águas agitadas, um derramamento do óleo com pouca viscosidade pode se espalhar com grande facilidade e o sistema de contenção se move lentamente enquanto recuperam o óleo derramado. Desta forma, mesmo sendo totalmente operacional não será possível recolher mais do que pequena parte do óleo derramado (SZEWCZYK, 2006).

As limitações de tempo devem ser sempre muito bem avaliadas para não colocar o pessoal envolvido em risco. A ação de ventos, ondas e correntes reduz drasticamente a aptidão das barreiras de conter e dos "skimmers" de recolher o óleo. Na prática, a recuperação mais eficiente do óleo derramado é feita sob boas condições meteorológicas. Algumas barreiras são de tipos especiais como barreiras absorventes, barreiras antifogo, barreiras de bolha e barreiras de praia que têm utilização em locais mais específicos.

Apesar das diferentes aplicações dos vários tipos de barreira, os elementos constitutivos normalmente são os mesmos:

- flutuador de material flutuante;
- elemento de tensão longitudinal para prover força para resistir às ações de vento, onda e corrente, através de lastro, mantendo a barreira na posição vertical na água;
- saia: prevenir ou diminuir a fuga de óleo por baixo da barreira;
- borda livre: prevenir ou reduzir a fuga de óleo por cima da barreira (ERNESTO, 2010).

Existem vários modos de configurar barreiras no mar como as chamadas configurações em "J", "U" ou "V". A escolha de um ou outro procedimento está associada à disponibilidade de recursos e condições meteorológicas e oceanográficas.

3.2 Dispersantes Químicos

Existem várias técnicas e equipamentos para combater, conter e recuperar um derramamento de óleo no mar, incluindo em geral métodos físicos e químicos. Os dispersantes químicos são um grupo de produtos químicos, que ao serem pulverizados nas manchas de óleo, aceleram o processo de dispersão natural a sua aplicação visa remover o óleo da superfície, particularmente quando a remoção mecânica não é possível, minimizando os impactos do óleo flutuante, por exemplo, para aves ou zonas costeiras sensíveis.

Estes produtos químicos têm dois componentes essenciais: surfactantes e solventes. Os agentes surfactantes são moléculas com afinidade para dois líquidos distintos que não se misturam, agindo como uma interface entre eles, reduzindo neste caso a tensão interfacial óleo-água, permitindo que o óleo penetre na água como pequenas partículas mais facilmente degradadas bactérias naturais.

A aplicação de dispersantes depende essencialmente de quatro fatores: tipo de óleo, condições do tempo, dimensão e localização da mancha e tipo de embarcações e aeronaves disponíveis para a aplicação de dispersantes os dispersantes são pouco eficazes em óleos pesados pouco viscosos e flutuantes, uma vez que os dispersantes acabam por passar do óleo para a água antes da penetração do solvente. Da mesma forma, após a formação de emulsões viscosas óleo-na-água, a eficácia dos dispersantes torna-se muito reduzida, sendo por isso a sua aplicação inadequada para óleos envelhecidos. A existência de agitação marítima também facilita a eficácia dos dispersantes. Os tipos de dispersantes são:

Dispersante convencional: o material ativo é diluído em solventes. A concentração do material ativo é baixa e o produto está pronto para uso. Não deve sofrer diluição na aplicação, ou antes, de ser aplicado.

Dispersante concentrado diluível em água: o material ativo é geralmente uma mistura de substâncias tensoativas e compostos oxigenados ou outros. É de base aquosa e pode sofrer diluição prévia para ser aplicado.

Dispersante concentrado não diluível em água: o material ativo é geralmente uma mistura de substâncias tensoativas, compostos oxigenados, hidrocarbonetos alifáticos ou outros. A sua concentração é elevada, implicando em um baixo consumo de produto. Normalmente é de base aquosa e deve ser aplicado sem diluição.

Os métodos e formas de aplicação dos dispersantes, no combate a vazamentos de óleo no mar, devem ser escolhidos levando-se em consideração uma série de fatores, o tipo e volume do óleo a ser disperso, características oceanográficas e meteorológicas, tipo de dispersante a ser utilizado e os equipamentos disponíveis para a aplicação. (SZEWCZYK, 2006).

Para uma adequada dispersão do óleo na água, em situações de mar calmo, deve-se promover a agitação mecânica após a aplicação dos dispersantes. Estes podem ser aplicados através de aeronaves e de embarcações. Aviões pequenos e helicópteros, rebocadores são adequados para o lançamento destes agentes químicos em ocorrências de pequeno porte, em função das suas limitações de velocidade e capacidade de transporte, principalmente. Nos eventos maiores, aviões de maior porte são mais vantajosos.

3.2.1 Critérios para a aplicação dos dispersantes

Quando forem utilizados dispersantes químicos, a efetiva dispersão só ocorrerá quando o ambiente marinho possuir energia suficiente para permitir a diminuição da tensão superficial da mistura mancha oleosa/dispersante. Em alguns casos, a turbulência natural do mar pode promover a dispersão da mancha oleosa, mas, via de regra, faz-se necessário agitar mecanicamente essa mistura mancha oleosa/dispersante, por exemplo, com a passagem de uma embarcação várias vezes sobre a mancha desses produtos químicos.

Possuem eficiência limitada, quando aplicados sobre óleos com ponto de fluidez próximo ou superior à temperatura ambiente. Entretanto, se por um lado as altas temperaturas reduzem a viscosidade do óleo derramado, por outro alguns componentes dos dispersantes tornam-se menos solúveis na água e, portanto, têm maior probabilidade de permanecerem agregados ao óleo.

Combustão In-Situ é uma técnica de recuperação térmica de óleo na qual o calor é produzido dentro do reservatório, contrastando com a injeção de fluidos previamente aquecidos, onde o calor é gerado na superfície e transportado para o reservatório por meio de um fluido. No processo in-situ, uma pequena porção do óleo do reservatório entra em ignição, a qual é sustentada pela injeção contínua de ar. Como em qualquer reação de combustão, o comburente (oxigênio) se combina com o combustível (óleo) liberando calor e formando produtos como água e dióxido de carbono para uma reação completa. Neste caso, a composição de óleo afeta a quantidade de energia liberada.

Existem vários problemas que limitam o uso desta técnica, incluindo o perigo da fonte de ignição, a formação de resíduos densos que podem afundar e questões de segurança. Este método ainda não foi regulamentado no Brasil, porém é utilizado há mais de 30 anos em países como Suécia, EUA, Canadá e Inglaterra. Alguns critérios devem ser levados em consideração antes de se iniciar a queima, como por exemplo, o tipo de barreira que está sendo utilizada (deve ser do tipo antifogo), a distância da mancha para embarcação avariada e se existe alguma população próxima do local, a toxicidade da fumaça que será gerada, o tipo de óleo derramado e os resíduos que poderão ser gerados, condições de tempo e mar.

O resíduo gerado da queima in-situ é extremamente viscoso e de difícil recuperação no mar e na costa. A maior preocupação é com a possibilidade de o resíduo afundar podendo causar danos às espécies de fundo (bentos), sendo a recuperação do local ainda mais difícil (SZEWCZYK, 2006).

5 LIMPEZA DE AMBIENTES COSTEIROS

Existem muitas formas de limpar o ambiente contaminado por óleo, e a escolha da técnica mais adequada é crucial para a minimização dos impactos ambientais decorrentes. Devido às dificuldades em retirar o óleo do mar, muitas vezes um derramamento de óleo resulta em contaminação da área costeira, gerando maior impacto ambiental e econômico. Quando isso ocorre, estas estratégias de limpeza devem ser utilizadas. Porém, a grande maioria destes métodos pode causar algum tipo de dano adicional, podendo gerar impactos maiores que os do próprio petróleo.

A opção pelo método a ser empregado vincula-se fortemente ao tipo de ecossistema impactado, levando-se em conta suas características e sensibilidade. Envolve também o tipo de óleo derramado e fatores técnicos, tais como acesso e tipo de equipamento passível de ser utilizado, além do custo da operação. Frisa-se que uma má escolha do método de limpeza pode maximizar os danos ambientais.

Qualquer método de limpeza deve ser aplicado após o óleo ter sido, pelo menos em grande parte, retirado das águas próximas aos locais atingidos. As opções mais frequentemente utilizadas na limpeza dos ambientes costeiros são: limpeza natural, remoção manual, uso de materiais absorventes, bombeamento a vácuo, "skimmers" (equipamento desenvolvido para remover o óleo da superfície da água, utilizando discos giratórios e cordas absorventes), jateamento com água a diferentes pressões, jateamento com areia, corte de vegetação, queima in situ, trincheiras, remoção de sedimentos, biorremediação e produtos dispersantes (CANTAGALLO, 2007).

O petróleo e derivados são absorvidos devido à afinidade com o absorvente e pela grande superfície de contato existente. O absorvente de petróleo e seus derivados são indicados para recolhimento de combustíveis e óleos lubrificantes, com a vantagem de não absorverem água. Podem se apresentar na forma granulada, ou envolvida em tecidos porosos formando “salsichões” ou “almofadas”, sendo aplicados diretamente sobre o óleo. Podem absorver até 25 vezes seu próprio peso em petróleo e seus derivados (SZEWCZYK, 2006).

Os absorventes sintéticos de óleo não absorvem água, flutuam, podem ser torcidos e reaproveitados. Diversos produtos estão disponíveis no mercado, sendo que a escolha do melhor absorvente deve ser feita criteriosamente, levando-se em conta as características do óleo, do ambiente e do próprio absorvente.

5.2 Remoção manual

É um método de limpeza mais trabalhoso, feito manualmente com os utensílios como pás, rodos, baldes, latas, carrinhos de mão etc, não causando nenhum dano adicional ao ambiente afetado pelo derramamento. Porém bastante eficaz em ambientes como: costões rochosos, praias e, principalmente, em locais restritos como conjunções de rochas, fendas, poças de maré, e até mesmo em áreas maiores como praias de areia (ERNESTO, 2010).

6 BARREIRAS, ESTEIRAS RECOLHEDORAS, “SKIMMERS” E BOMBEAMENTO

Barreiras, esteiras recolhedoras e skimmers são dispositivos de sucção que flutuam e retiram o óleo da superfície da água. É importante serem disponibilizadas instalações de armazenamento temporário para o óleo retirado, fáceis de controlar e descarregar, uma vez que estes podem ser usados repetidamente. No bombeamento a vácuo o óleo é bombeado para dentro de um tanque (em caminhão ou embarcação), através de mangueira, acoplada a uma bomba a vácuo. O método possibilita recolhimento de óleo fresco ou já intemperizado. Esses métodos podem ser utilizados em situações onde o óleo esteja acumulado, como por exemplo, em águas adjacentes e canais de mangue (SZEWCZYK, 2006).

7 BIODEGRADAÇÃO/BIORREMEDIAÇÃO

Mecanismo natural de limpeza e remoção do óleo com eficiência variável, vai depender das características físicas do próprio óleo e também do ambiente (como a temperatura, níveis de micróbios, nutrientes e oxigênio presentes no local). Este procedimento é normalmente priorizado em muitos casos já que não causa danos adicionais à comunidade. No entanto, é comum conjugar este procedimento a outros métodos de limpeza.

A biodegradação refere-se à transformação de moléculas xenobióticas por microrganismos, e a biorremediação refere-se ao uso de microrganismos para detoxificar áreas contaminadas. A degradabilidade é vista como um atributo desejável, pois a persistência prolongada leva à contaminação de outros ambientes e também de águas subterrâneas.

Três técnicas básicas de biorremediação são geralmente usadas: a estimulação da atividade de microrganismos indígenas, pela adição de nutrientes, regulação das condições redox, entre outros; a inoculação de sítios contaminados com microrganismos específicos em transformar determinados poluentes; e a aplicação de enzimas imobilizadas.

O objetivo principal da biorremediação é minimizar o impacto das substâncias recalcitrantes no ambiente, criando condições favoráveis ao crescimento e à atividade bacteriana. A bioestimulação (adição de fertilizantes) e a bioamplificação (semeadura de número expressivo de bactérias hidrocarbonoclasticas) podem ser consideradas abordagens gerais nessa tecnologia. Os resultados desses estudos e de inúmeros outros, ao redor do mundo deixam claro que as técnicas convencionais de limpeza das marés negras podem e devem ser complementadas com a biorremediação.

Em grandes acidentes, mesmo com a aplicação adequada das técnicas mecânicas hoje existentes, ainda resta uma fração de óleo oxidado pela luz solar. Essa fração fica disponível para a biota e precisa ser degradada para que o ecossistema não fique impactado. A biorremediação, portanto, multiplica a capacidade de depuração do ambiente, além de permitir o restabelecimento da vida animal e vegetal e o mapeamento de áreas de risco (COSTA, 2008).

7 CONCLUSÕES

Em vista do que foi citado no decorrer do trabalho, pode-se notar que as sociedades humanas e suas diferentes formas de vida têm mostrado exercer um considerável papel na dinâmica dos ecossistemas, não se pode ter certeza se devido a falta de conhecimento, ou a pouca importância dada aos danos ao ambiente, em específico aos mares e toda sua biodiversidade provocados pelo derrame de óleos.

Os problemas ou efeitos decorrentes do derramamento do óleo sobre ambientes costeiros e marinhos são determinados não somente por um tipo de fator, todavia, são diversos esses fatores, tendo por definição os seguintes: composição química do óleo e quantidade derramada, condições meteorológicas e oceanográficas (ventos, correntes e marés), situação geográfica e dimensões da área afetada.

A toxicidade, a longo prazo, afeta a vida marinha, que não é imediatamente morta pelo derrame, podendo o óleo ser incorporado à carne dos animais, tornando-a inadequada ao consumo humano. Mesmo em baixas concentrações, o óleo pode interferir nos processos vitais à reprodução. Com alteração no ciclo reprodutivo, toda a cadeia alimentar é afetada, o que, conseqüentemente, acarretará danos irreparáveis ao ecossistema.

Em vista disso, cabe à população humana o desenvolvimento de mecanismos para a redução da poluição das suas atividades bem como para o tratamento adequado dos resíduos gerados. Os oceanos, apesar de sua imensidão, e como os demais recursos naturais existentes em nosso planeta, não possuem capacidade infinita de absorver os resíduos despejados.

O petróleo, sem dúvida, é a principal fonte de energia utilizada pela sociedade moderna, apesar de ser um recurso natural não renovável. Como consequência disso faz-se necessária a estruturação, a preparação e o planejamento como respostas a esses incidentes com o objetivo de reduzi-los tendo na consciência a importância da manutenção da qualidade da água do mar e ambientes costeiros.

ABSORVENTES SINTÉTICOS DE PETRÓLEO E DERIVADOS. Disponível em: http://www.eco-sorb.com.br/solucoes/solucoes_absPetDer.html. Acesso em: 27 nov 2011.

AMBIENTE BRASIL disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_salgada/poluicao_nos_mares.html. Acesso em: 27 nov 2011.

Biodegradação e Biorremediação. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=227&func=pesq>. Acesso em: 27 nov 2011.

CANTAGALLO, C.; MILANELLI, J. C. C.; DIAS-BRITO, DIMAS.; **Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2007) 2 (1): 1-12.

CERQUEIRA, P. R. O., **Proteção e limpeza de ambientes costeiros da ilha de Boipeba contaminados por petróleo: o uso alternativo da fibra de coco como barreiras e sorventes naturais**. Universidade Católica do Salvador. 2010.

COSTA, D. C., **Identificação dos pontos críticos de contaminação e das técnicas de remediações utilizadas no caso do derramamento de óleo combustível a2, no município de hidrolândia/goiás**. Universidade Católica de Goiás, 2008.

CUNHA, P. V. L., **Dispersantes químicos, detergentes, efeitos de derramamento de óleo no mar e métodos de remoção do óleo, remediação e biorremediação**. UVV. 2006.

ERNESTO, M. F S., **Poluição por petróleo nos ambientes marinho e costeiro**. Universidade Norte do Paraná. 2010.

IMPACTOS PELO OLEO NO MAR. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAA-AAZ5IAL/impactos-pelo-oleo-no-mar>. Acesso em: 27 nov 2011.

LIMPEZA DE AMBIENTES COSTEIROS CONTAMINADOS POR PETRÓLEO. Disponível em: < <http://www.blogecoil.com/2010/10/limpeza-de-ambientes-costeiros.html>. Acesso em: 27 nov 2011.

OCEAN ORBIT. **The newsletter of the international tanker owners pollution federation limited**. Setembro, 2011. www.itopf.com.

PALADINO, E. E.; **Modelagem matemática e simulação numérica de trajetórias de derrames de petróleo no mar**.

RIBEIRO, G. B. Jr., Unicamp; TREVISAN O. V., Unicamp. **Combustão In Situ: Experimentos e Simulações Numéricas** Disponível em: <http://www.dep.fem.unicamp.br/prh15/baixar/Guilherme%20Blaitterman%20Ribeiro%20Jr..pdf>. Acesso em: 27 nov 2011.

86 | Saiba mais sobre como é feito a remoção do petróleo. Disponível em: <http://www.blogeco-oil.com/2010/10/saiba-mais-sobre-como-e-feito-remocao.html>. Acesso em: 27 nov 2011.

SZEWCZYK, S. B. O., **Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar**. FURG. 2006.

Data do recebimento: 16/07/2012

Data da avaliação: 16/07/2012

Data de aceite: 17/07/2012

1 Graduandos em Engenharia – Universidade Tiradentes.

2 Graduada em Engenharia Química, Professora das Engenharia na Universidade Tiradentes.

Email: mjs_eq@yahoo.com.br