

1 INTRODUÇÃO

O vazamento de óleo no mar através das atividades marítimas tem sido um dos impactos ambientais que mais tem trazido preocupação por parte de ambientalistas e empresas de petróleo e gás. A origem desses impactos ambientais pode ser devido a vários fatores como: eventos acidentais, poluição operacional, abandono de operação, entre outros.

Estes são fatores que tendem a provocar um grande acidente que abrange características físico-químicas, toxicológicas, afetando não apenas o meio ambiente como a topografia do mar, a fauna, a flora e a geomorfologia da costa; provocando diversas consequências negativas às comunidades que vivem aos arredores das áreas de derramamento, tendo em vista que as mesmas dependem da atividade pesqueira para sobreviver, e não se deve esquecer; que esses fatores podem também afetar a sociedade em geral. (SZEWCZYK, 2006).

Atualmente, vive-se uma situação emergencial em razão dos muitos derramamentos de petróleo, entretanto, sabe-se que não basta somente usar os recursos financeiros e a tecnologia avançada para evitar os danos gerados ao meio ambiente, é necessário que se tenha profissionais qualificados, inclusive na área de aperfeiçoamento náutico, além da habilidade para operar com segurança, as técnicas e os métodos de mecanismo de limpeza de derramamento de óleo no mar. (CRAIG *et al.*, 2012).

Diante dessas evidências, é imprescindível a realização de um estudo que possa ampliar as informações que tratam dos impactos ambientais gerados pelo vazamento de óleo no mar, pelas atividades marítimas, cuja exploração e descarga inadequada de petróleo e seus derivados podem se transformar numa grande catástrofe ambiental, deixando diversos passivos ambientais por décadas no planeta.

A delimitação do tema desta pesquisa versa sobre os impactos ambientais gerados pelo vazamento de óleo no mar, uma das maiores fontes de contaminação de água, o que polui, por sua vez, a região onde estão realizando essa operação.

Procura-se nesse estudo identificar as principais causas desses desastres no ambiente marinho, gerados pelo derramamento de petróleo no mar, onde é possível

perceber ainda a constante combinação de processos físicos, biológicos e químicos, iniciados depois desse derrame, cujas taxas variam de acordo com cada um dos processos utilizados. (CETESB, 2004).

Levando-se em consideração a amplitude desse tema, buscou-se delimitá-lo, destacando as ações preventivas e corretivas, promovendo a conscientização da sociedade e das indústrias petroleiras, que são fontes pontuais de poluição que geram impactos ao ecossistema, afetando os padrões de desenvolvimento sustentável, questão de grande relevância ambiental para minimizar impactos negativos, sobretudo, nos casos de contaminação das águas pelo derramamento de óleo no mar. (IBAMA, 2010).

A questão norteadora desse trabalho é: Seria possível evitar os impactos ambientais gerados pelo vazamento de óleo no mar?

O objetivo geral desse trabalho é analisar as formas de minimizar os impactos ambientais gerados pelo derramamento de óleo no mar. Quanto aos objetivos específicos espera-se: verificar os impactos ambientais gerados pelo derramamento de óleo; aprofundar conhecimentos sobre as causas e consequências relacionadas aos impactos ambientais gerados por vazamento de óleo no mar; enfatizar a importância de se planejar ações direcionadas à responsabilidade das empresas e sociedade, a fim de conscientizá-las sobre a manutenção da qualidade da água do mar, das áreas costeiras e do meio ambiente e explicar os procedimentos usados de alguns equipamentos e recursos necessários para contenção e recolhimento de óleo derramado no mar.

O estudo se justifica por ser uma questão que retrata uma paisagem natural, onde a degradação física, socioeconômica e ambiental se transformou em constantes problemas que assolam o meio ambiente, que atualmente é uma preocupação do segmento industrial e da sociedade em geral. Em se tratando da indústria petroleira, sabe-se que os riscos são inúmeros em relação ao meio ambiente e a preocupação torna-se ainda mais preocupante. (FABRÍCIO et al, 2011)

Cabe lembrar que ao longo dos anos vem ocorrendo muitos acidentes causando impactos ambientais, que decorrem do derramamento de petróleo no mar afetando, por conseguinte, às áreas costeiras. (ERNESTO, 2010).

Sobre essa questão, Szewczyk (2006), cita o caso da Baía de Guanabara, que no ano de 2000, derramou cerca de 1,3 milhões de litros de óleo bruto, vinda da

refinaria da Petrobrás em Duque de Caxias-RJ, o que mudou a paisagem do mar deixando uma mancha de coloração negra, devido ao petróleo que foi derramado. Outros casos também foram noticiados pela mídia como, por exemplo: “o derrame do Argo Merchant (17000 m³), Amoco Cadiz (622000 m³) ocorridos no Mar do Norte”, além do acontecido no “Alasca, com a “Exxon Valdez que derramou cerca de (40000 m³)”, segundo as palavras de Szewczyk (2006, p.1). Nesse sentido, cabe dizer que todas essas informações visam justificar o interesse pelo tema apresentado durante a pesquisa.

Trata-se de uma pesquisa descritiva e qualitativa do tipo bibliográfica, cujo percurso metodológico usado para a concretização da mesma se baseia nos procedimentos descritos por Vergara (2009).

Segundo a autora, a pesquisa consta ainda de dois aspectos, “quanto aos fins” e “quanto aos meios”, conforme a classificação dada por Vergara (2009, p.47). Portanto, quanto aos fins, será uma pesquisa descritiva. Quanto aos meios será uma pesquisa bibliográfica que consiste num processo sistemático de construção que reúne informações já publicadas em: livros, artigos, revistas, jornais, monografias, dissertações e redes eletrônicas que se encontram disponibilizados ao público em geral.

2 RESPONSABILIDADE E GESTÃO AMBIENTAL

Percebe-se que a sociedade em geral, vem exercendo um papel considerável no que se refere à questão dos ecossistemas. Nesse sentido, é relevante que a população humana procure desenvolver ações que minimizem a poluição causada por todas as suas atividades, devendo por sua vez, atentar para um tratamento adequado de destinação dos resíduos que são produzidos por ela mesma.

2.1 Perspectivas teóricas e definições de responsabilidade e gestão ambiental

A responsabilidade ambiental tem sido objeto de inúmeras análises no mundo organizacional. Os conceitos de responsabilidade ambiental, dentro do universo organizacional têm sido flexíveis e isso possibilita a concretização de ações práticas, adotadas pelas empresas em geral. (DONAIRE, 1999).

Mesmo com a especificidade de cada organização, as características de uma empresa socialmente responsável é aquela que escuta e negocia com seus parceiros de negócios, internos (funcionários) e externos (sociedade civil), fortalecendo uma cultura institucional voltada para as relações de trabalho, como também estabelece relações de comprometimento, através dessas parcerias, com uma agenda social voltada para a sustentabilidade. (OLIVEIRA, 2008).

No que se refere à gestão ambiental, cabe enfatizar que existem diversas maneiras pelas quais uma organização pode incorporar a questão ambiental. A primeira delas seria a verificação do posicionamento da empresa em relação ao desafio ambiental para se certificar em quais variáveis a empresa teve baixa avaliação (DONAIRE, 1999).

Donaire (1999) enfatiza ainda que a maneira pela qual a atividade/função ecológica deve ser estruturada dependendo do tipo de atividade a que a empresa se dedica e do tamanho da empresa. Em função do seu ramo industrial, poderá haver maior ou menor envolvimento com a questão ambiental e, portanto, isso se traduzirá em arranjos organizacionais diferenciados, seja em nível das atividades e responsabilidades relativas a sua área de atuação, seja no exercício de sua

autoridade e mesmo no entrosamento e na comunicação dessa atividade/função com as demais funções organizacionais.

Não basta apenas elaborar algumas ações visando à responsabilidade social por parte da organização, mas também fazê-las com consciência e comprometimento, visando não apenas acompanhar uma tendência, mas sim agir de forma compatível com as necessidades vigentes (OLIVEIRA, 2002).

Uma gestão de responsabilidade social sistemática não é algo que possa ser introduzido de imediato, já que exige planificação, planejamento de etapas sequenciais e vigor na sua implementação. Nesse sentido, devem ser considerados os aspectos econômicos, a tecnologia utilizada, o processo produzido, a organização, a cultura da empresa e seus recursos humanos (DONAIRE, 1999).

Oliveira (2008) salienta que mesmo nas empresas multinacionais localizadas no Brasil, a incorporação da responsabilidade social é defasada no tempo levando em comparação ao praticado no seu país de origem. Enfatiza ainda que a maioria das empresas industriais, tanto brasileiras como multinacionais, ainda não dão a devida importância à questão social bem como suas implicações para suas atividades de negócios.

Ainda há muito a ser feito para minimizar essa defasagem em relação às ações realizadas em outros países. Além disso, verifica-se que ainda diversas empresas industriais não se conscientizaram da importância da adoção de ações visando à responsabilidade social.

A gestão ambiental não é mais tratada apenas como uma interface da gestão empresarial convencional. Dessa forma, torna-se inviável pensar na gestão de uma empresa que não tenha a variável ambiental como elemento crucial na elaboração e implementação das suas estratégias empresariais.

Donaire (1999) destaca que os programas de gestão ambiental estabelecem as atividades a ser desenvolvidas, a sequência entre elas, bem como, quem são os responsáveis pela sua execução. Normalmente, devem abranger os aspectos ambientais mais importantes e buscar uma melhoria contínua, ampliando seu escopo de atuação com o passar do tempo. Necessitam possuir dinamismo e flexibilidade suficientes para se adaptar às mudanças que podem ocorrer tanto no seu ambiente presente, quanto no seu ambiente futuro.

2.2 Estratégias de gestão ambiental nas organizações

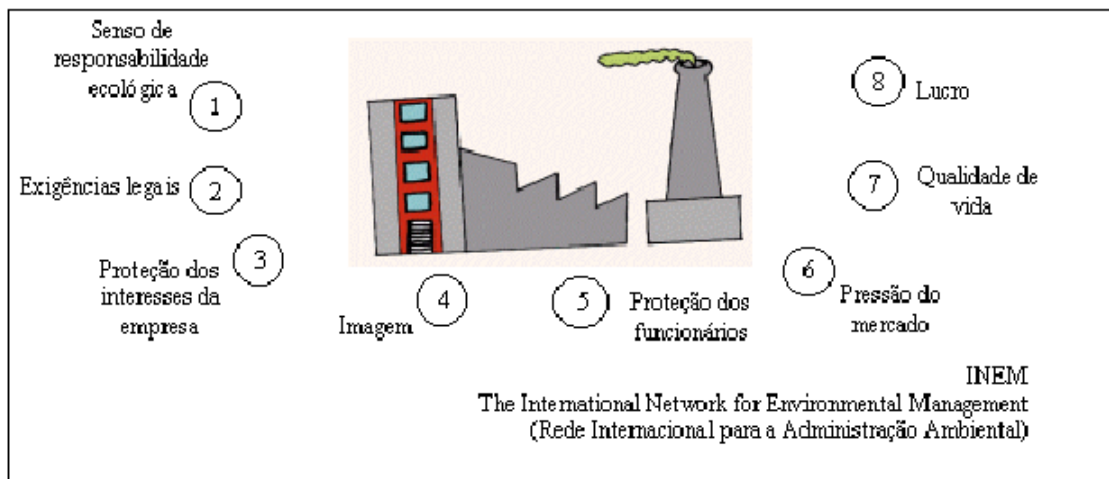
De acordo com Kraemer (2012) para que uma organização importante um sistema de gestão ambiental (SGA) passe a trabalhar realmente com gestão ambiental, necessita passar por uma mudança em sua cultura empresarial, ou seja, rever os seus paradigmas.

Para Oliveira (2008), a ampliação das responsabilidades de uma organização não elimina o seu objetivo natural que é o crescimento através do lucro, mas de preferência um lucro que seja saudável, onde exista uma preocupação socioambiental. As empresas têm sofrido muitas pressões da sociedade para que estas alterem sua postura socialmente responsável e esse compromisso acaba estabelecendo uma relação de maior credibilidade entre as empresas e os consumidores.

A próxima ação é se adaptar à regulamentação ou exigência do mercado, modificando os processos e/ou produtos (inclusive embalagem), visando prevenir a poluição e isso ocorre, quando há uma maior seleção das matérias-primas, além do desenvolvimento de novos processos e/ou produtos. Além disso, as empresas tendem a se antecipar aos problemas ambientais futuros, ou seja, assumem um comportamento proativo e de excelência ambiental.

Essa descentralização se fundamenta nas ações de instituições financeiras dos mais diversos perfis, que se interessam de forma crescente pelas oportunidades que surgem com o dinamismo das novas fronteiras econômicas nacionais. Por isso, muitas são as motivações que levam uma empresa a buscar em implementar ações visando a proteção ambiental. A Figura 1 ilustra estas motivações.

Figura 1 – Motivação para proteção ambiental na empresa



Fonte: Kraemer, 2012

Donaire (1999) enfatiza que as respostas das empresas ao novo e complexo desafio ocorrem em três diferentes fases, tais como: controle ambiental nas saídas, integração do controle ambiental nas práticas e processos industriais, e integração do controle ambiental na gestão administrativa.

A primeira fase ocorre durante a instalação de equipamentos de controle da poluição nas saídas, como chaminés e redes de esgotos, mantendo a atual estrutura produtiva. Levando em consideração, a elevada eficiência dos equipamentos, além do seu alto custo, tal medida acaba não apresentando resultados satisfatórios, acarretando um questionamento por parte do público e da própria indústria.

Na segunda fase, o controle ambiental é integrado nas práticas e processos produtivos, passando a ser uma atividade/função da produção. Esta fase é caracterizada pelo caráter preventivo no que diz respeito à seleção de matérias-primas, do reaproveitamento da energia, à reciclagem de resíduos e à integração com o meio ambiente.

A última fase é a da integração do controle ambiental na gestão administrativa, projetando-a em nível estratégico (alta administração). A partir daí, a proteção ambiental deixa de ser uma função exclusiva de produção e torna-se também uma função da administração.

As empresas que tomarem decisões estratégicas integradas à questão social, podem conseguir significativas vantagens competitivas, quando não redução de custos e incremento nos lucros a médio e longo prazo (ZANCA E COSTA, 2009).

Já as instituições financeiras, tendem a adotar estratégias de descentralização dos créditos concedidos às empresas, levando em conta a diminuição do desequilíbrio geográfico e favorecendo a sustentabilidade sócio-econômica do país.

Um bom exemplo de aplicação de desenvolvimento sustentável em uma empresa é o caso da Petrobrás. Segundo Ignácio (2009), em 2008, a Petrobrás ficou estabelecida no primeiro lugar do *ranking* em pesquisa realizada pela *Management & Excellence* (M&E) como a empresa de petróleo mais sustentável do mundo. Sua pontuação na referida pesquisa foi de 92,25% e passou a ser referência mundial no que tange à ética e sustentabilidade, a partir de 387 indicadores internacionais, dentre os quais salientam-se a emissão de poluentes e vazamentos de óleo, menor consumo de energia e sistema transparente de atendimento a fornecedores.

Com relação a este aspecto, Donaire (1999) afirma que as empresas têm conseguido alcançar um maior destaque devido a uma gestão estratégica. Por meio de ações estratégicas, os problemas trazidos pelas crises são minimizados, propiciando um equilíbrio maior nas empresas.

Um meio de verificar como as empresas tem destinado verbas para as ações ambientais, foram criados instrumentos e indicadores de responsabilidade e gestão ambiental. Através deles, é possível analisar as ações realizadas pelas empresas. O próximo capítulo mencionará tais instrumentos e indicadores.

3 EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

Para que os impactos ambientais sejam minimizados, o controle desses efluentes deverá ser eficiente e a busca de recirculação das águas deve ser permanente. Algumas vezes, uma estação de tratamento de efluentes industriais não opera eficientemente. É necessário, então, que procedimentos operacionais sofram mudanças e/ou melhorias no projeto original.

A eficiência é medida através de análises nos efluentes finais e mesmo até nos afluentes, para se saber neste caso, se o que chega à estação não sofreu alterações que, de alguma forma, não se incorporou com o que anteriormente havia sido previsto. Além disso, outros aspectos devem ser levados em conta, como por exemplo, se a manutenção está adequada ou se algum insumo não condiz.

O tema tratamento de resíduos líquidos industriais compõe o programa de gestão ambiental, sendo elemento chave para a prevenção da contaminação dos mananciais pela atividade industrial, fator visado prioritariamente pelos órgãos ambientais na proteção do meio ambiente.

Nesse contexto, a degradação da qualidade das águas se apresenta como um dos mais relevantes problemas que devem ser compreendidos e encarados com seriedade e prioridade. São reduzidas as quantidades de água doce disponível no planeta e por sua importância vital aos seres humanos é incrível constatar o grau de irresponsabilidade com que as fontes de água vêm sendo utilizadas, sem a adequada preservação e conservação.

Existe hoje a necessidade do desenvolvimento de novos processos de tratamento de efluentes que garantam um baixo nível de contaminantes. Entre os processos de tratamento comumente utilizados industrialmente, existe também a incineração, o tratamento biológico e o co-processamento que são considerados os mais eficientes no que diz respeito à destruição de compostos tóxicos, uma vez que promovem a oxidação e redução dos contaminantes. (NOGUEIRA E JARDIM, 1998).

O co-processamento é uma técnica usada para destruir resíduos industriais de maneira responsável e definitiva, sem a criação de passivos ambientais e ao mesmo tempo, é uma forma de substituir matérias-primas e combustíveis fósseis.

Este processamento é indicado para o tratamento de resíduos industriais líquidos, sólidos e pastosos.

Analisando o estudo realizado por Mariano (2001), os efluentes de processos industriais são usualmente definidos como qualquer água ou vapor condensado que tenha entrado em contato com óleo, estando este último sob a forma líquida ou gasosa, e que pode, portanto, conter óleos ou contaminantes químicos.

Os efluentes líquidos gerados nas unidades da indústria são tratados visando ao seu enquadramento nos limites estabelecidos pela legislação ambiental. Um exemplo de preocupação é com o impacto ambiental de seus efluentes que geram despejo de água e resíduos líquidos. Todos os efluentes gerados por aquela empresa e lançados em corpos d'água devem estar de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de 17 de Março de 2005, não gerando assim impactos ambientais indevidos.

Além desses parâmetros, os padrões de qualidade dos corpos receptores e padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água, inter-relacionados. O objetivo de ambos é a preservação da qualidade no corpo d'água. (SILVA, 2005).

A produção de petróleo e gás é acompanhada de uma significativa quantidade de água, normalmente conhecida como água produzida, a qual corresponde ao rejeito de maior volume em todo o processo de exploração e produção de petróleo. Durante a vida econômica de um poço de petróleo, o volume de água pode chegar a exceder dez vezes o volume de óleo (HENDERSON et al., 1999).

No processo de produção de petróleo um dos contaminantes mais indesejados é a água. A quantidade da água produzida associada aos hidrocarbonetos varia em função de uma série de fatores, como as características do reservatório de onde os fluidos são produzidos, a idade dos poços produtores e os métodos de recuperação utilizados (THOMAS, 2001),

A água é misturada ao petróleo de duas maneiras: na primeira, a água é proveniente da mesma jazida (água conata, retida nos poros e fissuras da rocha desde a sua formação); e na segunda, a água é oriunda dos diferentes processos de recuperação do óleo (OLIVEIRA, 1995).

Um campo de petróleo novo produz pouca água, em torno de 5 a 15% da corrente produzida. Entretanto, à medida que a vida econômica dos poços vai se esgotando, o volume de água pode aumentar significativamente para uma faixa de 75 a 90% (ALI et al., 1998; THOMAS, 2001).

Esta produção excessiva de água é uma das maiores preocupações na indústria do petróleo. A água produzida é um efluente complexo, de salinidade elevada, cuja composição pode variar amplamente, dependendo do tipo e idade do campo, origem e qualidade do óleo, bem como, do procedimento usado para sua extração. Os compostos que normalmente compõem esta água são: óleo disperso e dissolvido; sais minerais dissolvidos; sólidos oriundos da corrosão; graxas e asfaltenos; produtos químicos adicionados para prevenir e/ou tratar problemas operacionais, tais como: biocidas, anti-incrustantes, antiespumantes e inibidores de corrosão; e, gases dissolvidos, incluindo dióxido de carbono (CO₂) e gás sulfídrico (H₂S) (STEPHENSON, 1992).

Geralmente, em áreas *onshore*, ou seja, áreas de produção em terra, que correspondem a aproximadamente 23% da produção nacional de petróleo, a água produzida é separada em um tratador termoquímico e reinjetada nos poços, retornando ao mesmo reservatório de onde foi retirada, para promover a recuperação secundária do óleo, ou é descartada no meio ambiente (SANTOS E WIESNER, 1997).

Nas áreas *offshore*, áreas de produção marítimas, a água produzida é normalmente descartada no mar, após separação do petróleo. O desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento da água produzida, ou ainda, o aperfeiçoamento das existentes é de extrema importância para a indústria do petróleo, minimizando os impactos ao meio ambiente. Constam na literatura, algumas tecnologias para o tratamento de água produzida originada em reservatórios de óleo e gás: troca iônica - para a remoção de metais pesados; adsorção em zeólitas sintéticas; filtração em membrana; arraste por gás ou vapor; adsorção com carvão ativado (com posterior regeneração do carvão por oxidação com ar úmido); e, tratamento biológico - para remoção da matéria orgânica dissolvida. No entanto, a maioria dos tratamentos estudados não remove todos os grupos de componentes indesejáveis, presentes na água produzida. Uma técnica que desperta interesse no tratamento de efluentes industriais, principalmente os

oleosos, é a flotação (CRESPILHO E RESENDE, 2004; GAO et al., 2005; GE et al., 2004).

A tecnologia de tratamento físico-químico pelo processo eletrolítico é uma alternativa promissora para o atendimento à legislação ambiental. Esta alternativa possibilita ampliar a capacidade de tratamento dos sistemas físico-químicos tradicionais, pois utiliza os mesmos fundamentos básicos de coagulação-floculação e adicionalmente disponibiliza elementos que potencializam o método pela geração de oxigênio e hidrogênio nas reações de eletrólise, formando um fluxo ascendente de micro-bolhas que interagem com todo efluente presente no interior do reator eletrolítico, sendo este, submetido intensamente às reações de oxidação e redução, facilitando a floculação e a flotação da carga poluidora existente, aumentando a eficiência do processo de tratamento (SILVA, 2002).

A implantação do processo eletrolítico pode ser efetivada com pequena modificação numa estação de tratamento físico-químico tradicional; sem demandar área significativa; aproveitando os equipamentos existentes; podendo realizar tratamento contínuo ou em bateladas; sem a necessidade de investimentos elevados.

De uma forma geral, os processos disponíveis para utilização no tratamento de resíduos líquidos são: Processos Físicos, Processos Físico-Químicos e Processos Biológicos.

As refinarias de petróleo normalmente empregam sistemas separadores de esgotos para separar as águas oleosas, as águas de processo, as águas de chuva drenadas, a água de refrigeração servida e os esgotos sanitários. Tal separação se faz necessária, na medida em que nem todos esses efluentes passarão pelas mesmas etapas de tratamento. A separação também proporciona uma maior economia e maior efetividade ao tratamento dos despejos (BARCELOS, 1986).

No tratamento dos efluentes líquidos gerados em uma base de armazenamento de combustíveis segundo normas internas, os efluentes podem ser enquadrados três tipos sistemas estes que são tratados de acordo com o grau de contaminação:

- Sistema Pluvial Limpo: que são os efluentes que não apresentam contaminação podendo ser lançados no corpo receptor. Todos os efluentes que se enquadram neste sistema passam por remoção de sólidos grosseiros e areia, antes de serem descartados no corpo receptor.
- Sistema Contaminado: os efluentes que se encaixam no sistema contaminado, possuem presença de hidrocarbonetos, estes podendo conter sólidos suspensos e dissolvidos impossibilitando seu lançamento direto no corpo receptor. Este sistema necessita de um tratamento preliminar, muitas das vezes podem ser tratados na própria base de armazenamento de combustíveis.
- Sistema Oleoso: possuem presença constante de hidrocarbonetos, se tornando mais denso. Este efluente não é tratado na base.

Para remoção dos sólidos grosseiros utilizamos as chamadas: grades, peneiras, sedimentadores e flotadores. Os sólidos dissolvidos são removidos utilizando tratamentos físico-químicos. Os processos biológicos são utilizados para a remoção de matéria orgânica dissolvida. Iremos agora descrever os níveis de tratamento que são: preliminar, primário, secundário e terciário e as suas aplicações.

- Preliminar: Faz a remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros (areia, terra, carvão, pó de pedra e similares), em caixas de areia; sólido com diâmetro superior a 1 mm (penas, plásticos, fios e similares), são removidos em peneiras; sólidos com diâmetros superiores a 10 mm podem ser removidos em grades. O nível preliminar compreende também a remoção por diferença de densidade dos óleos e graxas livres em separadores (SAO) de água e óleo (caixas separadores tipo API, TPI).
- Primário: Remove os sólidos por sedimentação ou flotação (utilizando sedimentadores ou flotadores), ou pela associação de coagulação e floculação química (clarificação físico-química para a remoção de matéria orgânica ou óleos e gorduras emulsionados). Nesta etapa são removidos normalmente componentes tóxicos (excesso de detergentes, corantes, amidas, etc.), matéria orgânica, gorduras e metais pesados (dissolvidos).

- Secundário: Remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida. Nesta etapa podem ser também removidos os nutrientes: nitrogênio ou fósforo. Estes elementos estão presentes nos esgotos sanitários e nos efluentes industriais e são essenciais as diversas formas de vida, causando problemas devido proliferação de plantas aquáticas nos corpos receptores. Nos esgotos sanitários são provenientes dos próprios excrementos humanos, mas atualmente tem fontes importantes nos produtos de limpeza domésticos e industriais, tais como: detergentes e amaciantes de roupas. Nos efluentes industriais podem ser originados em proteínas, aminoácidos, ácidos fosfóricos e seus derivados.
- Terciário: Melhora a qualidade dos efluentes tratados pelas remoções de cor residual, turbidez (remoção de colóides, metais pesados, nitrogênio, fósforo, compostos orgânicos refratários aos níveis de tratamento anterior); e desinfecção do efluente tratado. Os efluentes tratados em uma base de armazenamento de combustível, por exemplo, são os hidrocarbonetos naturais, compostos químicos constituídos por átomos de carbono (C), hidrogênio (H), aos quais se podem juntar átomos de oxigênio (O), azoto (N) e enxofre (S).

Existem diversos tipos de tratamento, que geralmente são classificados como primários, secundários e terciários ou de polimento. O tratamento primário consiste no uso de separadores gravitacionais. O tratamento secundário ou intermediário engloba os processos de neutralização, coagulação química seguida por sedimentação, e os processos de filtração e flotação. O tratamento terciário ou final pode ser de natureza química física ou biológica. Nesta categoria incluem-se o uso de lodos ativados, lagoas aeradas, filtros biológicos, lagoas de estabilização, torres de oxidação, filtração, adsorção em carvão ativo e osmose reversa (SOLETTI et al, 2004).

A separação gravitacional é um passo fundamental do tratamento dos efluentes hídricos das refinarias de petróleo, e consiste no tratamento primário característico. Para os efluentes de processo e para o sistema de esgoto das águas

oleosas, separadores de óleo projetados de acordo com os critérios do API são habitualmente utilizados (CASSEDY, GROSMANN, 1998).

Estes separadores são conhecidos simplesmente por “separadores API”. Neste tipo de separador, o óleo se acumula na superfície e os sólidos pesados seguem para o fundo, sendo que a remoção do óleo sobrenadante e da lama de fundo precisa ser feita periodicamente.

As águas de chuva e as águas de resfriamento servidas são freqüentemente enviadas a separadores deste tipo, pois normalmente encontram-se contaminadas por óleo. Entretanto, para esses dois casos, os separadores têm menores custos de projeto do que aqueles usados para o tratamento das águas oleosas, pois têm menor tempo de residência, na medida em que estas águas são quase que totalmente livres de óleo (SOLETTI et al, 2004).

Para estas correntes, os separadores são usados mais como uma medida de proteção, para eventuais casos de vazamentos acidentais ou situações de emergência, tais como em casos de falhas nos tanques ou mesmo incêndios. A separação por gravidade pode atender todo o tratamento necessário nas refinarias mais simples. Por outro lado, nas refinarias que possuem unidades mais complexas, tratamentos adicionais podem ser necessários.

Esses tratamentos consistem naqueles denominados tratamentos de fim de linha, que são definidos como todos os tratamentos que seguem os separadores API ou outro tipo de unidade de separação água e óleo. Essas técnicas têm como função promover a redução dos poluentes presentes nos efluentes. Os tipos mais habitualmente empregados serão descritos a seguir (SOLETTI et al, 2004).

A floculação química consiste na adição de um reagente químico ao efluente de forma a promover a precipitação das partículas de sujeira. Sulfato de alumínio, cloreto férrico e cloreto de alumínio são os agentes floculantes mais habitualmente utilizados. Em alguns casos, substâncias naturalmente presentes nos efluentes, tais como o bicarbonato de cálcio e o carbonato de magnésio, podem formar precipitados e, deste modo, também servir como promotores da floculação (HARRISON, 1995).

Com o controle do pH do efluente (meio reacional) numa faixa apropriada, a reação de floculação ocorre, e os produtos de tal reação, que são relativamente

insolúveis e inicialmente estão presentes sob a forma de colóides, se aglomeram em flocos. Durante o processo de aglomeração, essas partículas se associam a outros materiais em suspensão ou coloidais.

O floco então aumenta de tamanho, a sua densidade se eleva e eles precipitam, levando consigo qualquer material insolúvel que tenha sido aprisionado durante a etapa de crescimento. Polieletrólitos são freqüentemente usados para apressar o processo de floculação. A floculação química é efetiva na redução da quantidade de material em suspensão presente nos efluentes, inclusive material insolúvel finamente dividido. O conteúdo de óleo pode ter o seu grau de solubilidade reduzido através desse processo (SOLETTI et al, 2004).

Alguma DBO também pode ser removida durante a floculação, mas tal redução é limitada pela quantidade de matéria consumidora de oxigênio que estiver inicialmente presente sob a forma de colóides ou outro material particulado. Por outro lado, a floculação é efetiva na remoção da turbidez; o processo não tem efeito sobre a coloração causada por substâncias em solução, apenas sobre a cor provocada pela presença de materiais coloidais, pois induz à aglomeração dos mesmos (GURNHAM, 1995).

A flotação por ar dissolvido - FAD e a flotação por ar induzido - FAI têm sido bastante empregada na indústria de petróleo, no sentido de reduzir o teor de óleos e graxas em suspensão na água produzida a níveis adequados (5 mg/L), quando o destino final dessa água é a reinjeção. Tais técnicas consistem de quatro etapas básicas: geração de bolhas na água residuária oleosa; contato entre as bolhas de gás e as gotas de óleo suspensas na água; união das gotas de óleo às bolhas de gás; elevação da combinação ar/óleo até a superfície de onde o óleo é removido (SANTOS et al., 2007).

O processo FAD é de longe o método de flotação mais usado para o tratamento de efluentes industriais. No estudo do processo de separação utilizando flotação por ar dissolvido, uma das maneiras de obtenção das micro-bolhas é encaminhar uma corrente líquida (efluente bruto ou tratado, total ou parcial, ou ainda, uma corrente líquida qualquer) para uma câmara de pressurização (saturador), onde é promovida a dissolução de gás (geralmente ar atmosférico) no líquido. Ao sair da célula, o líquido é despressurizado, ocorrendo o despreendimento das micro-bolhas de gás. Tal corrente é encaminhada a coluna de flotação, onde as

gotas de óleo da emulsão aderem às bolhas e flutam até a superfície (SANTANDER, 1998).

No processo de flotação a ar o efluente é saturado, usualmente sob pressão, com ar, e é então liberado para um vaso à pressão atmosférica ou pressão reduzida. A supersaturação é aliviada pela formação de pequeníssimas bolhas de gás. As bolhas, enquanto se formam e avançam para a superfície do líquido, carregam consigo o material particulado, que se separa e pode então ser removido.

A flotação a ar tem como vantagem sobre a separação gravitacional o fato de que a sua taxa de separação é mais rápida, além de requerer menos espaço. A combinação da flotação a ar com a floculação química é mais eficaz do que a utilização da floculação sozinha.

A flotação produz mais ou menos o mesmo grau de tratamento que a floculação química, mas promove o tratamento de forma mais rápida e minimiza alguns dos feitos indesejáveis desta última.

A flotação ar, com ou sem o uso de substâncias químicas, pode promover uma grande melhora na qualidade do efluente e na sua aparência, assim como na diminuição do seu conteúdo de óleo. Quando as exigências relacionadas à DBO não são importantes, este processo pode servir como etapa final do tratamento dos efluentes das refinarias (GURNHAM, 1995).

Os separadores gravitacionais, baseados nos princípios da sedimentação, não têm a capacidade de separar os óleos emulsionados presentes nos efluentes. Na verdade, a presença das emulsões pode atrasar a separação por diferença de gravidade. No entanto, as emulsões oleosas podem ser coletadas separadamente, tão perto da fonte geradora quanto possível, e tratadas através de métodos de quebra de emulsão, onde é obtida a coalescência das gotas de óleo. Após a coalescência, o óleo poderá, então, ser separado por métodos gravitacionais.

Muitas técnicas podem ser empregadas para promover a quebra das emulsões presentes nos efluentes. A escolha de qual delas deve ser usada deve basear-se em ensaios de laboratório, levando-se em conta os custos correlatos.

Dois técnicas distintas para o manuseio dessas emulsões são freqüentemente empregadas, a primeira, que consiste no uso de equipamentos de flotação e aeração, como anteriormente descritos, e a segunda, que consiste no

emprego de reagentes químicos que quebram as emulsões e destroem os agentes emulsionantes. Neste segundo caso, o óleo sobe à superfície, mas pequena parte fica agregada aos reagentes químicos sendo removida por sedimentação (GURNHAM, 1995).

A oxidação biológica ou bio-oxidação é um método extensivamente usado no tratamento dos efluentes das refinarias. Os compostos fenólicos são considerados os principais contaminantes deste tipo de efluente, assim como os hidrocarbonetos. O tipo e a quantidade dessas substâncias presentes no efluente, dependem inteiramente do processo de refino utilizado.

Segundo dados da literatura, a DBO dos despejos fenólicos das refinarias varia entre 17 e 280 mg/L. É prática internacional o emprego de processos de oxidação biológica para a remoção de tais substâncias.

Algumas vezes, o emprego dos processos de oxidação biológica é limitado a determinados tipos de despejos, que são previamente selecionados. Entretanto, existe uma tendência geral das refinarias para a redução do consumo de água, o que torna ainda mais necessário o tratamento de todos os efluentes gerados, podendo ser excluídas apenas as águas de drenagem provenientes de áreas livres de óleo.

Normalmente, o tratamento biológico é feito por três processos distintos: lagoas de oxidação, lodos ativados e filtros biológicos. A seleção de qual tipo de biotratamento será utilizado depende grandemente dos custos envolvidos e do tamanho da área disponível para a construção da planta.

A redução das quantidades de água utilizadas pode, algumas vezes, ser uma medida muito eficiente para a redução dos custos com tratamento (SOLETTI et al, 2004). A gestão inteligente do uso da água dentro das refinarias é um método barato de se reduzir a quantidade dos efluentes gerados, e pode incluir medidas como: eliminação de vazamentos; fechamento das mangueiras de lavagem, quando estas não estão em uso; desligamento das bombas das linhas de água de resfriamento, quando estas não estiverem em uso; uso de métodos de limpeza a seco e uso de caminhões aspiradores para as limpezas de vazamentos de óleo.

Muitas refinarias novas, assim como as modificadas, incorporaram modificações aos seus projetos, com o objetivo de reduzir o uso de água e a carga poluente de seus efluentes. Tais modificações incluem:

- a) Substituição dos catalisadores antigos por outros mais avançados que requerem menos regeneração;
- b) Substituição dos condensadores barométricos por condensadores de superfície, ou por ventiladores (nas torres de destilação a vácuo);
- c) Uso dos processos de hidrocraqueamento e hidrotratamento, que geram menores cargas efluentes do que os processos convencionais;
- d) Aumento do uso de processos de finalização (como adoçamento) melhorados, com o intuito de se minimizar as quantidades de álcalis e ácidos gastos;
- e) Reciclagem dos efluentes nas próprias unidades de processo, com a finalidade de se reduzir a quantidade de efluentes que deixa as mesmas.

Uma maior mudança de processo que pode reduzir as quantidades de efluentes gerados é a substituição dos sistemas de refrigeração a água por sistemas de refrigeração a ar. Muitas refinarias norte-americanas instalaram sistemas de refrigeração a ar com suas novas unidades de processo, e reduziram a produção adicional de efluentes que acompanha o aumento da complexidade das refinarias. O aumento do uso da refrigeração à ar, pode também reduzir a quantidade das descargas das torres de resfriamento que necessitam de tratamento (SOLETTI et al, 2004).

Outro método para se reduzir a geração de efluentes é a eliminação da água de resfriamento das bombas de uso geral. Em alguns casos, a eliminação da água aumenta a confiabilidade do equipamento, reduz as despesas com tratamento de água e reduz os custos de operação (EPA, 1995).

De acordo com o CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE 357, art.34 (2005), o teor de óleos e graxas em efluentes não deve exceder 20 mg/L. Um processo para separação de emulsões que vem recebendo crescente atenção devido a sua eficiência energética, facilidade de operação, vasta aplicabilidade,

entre outras vantagens são os que utilizam membranas como principio ativo de seu funcionamento. Com o desenvolvimento e aplicação de um sistema específico de membranas, sozinho ou em conjunto com outras técnicas, podemos assegurar a passagem de apenas moléculas específicas, mesmo em situações onde os efluentes possuem um alto teor de óleo. (SILVA, 2003).

3.1 PROCEDÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DO PETRÓLEO

O petróleo está associado a grandes estruturas que comunicam a crosta e o manto da terra, sobretudo nos limites entre placas tectônicas. Logo para existir petróleo deve haver sedimentos ricos em matéria orgânica, rocha reservatório e rocha base. As condições de temperatura e pressão são favoráveis para que haja a maturação do petróleo.

O petróleo é uma substância oleosa, inflamável, de densidade menor que a da água, com cheiro característico e cor variando entre o preto e o castanho-claro. Compõe-se de uma mistura complexa constituída, basicamente, de hidrocarbonetos que apresentam números variáveis de átomos de carbono (CLARK, 2001).

De acordo com Paraguassu (2003) do total da matéria orgânica depositado, somente cerca de 2 a 5% serão transformados efetivamente em óleo. Do óleo produzido, apenas cerca de 1 a 8% migrarão da rocha geradora (geralmente folhelhos), para rochas de maior porosidade também chamadas de rochas reservatório, na maioria dos casos arenito e calcário, geralmente em locais distantes da rocha geradora. O restante permanece aprisionado na rocha em função de falta de permeabilidade.

O petróleo bruto retirado das jazidas contém diversos hidrocarbonetos e contaminantes presentes, necessitando de um refino que separe e purifique as diversas frações obtidas através de um conjunto de operações unitárias e conversões químicas. Nas refinarias, o petróleo é submetido a diversos processos físico-químicos pelos quais se obtém grande diversidade de compostos, tais como: GLP ou gás de cozinha, gasolina, naftas, óleo diesel, gasóleos, querosenes de aviação e de iluminação, óleo combustível, asfalto, lubrificantes, solventes, parafinas, coque de petróleo, resíduos, entre outros. As parcelas dos derivados

produzidos em determinada refinaria variam de acordo com o tipo de petróleo processado.

Os hidrocarbonetos do petróleo são agrupados em quatro classes básicas – (I) aromáticos, (II) parafínicos, (III) naftênicos e (IV) oleofínicos - dependentes do arranjo estrutural dos átomos de carbono e hidrogênio (BRASIL, 2007).

- ✓ Hidrocarbonetos aromáticos – apresentam em sua estrutura 6 átomos de carbono ligados alternadamente por ligações duplas e simples, compondo os anéis aromáticos. Dentre os hidrocarbonetos aromáticos o benzeno é o mais simples, sendo dele derivado um grande número de substâncias relativamente solúveis em água. No grupo dos hidrocarbonetos aromáticos estão agrupados os compostos que apresentam maior toxicidade podendo ser citados, dentre eles, os HPA's (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) que são compostos altamente lipofílicos. Devido a tais características estes compostos tendem a se associar a materiais em suspensão presentes na coluna d'água e ser sedimentados, podendo ser bioacumulados, e causar efeitos negativos nas populações muito tempo depois da ocorrência dos derrames. Os HPAs são resistentes à biodegradação, assim como, são muito persistentes na coluna d'água e no sedimento.
- ✓ Hidrocarbonetos parafínicos - estes são os maiores constituintes do petróleo. Também denominados de alcanos, formam cadeias simples e ramificadas de carbono com ligações químicas saturadas.
- ✓ Naftênicos – muitos hidrocarbonetos apresentam seus átomos de carbono dispostos na forma de anéis. No caso dos naftênicos, estes anéis apresentam apenas ligações simples entre os átomos de carbono, sendo denominados de cicloalcanos. Quando comparados aos aromáticos constituem compostos menos tóxicos e mais rapidamente removidos do ambiente pela atuação de microorganismos na sua degradação.
- ✓ Oleofínicos – hidrocarbonetos que apresentam uma dupla ligação entre os átomos de carbono. Não são encontrados originalmente no petróleo, sendo formados principalmente quando o óleo é aquecido a uma temperatura superior a 500°C sob a presença de catalisadores, o que provoca a ruptura da cadeia carbônica dos hidrocarbonetos formando compostos de cadeias menores.

As principais características físico-químicas do petróleo são referentes à sua densidade relativa, persistência, viscosidade, ponto de fulgor, solubilidade e tensão superficial (BRASIL, 2007).

A densidade relativa é a gravidade específica, isto é, a razão entre a densidade do óleo e da água pura. Esta densidade é apresentada internacionalmente como grau API. A persistência está relacionada ao tempo de degradação de 50% do óleo presente na superfície marinha. Esta degradação é dependente das propriedades físicas do produto, das condições climáticas e oceanográficas. A viscosidade é a resistência interna ao fluxo que o fluido está sujeito. O ponto de fulgor é traduzido como a temperatura a partir da qual há liberação de vapores em concentrações suficientes, para que o óleo presente na superfície do mar queime, quando tiver contato com uma fonte de ignição. Esta característica constitui um importante fator de segurança para as equipes que trabalham na contingência de vazamentos de óleo. A solubilidade é o processo no qual uma substância se dissolve em outra. Constitui-se num fator altamente importante devido ao grau de toxicidade do petróleo aos organismos aquáticos. A tensão superficial é a força de atração entre as moléculas na superfície de um líquido. A tensão superficial e a viscosidade determinam a taxa de espalhamento na superfície da água.

O conhecimento de tais propriedades é de fundamental importância, pois estas auxiliam na tomada de decisões durante o atendimento emergencial através da escolha adequada de procedimentos e equipamentos compatíveis com o tipo de óleo liberado no ambiente, além de possibilitar a determinação

dos possíveis efeitos à saúde do homem e do meio ambiente. (FERREIRA, 2006)

3.2 O petróleo e suas consequências no ambiente marinho

O petróleo é um combustível fóssil de grande significado para a economia mundial, que também representa um problema devido a sua frequente introdução no meio marinho, não apenas por seu transporte em grande escala como também pela sua larga utilização industrial, extração e consumo. Na poluição marinha, os impactos ambientais podem ser agudos, quando são pontuais com efeitos

catastróficos, em um curto espaço de tempo, ou crônicos, quando impactam o meio ambiente, ao longo do tempo.

Entende-se impacto ambiental como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização. Aspectos ambientais são os elementos das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente (ABNT ISO 14001, 2004).

A fonte significativa de hidrocarbonetos no ambiente está ligada às atividades antrópicas poluidoras. As principais fontes de petróleo e seus derivados são efluentes industriais, esgotos, drenagem de rios, operações de carga e descarga em navios petroleiros e também produção de óleo em mar aberto. (MARTINS, 2002).

Especialistas em poluição enfatizam que os acidentes deixam marcas por vinte anos ou mais e que a recuperação é sempre muito longa e difícil, mesmo com ajuda humana. O contato com o petróleo cru causa efeitos gravíssimos principalmente em plantas e animais. O óleo recobre as penas e o pelo dos animais, sufoca os peixes, mata o plâncton e os pequenos crustáceos, algas e plantas na orla marítima. Nos mangues, o petróleo mata as plantas ao recobrir suas raízes, impedindo sua nutrição. Além disso, a baixa velocidade ressaltar que o petróleo é composto por substâncias solúveis, como os fenóis, aldeídos, piridina, que representam perigo, visto serem muito tóxicos. De uma forma geral, os estudos realizados demonstram que os hidrocarbonetos aromáticos são os mais tóxicos ao ambiente, seguidos pelas séries oleofínicas, naftênicas e parafínicas.

Dentro de cada uma das séries, as moléculas de baixo peso molecular são as mais tóxicas. Totalmente insolúveis em água, são muito solúveis em lipídeos e nos produtos petrolíferos. Mesmo em doses mínimas, são extremamente tóxicos para o plâncton, destacando-se os ovos e larvas de inúmeras espécies de valor comercial, comprometendo as atividades pesqueiras locais e regionais. (CUNHA; GUERRA, 1999).

Os fatores que mais influenciam o grau de impacto das comunidades biológicas costeiras atingidas por derrames de petróleo são:

- a) Tipo e quantidade de petróleo: Os óleos leves são altamente tóxicos, devido à presença de maiores quantidades de compostos aromáticos, no entanto os

óleos pesados e mais densos são pouco tóxicos, mas causam impactos físicos de recobrimento.

- b) Amplitude das marés: Derrames que ocorrem durante as marés de sizígia (marés vivas), de maior amplitude, atingem áreas muito mais extensas da zona entre - maré do que nas marés de quadratura (marés mortas). No entanto, o movimento contínuo de subida e descida das marés atua como um importante fator de limpeza natural.
- c) Grau de hidrodinamismo: O grau de hidrodinamismo de um local é determinado em função da quantidade, intensidade e força das ondas e correntes que atuam no ambiente. Locais com elevado hidrodinamismo tendem a dispersar o óleo de maneira rápida e eficiente, fazendo com que o impacto de um derrame de óleo seja reduzido ou não perceptível. Nestes ambientes, o óleo permanece por poucos dias. Já nos ambientes abrigados da ação das ondas e corrente, o petróleo tende a permanecer por mais tempo ou até anos impedindo que a comunidade biológica se recupere.
- d) Tipo de comunidade: O grau de impacto do petróleo derramado em um ambiente varia em função do tipo de comunidade ali presente. Os ambientes considerados mais estáveis – costões rochosos abrigados e praias lodosas – são mais ricos em espécies sensíveis e tendem a sofrer grandes impactos. No entanto, os ambientes muito dinâmicos, com elevado stress físico, possuem espécies mais resistentes e menor diversidade. Espécies animais com conchas e carapaças externas, por exemplo, os mexilhões e ostras, são mais resistentes, pois a superfície do corpo não entra em contato direto com o petróleo.
- e) Exposição prévia a outros impactos: Ambientes expostos aos impactos crônicos possuem comunidades biológicas perturbadas e desestruturadas, com baixa diversidade. As espécies, em contato com a poluição crônica, tornam-se mais sensíveis aos impactos agudos, e outros estresses, do que em ambientes não poluídos.

4 VAZAMENTO DE ÓLEO NO MAR

As fontes de contaminação do mar por petróleo podem ser classificadas em quatro grupos: exsudação natural, extração, transporte e consumo.

A exsudação natural tende a ocorrer em mar aberto, esporadicamente e em baixas vazões. As atividades associadas à extração de petróleo e gás podem provocar vazamentos acidentais provenientes de erupções de poços, vazamentos superficiais de plataformas ou desprendimento crônico associados com a disposição de águas produzidas e cascalhos contaminados gerados no processo de perfuração.

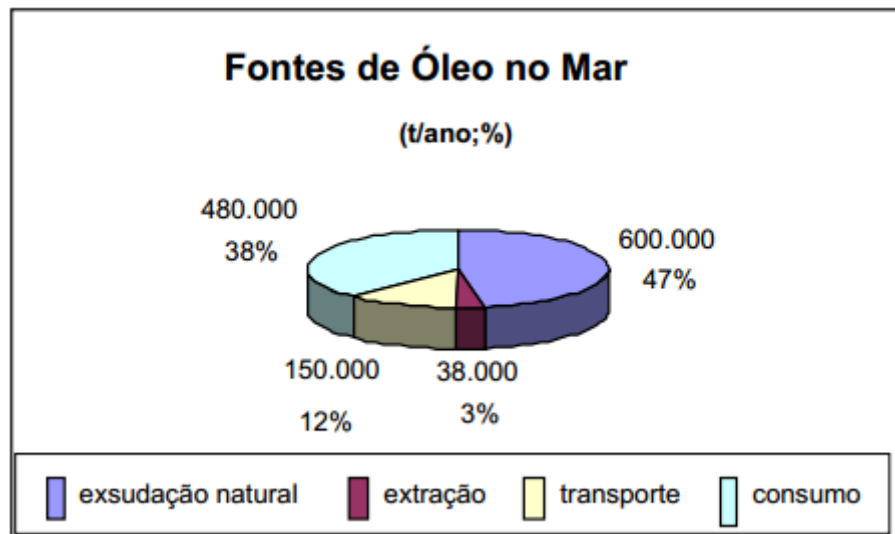
O transporte de petróleo e de produtos refinados e as atividades de refino e de distribuição podem provocar vazamentos que não são classificados como triviais, visto poderem ocorrer como grandes derramamentos e em todos os locais de passagem de petroleiros ou aonde oleodutos estejam instalados. As áreas próximas a instalações de processo de petróleo apresentam maior risco por concentrarem as três atividades mencionadas (transporte, produção e distribuição).

A contaminação provocada pelo consumo de petróleo, seja por carros, barcos, navios, ou por lixiviação de solo em áreas urbanas, corresponde à maior parcela de petróleo introduzida no mar devido a atividades humanas. Diferentemente de outras fontes, as quantidades introduzidas pelo consumo ocorrem como vazamentos lentos e crônicos e com as emissões atmosféricas. Como a maior parte do consumo de petróleo ocorre em terra, os rios, sistemas de drenagem de águas pluviais e de esgotos carregam a maior parcela de óleo que chega ao ambiente marinho.

Do óleo que adentra o mar, a exsudação natural responde por 47%; a extração de petróleo por 3 %; o transporte de petróleo e derivados por 12 %; e o consumo de produtos de petróleo – responsável pela maior parcela não natural – por 38%.

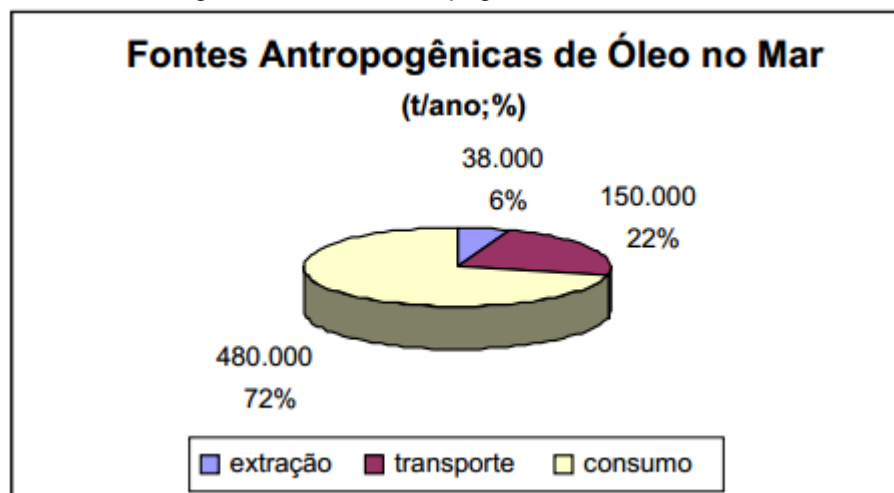
Consideradas apenas as fontes antropogênicas, o consumo passa a ser responsável por 72 % da quantidade de óleo inserida nos oceanos; o transporte de petróleo e derivados responde por 22 % do total; e a extração de petróleo tem a menor contribuição, com 6 % (NAS, 2003). As figuras 2 e 3 apresentam gráficos destas contribuições.

Figura 2 – Fontes de óleo no mar



Fonte: NAS, 2003

Figura 3 – Fontes antropogênicas de óleo no mar



Fonte: NAS, 2003

As formas antropogênicas de contaminação do mar por óleo incluem: descargas crônicas de refinarias e instalações de estocagem; descargas operacionais de navios ao longo das principais rotas de navegação; e acidentes como derramamentos de óleo por navios e ruptura de oleodutos. Também são originadas pela extração transporte consumo descargas em rios; descargas difusas de áreas municipais industrializadas; as contaminações advindas da produção de petróleo fora da costa; e pela poluição da atmosfera. Geograficamente, as fontes variam em importância, mas as principais origens são, normalmente, terrestres: refinarias, lixo municipal e lixiviação de solo urbano (GESAMP, 1993).

Os derrames de óleo podem causar danos à vida marinha e forte impacto econômico nas atividades costeiras, afetando aqueles que exploram os recursos marinhos. Áreas costeiras onde são exercidas atividades de recreação e de turismo; indústrias que dependem do fornecimento de águas limpas para sua operação; portos e estaleiros; áreas de exploração e criação de recursos marinhos são exemplos de locais que, quando atingidos, podem sofrer grandes prejuízos (ITOPF, 2004).

Os danos podem ser causados pelas propriedades físicas e pela composição química do petróleo, como, ainda, pelas atividades de combate aos derramamentos. As ações de limpeza podem prejudicar animais e destruir habitats (ITOPF, 2004).

Grandes derramamentos de óleo têm sérios efeitos, mesmo que locais e temporários, mas a maior parte do óleo que chega aos oceanos é proveniente de eventos menos agudos – como descargas de rotina de navios, poluição atmosférica e óleo lubrificante descartado em águas pluviais (GESAMP, 2001).

O vazamento de petróleo é um tipo de poluição ambiental muito difícil de ser contido e causa efeitos indesejáveis ao meio ambiente, trazendo prejuízos às atividades sócio-econômicas nos territórios atingidos.

Quando derramado no mar, o petróleo espalha-se formando uma mancha, de espessura variável e tem sua trajetória alterada em função da velocidade e direção dos ventos superficiais e correntes marinhas. Este processo faz com que a mancha do óleo derramado se expanda aumentando sua área e diminuindo sua espessura.

Segundo Monteiro (2003), a mancha em seu percurso em direção à costa ou ao alto mar sofrerá uma série de processos chamados processos intempéricos, que por sua vez, são influenciados por outros fatores como o estado do mar (temperatura, pH e salinidade) e do clima (umidade e radiação solar), a presença de bactérias e materiais particulados suspensos na água, e, principalmente, das propriedades físico-químicas do óleo derramado.

Processo intempérico é definido como um conjunto de modificações de ordem física, química e biológica. Considerações sobre os principais processos são: advecção, espalhamento, evaporação, dissolução, emulsificação, biodegradação, oxidação, dispersão.

Para que as ações de resposta visando à minimização dos danos provocados pelos derrames de óleo ao meio ambiente sejam adequadamente escolhidas e aplicadas, são necessárias ações iniciais no sentido de se conhecer o cenário envolvido no acidente, a fim de definir as estratégias de combate e dimensionar os recursos necessários para uma resposta efetiva (ITOPF, 2007). As ações propriamente de combate incluem a contenção e remoção do produto do mar e a limpeza dos ambientes costeiros atingidos por meio de técnicas apropriadas.

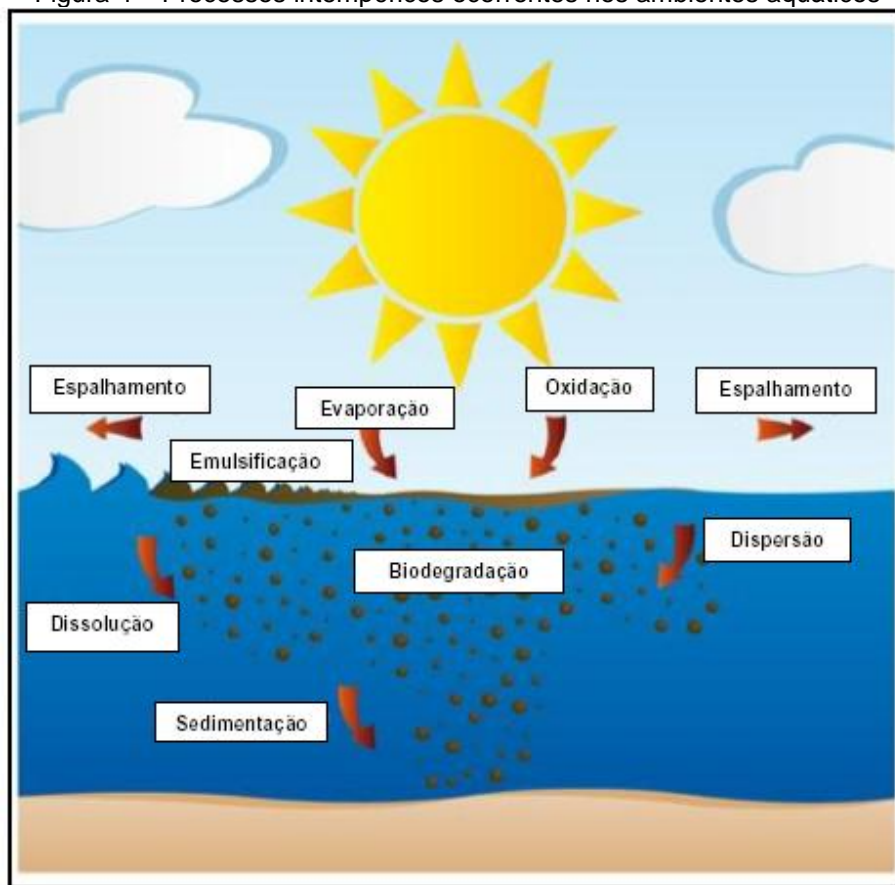
De acordo com o aspecto e coloração da mancha de óleo na superfície do mar, é possível estimar sua espessura e quantificar o volume derramado por determinada unidade de área, dando início às operações de resposta.

A eficiência da resposta está associada à seleção do equipamento e seu uso adequado e baseada no grau de contaminação pelo óleo, tipo de óleo, os tipos de substrato, além da sensibilidade das comunidades biológicas encontradas na área afetada e as condições das correntes, ondas e ventos. Os estragos provocados na costa e as ameaças a outras áreas podem ser reduzidos pelo uso de equipamentos de contenção e recuperação.

Grandes derramamentos de óleo têm sérios efeitos, mesmo que locais e temporários, mas a maior parte do óleo que chega aos oceanos é proveniente de eventos menos agudos, tais como descargas de rotina de navios, poluição atmosférica e óleo lubrificante descartado em águas pluviais (ARAÚJO, 2005).

Quando liberado no ambiente marinho, o petróleo passa por uma gama de processos naturais que modificam suas características originais (Figura 4). O processo de modificações é denominado intemperismo. Este é fortemente influenciado pelas características físico-químicas do produto liberado e pelas condições meteoceanográficas da área do derrame.

Figura 4 – Processos intempéricos ocorrentes nos ambientes aquáticos



Fonte: ITOPF (2009)

Habitualmente, o tráfego marinho origina poluição, na maior parte dos casos com hidrocarbonetos, provocada tanto pelas descargas voluntárias de limpeza dos tanques dos navios, como pelos acidentes.

A poluição marinha, conforme definida em convenções internacionais, é a introdução no meio marinho pelo homem, de substâncias ou de energia, em qualidade e quantidade tais, que tragam potencial de deterioração dos recursos biológicos, da qualidade da água, das atividades marinhas como pesca, transporte e turismo e mais importante, da saúde humana.

Entre as principais fontes de lançamento de hidrocarbonetos no mar, destacam-se: limpeza dos tanques dos navios; exploração de poços de petróleo no mar, acidentes com petroleiros, refinarias e instalações petroquímicas, arrastamento por águas das chuvas em áreas urbanas e barcos recreativos ou de pesca.

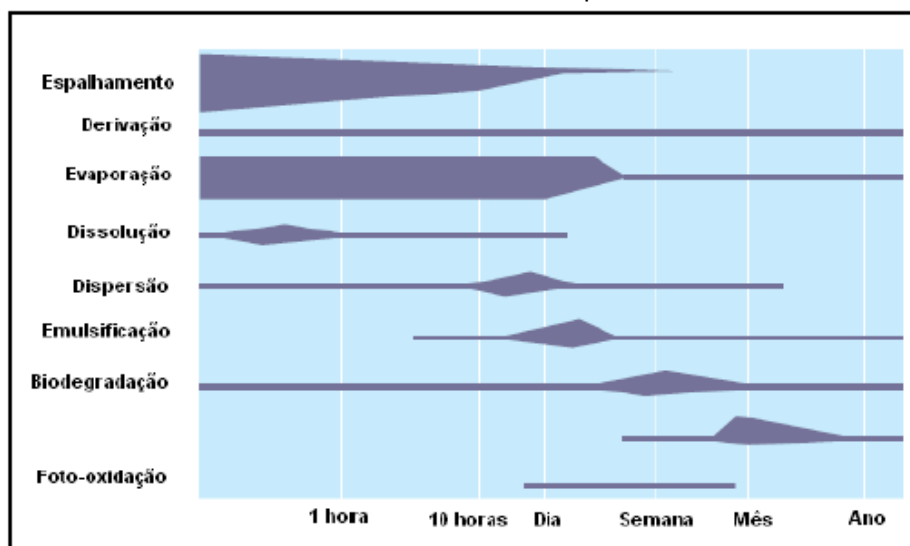
O intemperismo do óleo, que consiste na combinação de processos físicos, químicos e biológicos, inicia-se imediatamente após o derrame e processa-se a

taxas variáveis. Sua eficiência depende das condições da água do mar, como pH, temperatura, correntes e salinidade, do clima, tais como: umidade e incidência de radiação solar, da presença de bactérias e materiais particulados suspensos na água, além das propriedades físico-químicas do óleo derramado, tais como: composição química, estado físico, densidade, viscosidade, solubilidade, temperatura e teor de oxigênio. A taxa do processo não é constante, sendo mais efetiva nos primeiros períodos do derrame (CETESB, 2004).

As transformações sofridas pelo petróleo e seus refinados no ambiente afetam primeiramente as características físicas do produto como densidade, viscosidade, ponto de escoamento e solubilidade, sem alterações na natureza química dos componentes. Ocorrem, principalmente, nos processos de espalhamento do produto derramado e evaporação dos componentes leves, seguidos da dissolução das frações solúveis, emulsificação decorrente do hidrodinamismo e sedimentação por aderência de partículas suspensas na coluna d'água (SILVA, 2004).

A Figura 5 especifica o início e duração dos processos naturais ocorrentes num óleo intermediário quando este é liberado no ambiente marinho, em conformidade ao tipo de óleo considerado neste estudo. O comprimento da linha indica o tempo de duração de cada processo atuante sobre o óleo, sendo a sua espessura associada à intensidade de ocorrência do mesmo.

Figura 5 – Especificação do período de ocorrência dos processos intempéricos sobre um óleo intermediário derramado sobre a superfície marinha



Fonte: IPIECA (2000)

Segundo informações extraídas do manual de orientação da CESTEB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) (BRASIL, 2007) e do guia de suporte a elaboração de planos de contingência da IPIECA (Internacional Petroleum Industry Environmental Conservation Association) (2000), os diversos processos naturais ocorrentes no petróleo liberado no mar são descritos a seguir.

4.1 Processos naturais ocorrentes no petróleo liberado no mar

4.1.1 Espalhamento

Quando ocorre a liberação do óleo, a mancha se expande horizontalmente influenciada pela ação de ventos, marés, ondas e correntes. O espalhamento ocorre mais intensamente nas 24 horas seguintes a liberação do óleo no mar, podendo durar mais de uma semana, conforme mostrado na Figura 2.

O espalhamento é um processo que consiste no movimento horizontal do óleo na superfície da água devido aos efeitos da volatilidade, força gravitacional, viscosidade e tensão superficial do óleo, se iniciam imediatamente após o derrame. Durante os primeiros estágios do derramamento, é o processo que mais afeta o comportamento do óleo, já que o mesmo tende a se espalhar como uma mancha única, aumentando sua área e diminuindo sua espessura, garantindo assim, maior transferência de massa por evaporação e dissolução, permitindo, dessa forma, um incremento na eficiência dos demais processos.

As condições ambientais como vento e correntes agem diretamente no espalhamento da mancha, sendo que óleos menos viscosos se espalham com maior velocidade. O conhecimento da espessura da mancha de óleo é fundamental na avaliação da eficiência de diferentes métodos de combate e limpeza de derramamentos; e para estimativa de potenciais impactos no ambiente.

A observação desse fenômeno durante a efetivação do plano de contingência, ajuda às operações de vigilância marítima através de aeronaves, encurtando tempo e economizando recursos.

4.1.2 Evaporação

Os compostos dos hidrocarbonetos são transferidos para a atmosfera através do processo de evaporação. Este processo ocorre intensamente nas primeiras horas que seguem o derramamento. Sabe-se que as taxas de evaporação são aumentadas com a intensificação da temperatura ambiente, da velocidade dos ventos e da radiação solar.

Consiste no processo de perda para atmosfera dos compostos mais voláteis, ou seja, compostos com baixo ponto de ebulição. Este processo é de fundamental importância durante as primeiras 24 horas, após o derramamento devido à transferência de massa.

A maior presença de compostos mais leves leva a uma maior evaporação. Entretanto, a evaporação desses compostos promove alterações na composição química do produto. Embora haja redução do volume derramado no decorrer deste processo, os compostos remanescentes tornam a mancha mais espessa por apresentarem altas viscosidade e densidade específica (SILVA, 2004).

O grau de espalhamento também é um fator determinante, pois quanto maior a superfície de contato com o ar, maior será a evaporação. A taxa de evaporação é determinada, de uma forma geral, pelas propriedades físico-químicas do óleo (SOUZA, 2004). Fatores como agitação dos mares, grandes velocidades de vento e climas quentes também funcionam como aceleradores do processo de evaporação (MONTEIRO, 2003).

Primeiramente, ocorre a evaporação das porções mais leves e voláteis do óleo. Os compostos de maior peso molecular permanecem na mancha e continuam a sofrer o intemperismo. Dependendo da composição do produto, a evaporação pode ser responsável pela redução de mais da metade do volume da mancha. Óleos refinados como gasolina e querosene podem evaporar completamente em poucas horas (ITOPF, 2002).

4.1.3 Dissolução

É caracterizada pela passagem dos componentes do óleo da superfície para coluna d'água através da ação de ondas e correntes. A dissolução ocorre com maior intensidade na primeira hora seguintes ao derramamento.

Processo de grande influência sobre as consequências biológicas no ambiente marinho, que consiste na transferência dos compostos do produto derramado para a coluna d'água. Ocorre logo após o derrame, quando o óleo vai sofrendo foto-oxidação e biodegradação, e compostos mais solúveis vão sendo gerados (MONTEIRO, 2003).

A taxa de dissolução do óleo depende de sua composição, do espalhamento da mancha, da taxa de dispersão, da temperatura e da turbulência da água. Quanto mais leve o composto, maior o grau de dissolução na água.

4.1.4 Dispersão

O processo de dispersão se inicia imediatamente após a ocorrência do derramamento do petróleo, sofrendo intensificação nas 48 horas seguintes à sua liberação no ambiente. A turbulência na água promove a quebra das manchas de óleo em gotículas de tamanhos variados, que dependendo das suas dimensões podem se misturar às camadas superficiais da água ou permanecer em superfície formando as chamadas manchas iridescentes (ITOPF, 2002).

Constitui-se em um dos mais importantes processos de intemperização durante os primeiros dias do derrame. Realiza a quebra da mancha de óleo em pequenas gotículas suspensas na coluna d'água facilitando o processo de biodegradação e sedimentação.

4.1.5 Emulsificação

Este processo ocorre quando há a incorporação de água pelas moléculas de hidrocarbonetos. Ocorre mais vigorosamente nos períodos de 10 horas a 7 dias seguintes a ocorrência do derrame. A formação das emulsões água-óleo é dada pela turbulência da superfície da água, resultando num material extremamente viscoso e de difícil degradação (ITOPF, 2002).

Inicia-se ainda no primeiro dia, mas por serem muito estáveis, as emulsões de água em óleo, costumam persistir por meses ou até mesmo anos após o derramamento. Grande parte da emulsão é formada ainda durante a primeira semana após a perda dos componentes leves, devido principalmente aos processo de evaporação e dissolução (CETESB, 2006). Os hidrocarbonetos uma vez

emulsionados na água aceleram outros processos de transformação como a dissolução, a fotoxidação e a biodegradação.

4.1.6 Oxidação

Iniciado na primeira hora após o derramamento, este processo pode durar até um mês, sendo atribuído a ele a formação de compostos de alta toxicidade e muito solúveis em água, pela ocorrência de reações químicas proporcionadas pela incidência de luz ultravioleta sobre a mancha de óleo.

Neste processo, as moléculas de hidrocarbonetos reagem com o oxigênio do ambiente formando compostos que tendem a ser mais solúveis e tóxicos. Como estas reações ocorrem preferencialmente na superfície, são aceleradas pelo grau de espalhamento da película de óleo. É relativamente lenta em comparação aos demais processos de alteração físico-química, por estar condicionada à quantidade de oxigênio que pode penetrar na película e pela incidência de radiação solar (ITOPF, 2002).

Contribui para o intemperismo do óleo, uma vez que forma compostos solúveis. Sais minerais dissolvidos em água aceleram a taxa de oxidação. Traços de metais presentes no óleo funcionam como catalisadores das reações de oxidação. Os raios ultravioletas funcionam igualmente como catalisadores, constituindo o que chamamos de fotoxidação. A razão de degradação é, em grande parte, influenciada pelo comprimento de onda incidente, pela concentração de materiais particulados suspensos, pela concentração de aromáticos de alto peso molecular e pela espessura da mancha.

4.1.7 Sedimentação

Este processo é intensificado nas primeiras 4 semanas que seguem o derramamento. Nele os componentes mais pesados do petróleo são adsorvidos por partículas inorgânicas, podendo se aderir também a sólidos flutuantes, tendendo a sofrer sedimentação no fundo marinho.

Ocorre principalmente devido à adesão de partículas de sedimento ou matéria orgânica ao óleo. Poucos óleos crus são suficientemente densos para afundar. Ocorre normalmente com os componentes pesados que não se dissolvem na água.

Depende da densidade específica, do grau de dispersão e dos sólidos suspensos na água. Quanto maior a densidade específica, menos partículas em suspensão são necessárias para que o óleo se sedimente.

4.1.8 Biodegradação

A água do mar contém microorganismos (bactérias e fungos) que podem degradar o óleo total ou parcialmente em compostos solúveis na água. Este processo está diretamente relacionado à disponibilidade de oxigênio e a ocorrência de temperatura superficial marinha superior a 18°C. Como a biodegradação requer oxigênio, este processo só ocorre na interface óleo-água. Sabe-se que tal processo é iniciado na primeira semana após o derramamento, tornando-se mais intenso nos 30 dias seguintes podendo durar até 1 ano.

4.2 Impactos gerados por derramamento de óleo no mar

Os efeitos de um derrame de óleo dependerão de alguns fatores tais como: volume do óleo derramado, suas características físico-químicas e toxicológicas, as condições ambientais do local (temperatura, vento, correnteza do mar), a topografia do mar e a geomorfologia da costa.

IMO (1998, p. 19), considera a evolução do conhecimento sobre os efeitos de um derrame de óleo: O conhecimento dos efeitos da poluição do meio ambiente marinho evoluiu significativamente na última década em função das pesquisas realizadas. Apesar disto, os resultados apresentados continuam limitados em função do desconhecimento de todo o ecossistema marinho e dos efeitos da exposição simultânea dos organismos marinhos ao óleo, aos resíduos gerados pela população e da interação entre estes.

Outro fator muito importante é a metodologia de limpeza da área afetada, pois a técnica a ser aplicada deve levar em consideração o ecossistema local. Porém, como afirma COWEL (apud PARAGUASSU, 2003, p.9):

[...] no calor emocional destes desastres, raramente se para e avalia os efeitos das técnicas de limpeza empregadas no ecossistema que está sendo agredido. De fato, eventualmente se acha que a pressão da opinião pública seja tão forte que qualquer técnica de limpeza possa ser usada para mostrar ao público enraivecido que algum progresso está acontecendo.

Em um derrame de óleo, a variabilidade destes, de outros fatores e suas interações podem levar a uma ampla faixa de efeitos ecológicos, econômicos e físicos.

4.2.1 Efeitos no Meio Ambiente

Dependendo da presença dos fatores citados acima, os efeitos ecológicos resultantes de um derrame podem incluir mudanças físicas e químicas no habitat, no crescimento, fisiologia e comportamento de organismos individuais ou espécies, toxicidade e aumento da mortalidade em organismos individuais ou espécies e destruição ou modificação de comunidades inteiras de organismos através de efeitos combinados de toxicidade e sufocamento. Steele (apud PARAGUASSU, 2003, p. 6) ressalta essa questão: [...] é também evidente que, quando há efeitos excessivos para a saúde humana, se têm critérios muito bem definidos, em termos de consequências para a saúde individual das pessoas.

Há muito menos acordo sobre critérios para outras espécies. O sofrimento de indivíduos de outras espécies nos incomoda. Embora o comprometimento do ser humano tenda a ser inversamente proporcional à distância evolutiva entre espécies atingidas e a nós mesmos. Ecologicamente, entretanto, a preocupação a longo prazo é, ou deveria ser, com os efeitos, a nível populacional, sobre as espécies afetadas. Esta afirmação, aparentemente simples, encobre um problema renitente, que é a definição de uma população e sua medida através do tempo. Quando se define uma população como um grupo que se sustenta por si próprio, a imprecisão e impropriedade desta definição confundem a capacidade de se explicar o efeito de eventos externos naturais ou produzidos pelo homem. Por sua vez, isto enfraquece seriamente nossos esforços para avaliar os danos ou recuperações.

4.2.2 Contaminação Física dos Organismos

O petróleo que se encontra flutuando contamina os mamíferos e pássaros que nadam ou mergulham na superfície da água. Segundo IMO (1998, p. 20): No mar aberto, muitos pássaros e animais podem evitar o contato com a mancha de óleo, mas nas áreas costeiras, os organismos podem ficar presos entre a costa e a mancha, atingindo-os.

4.2.3 Intoxicação dos Organismos Marinhos

Conforme IMO (1998, p. 21):

Grande parte da mortalidade que ocorre nos primeiros estágios de um derrame é resultante da toxicidade dos componentes aromáticos leves do óleo mais solúveis em água. Estes componentes mais tóxicos (exemplo: benzeno e naftalina) geralmente desaparecem rapidamente. A toxicidade de um derrame para os organismos marinhos varia de acordo com a presença destes componentes no óleo. Os óleos mais tóxicos (gas oil e querosene) dissipam rapidamente e deixam pouco resíduo. Óleo combustível médio apresenta mais toxicidade para os organismos marinhos do que a maioria dos óleos combustíveis pesados ou óleo cru.

Os efeitos agudos da toxicidade durante os primeiros estágios de um derrame de óleo pode ser local ou transitório, ou pode persistir por muitos anos depois do derrame, dependendo do tamanho, localização e estação do ano em que ocorreu o derrame e das espécies impactadas.

Segundo Briggs (2002, p. 5):

Assimilação por Organismos Marinhos – A maioria de animais marinhos, tais como, crustáceos, zooplâncton, etc. Podem ingerir e observar hidrocarbonos do óleo presente em seu meio ambiente. Alguns trabalhadores antigos afirmaram que os componentes de óleo que penetrarem nos tecidos desses animais, podem ser retirados por períodos mais longos e, talvez, permanentemente. Estudos recentes mostraram que esses componentes de óleo podem ser assimilados rapidamente de meio ambientes contaminados por hidrocarbono, porém, podem ser purgados rapidamente de seus sistemas.

4.2.4 Bio-Acumulação

De acordo com IMO (1998, p. 22):

Os efeitos da contaminação da água, dos alimentos e do próprio tecido dos organismos marinhos pelo derrame de óleo podem afetar o seu comportamento, seu crescimento e reprodução e levá-los a doenças e morte prematura.

Peixes, crustáceos e moluscos que estão expostos a grandes concentrações de óleo ou a concentrações moderadas por um longo período, podem adquirir, como resultado desta exposição, cheiro ou gosto de óleo e tornarem-se sem interesse comercial.

4.2.5 Animais Marinhos

A contaminação de diversos animais marinhos, tais como, lontras, baleias e focas são observadas nas áreas afetadas por um derrame de petróleo. O contato com o óleo causa lesões nas mucosas e no sistema respiratório, podendo, caso haja ingestão de alimentos contaminados, levá-los até a morte.

A exposição ao óleo ocorre em função do contato com o óleo que está na superfície da água, disperso ou encalhado, pela ingestão de óleo ou comida contaminada ou por inalação.

A inalação prolongada de grandes níveis de vapor pode causar a morte ou dano ao sistema nervoso do animal. Pequeno período de exposição normalmente causa inflamação da pele.

Animais que dependem da pele ou pêlo para troca térmica de calor são afetados quando seus corpos estão cobertos de óleo. (IMO, 1998)

4.2.6 Aves Marinhas

Os detritos dos grandes centros urbanos, industriais, portuários, os agrotóxicos, o petróleo e derivados derramados e a pesca predatória degradam os mares principalmente nas regiões costeiras. São nestas regiões que se encontram a maior parte de alimentos e, conseqüentemente, a maior concentração de aves. As aves se contaminam ao se alimentarem e também os seus ninhos, provocando sua intoxicação e morte e afetando a reprodução da espécie.

A alta mortalidade das aves ocorre porque o óleo entope os espaços intersticiais das penas, que fazem o isolamento térmico e isolamento da água. A perda do isolamento térmico leva a incrementar a atividade metabólica e o decréscimo das reservas de energia, levando a ave, a hipotermia.

A perda da impermeabilidade das penas diminui a flutuabilidade da ave e aumenta o esforço necessário para que a mesma se mantenha flutuando. O afogamento e a hipotermia são considerados as principais causas da morte de aves contaminadas por óleo. IMO (1998, p. 34)

No caso de impactos ambientais gerados por derramamento de óleo no mar, há de se considerar as diversas causas e conseqüências provocadas pelo petróleo,

que segundo a visão de Meyer *et al.* (2013, p.1) pode ser observada como uma “mancha de petróleo que se propaga pelo mar, além de contaminar a água, mata milhares de aves, peixes e corais”.

Muitos acidentes ambientais podem acontecer quer pela falha humana ou pela manipulação de equipamentos ou também pela ineficácia da gestão operacional, que segundo Martins (2006, p. 15) abrange “a manutenção e a segurança do navio, ou por condições meteorológicas não calculáveis, imprevisíveis e ou incontroláveis”.

Além disso, existem outras fontes que envolvem a degradação do meio ambiente marinho, que segundo Duarte (2013, p. 1) elas podem ser de “origem terrestre, que contribuem com 70% da poluição marinha, as atividades de transporte marítimo e descarga no mar com 10% cada uma”. Nesse sentido, várias técnicas de limpeza são recomendadas por especialistas, em caso de acidentes com petróleo no mar. Logo, a Figura 6 abaixo destaca:

Figura 6 - Técnicas de limpeza após vazamento de petróleo no mar



Fonte: CARVALHO (2011, p.1)

Essas influências podem apresentar variações, entretanto, é necessário considerar “a maior ou menor extensão das bacias hidrográficas, coletoras de sedimentos e de resíduos poluentes de vastas áreas”, de acordo com informações publicadas na Revista Geo Brasil (*apud* DUARTE, 2013, p.1).

Entretanto, Ferrão (2005) diz que existem alguns fatores responsáveis pelo comportamento do petróleo no mar. Dentre eles cita: o espalhamento, oxidação, dispersão, evaporação, emulsificação, sedimentação, dissolução e biodegradação. Para melhor entender procura-se a seguir explicar cada um deles:

- Espalhamento - processos dos mais expressivos, recebe a influência das condições do clima e oceânicas, além de depender do tipo de óleo derramado no mar (FERRÃO, 2005);

- Oxidação – acontece em velocidade pequena cujo efeito é bem menor quando relacionado com outros processos (FERRÃO, 2005);

- Dispersão – quando o mar está agitado, repleto de ondas e bastante turbulência, acontece o rompimento da mancha gerando uma variedade nos tamanhos das gotas de óleo, quando estas são menores apresentam-se suspensas na coluna d'água, e passam por processos de biodegradação e de sedimentação (FERRÃO, 2005);

- Evaporação – Esse processo depende da volatilidade do óleo que foi derramando, entretanto, pode estar associado às condições climáticas. As ondas gigantes, ou os ventos fortes e o mar agitado geram a evaporação do óleo, que poderá no primeiro dia, chegar a perder até 25% do seu volume, (ERNESTO, 2010);

- Emulsificação - processo através do qual o óleo procura absorver a água, constituir emulsões de água no óleo, que se favorece através das condições do mar de moderadas a erçadas. Isso pode ocorrer novamente desde que as condições do mar sejam calmas ou quando o navio estiver encalhado na costa, ou quando aquecidos pelo sol (ERNESTO, 2010);

- Sedimentação – uma parte do petróleo tende a sedimentar-se após a união de partículas em suspensão ou da matéria orgânica que se acham na coluna de água. Grande parte dos óleos crus não afunda sozinhos nas águas do mar, pelo simples motivo, de sua densidade ser menor que a da água. Logo, será importante a

adesão com outras partículas. Depois de sedimentado, os processos de degradação do óleo são reduzidos de maneira drástica, (ERNESTO, 2010); e

- Dissolução – o percentual de dissolução do óleo está sujeito a sua “composição, espalhamento da mancha, temperatura e turbulência da água e da taxa de dispersão”, como afirma Santos (2010, p.7).

O mesmo autor continua sua linha de pensamento e afirma que:

Componentes pesados do óleo cru não se solubilizam, ao passo que os mais leves tem maior solubilidade em água. Outros constituintes do óleo como compostos de enxofre e sais minerais tem grande solubilidade. É um processo que se inicia logo após o derrame e se perpetua ao longo do tempo, uma vez que oxidação e biodegradação constantemente formam subprodutos solúveis (SANTOS, 2010, p.7).

- Biodegradação – ela pode ocorrer em caso de degradação do óleo por bactérias e fungos de forma natural quando estão no mar. Seu percentual recebe influência da temperatura e da disponibilidade de oxigênio e nutrientes, sobretudo do fósforo e do nitrogênio. Diversas pesquisas mostram que algumas bactérias são responsáveis pela degradação do óleo no mar e podem ser mais profusas em áreas mais poluídas. Depois do derramamento de óleo, as bactérias acham nos elementos do óleo uma fonte de carbono, onde começa o processo de biodegradação. Há de se destacar que esse processo acontece somente quando há óleo e água, não há possibilidade de degradação do óleo na linha da costa, pois existe a falta de água nesse espaço ambiental. (FERRÃO, 2005).

Nota-se que os processos de espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução podem ser mais relevantes no início de um derramamento de óleo. Já os processos de oxidação, sedimentação e biodegradação acontecem a longo prazo. Com o passar dos anos, o óleo no meio ambiente tende a modificar suas características iniciais, tornando-se menos tóxico, porém, mais pesado, espesso e mais constante. (SANTOS, 2010).

Observa-se que há uma série de riscos ambientais que podem ser atribuídos ao derramamento de óleo no mar, que causam conseqüências graves, decorrentes de operações rotineiras como carga e descarga de navios petroleiros (SILVA, 2004).

Cabe frisar que para conter e recolher o óleo derramado no ambiente marítimo torna-se necessário, mesmo com o avanço na área tecnológica de “atividades de exploração, armazenamento e transporte de petróleo e seus

derivados”, surgem a possibilidade de acontecer algum acidente, gerando impactos e poluição ambiental (VAZ, 2011, p. 30).

Para tanto, será importante a prevenção mais direta envolvendo estudos e ações que devem ser adotadas a fim de gerenciar e minimizar os riscos ambientais derivados do derramamento de óleo no mar, conforme explica o autor supracitado.

Dessa forma, acredita-se que as consequências desses fatos podem e devem passar ser minimizadas através da aplicação de “um plano de contingência”, onde será viável se “definir a estrutura organizacional, os procedimentos e recursos disponíveis para responder a essas atividades de poluição por óleo no mar”, abrangendo os vários “níveis operacionais” ou também as “ações locais, regionais ou nacionais”, conforme expõe Brandão (*apud* VAZ, 2011, p.30).

5 PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA VAZAMENTO DE ÓLEO NO MAR

A prevenção e preparação são aspectos fundamentais no contexto dos vazamentos de óleo, devendo fazer parte integrante dos planos de gerenciamento das atividades do setor de petróleo. A prevenção relaciona-se mais diretamente com os estudos e ações que são adotadas para gerenciar e minimizar os riscos de acidentes. Preparação para resposta, no contexto dos vazamentos de óleo, é consolidada através dos planos de emergência/contingência, nos seus diversos níveis de organização, os instrumentos que organizam e aperfeiçoam as ações de combate.

A contenção do óleo sobrenadante, normalmente realizada com a utilização de barreiras de contenção que concentram o óleo para seu posterior recolhimento, é frequentemente vista como solução ideal para resposta a derramamento de óleo, mesmo indo de encontro à tendência natural de espalhamento do óleo, influenciado pelas condições de ventos e do mar. A seleção do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo de óleo derramado e as condições de mar, sendo que em condições de mar tranquilo, a capacidade de contenção do óleo é mais eficiente (ITOPF, 2007).

Então, qual seria a melhor forma de colocar em prática esse plano de ação, tendo como principal vilão, além do óleo derramado, os processos intempéricos e sem agredir o ambiente ao mesmo tempo? Criar novas estratégias executando simulados de treinamentos, com o objetivo de capacitar e aperfeiçoar os profissionais para combater os sinistros ocorridos no mar, resolvendo o problema a tempo e evitando o espalhamento do óleo derramado.

Simulados estes que consistem num plano estratégico envolvendo o uso de hastes com barreiras (bóias) de contenção, rebocadas por pequenas embarcações, que a distribui, circundando a mancha do óleo e impedindo a crescente propagação na água, onde posteriormente é usada a bomba de sucção para retirar o óleo cercado e fazer a limpeza do ambiente. Porém, os produtos similares às propriedades físicas do petróleo em contato com o mar e anteriormente mais usado na realização dos simulados, era o polipropileno estendido (isopor) que possui

propriedades químicas que afetam a vida marinha, pois existia um grande índice de animais mortos devido à ingestão dos mesmos.

Através de estudos, químicos buscavam algo que também possuísse as propriedades físicas do petróleo quando estavam em contato com o mar, descobrindo então o uso da pipoca. Em grande quantidade, as pipocas se juntam no formato de mancha que sofre influência do vento e da corrente aquática movimentando-se de forma similar ao óleo, permitindo simular o vazamento do produto. A contenção e o recolhimento da pipoca na superfície da água podem ser feitos com os mesmos equipamentos utilizados para óleo, conferindo maior realismo. Além de possuir propriedades biodegradáveis e servir de alimento para os peixes caso resquícios sejam encontrados, sendo que a mesma é feita sem óleo não poluindo o ambiente.

Outra problemática era o uso dos dispersantes químicos, anteriormente usados nos simulados, devido aos materiais poluentes com a finalidade de quebrar em parte as “manchas de óleo” em partículas menores. Dispersantes são formulações químicas com um ingrediente ativo chamado de surfactante. Estes são moléculas que possuem afinidade a dois líquidos distintos que não se misturam, agindo como uma interface entre eles. Os surfactantes usados para dispersão de mancha de óleo possuem uma parte com atração por óleo (oleofílica) e outra com atração por água (hidrofílica). Quando o dispersante é pulverizado na mancha de óleo, a tensão interfacial entre o óleo e a água é reduzida, promovendo a formação de partículas de óleo dispersas de diversos tamanhos, sendo que as maiores podem voltar para a superfície e permanecer em suspensão (PIMENTEL, 2007).

Como todo produto de propriedades químicas que possuem interações com o meio, os dispersantes contaminam o ambiente trazendo prejuízos de grandes proporções à natureza, fator este que incentivou mais ainda o estudo e o uso da pipoca nos simulados do setor petrolífero.

Um planejamento cuidadoso é essencial para o sucesso de qualquer operação, especialmente as de controle de emergências. Se forem identificadas as áreas sensíveis ao óleo; estabelecidas as prioridades para sua proteção; e escolhidos os métodos de atuação, pode-se reduzir o número de decisões a serem tomadas em ambiente tenso de gerenciamento de crise (ITOPF, 2004).

Um plano de contingência eficaz, com modos de resposta previamente estudados e praticados, facilita a atuação organizada no caso de uma situação de emergência real. Quando estes planos de contingência seguem o conceito de resposta escalonada, possibilita-se a transição entre o nível de resposta local e o regional e entre este é o nacional, de forma simplificada, dada a similaridade de estrutura conceitual.

Os planos de contingência são otimizados quando divididos em duas partes: uma estratégica e outra operacional. O plano estratégico deve estabelecer as estratégias de resposta; os procedimentos de treinamento, de simulados e para sua atualização; relacionar os atores envolvidos e seus papéis; a abrangência geográfica; as prioridades de atuação e de proteção; e evidenciar as interfaces com outros planos. A parte operacional deve descrever os procedimentos a serem seguidos para comunicação de incidentes; avaliação de cenários em andamento; acionamento e execução da resposta; comunicações entre os grupos executores e para o público externo; e procedimentos de encerramento (ITOPF, 2004).

Os planos para gerenciamento de emergências de contaminações provenientes de atividades de instalações de operação com petróleo e plataformas têm áreas de atuação limitadas e centralizadas nas instalações, por estas serem fontes potenciais fixas e pontuais. Este é um aspecto facilitador do planejamento e da implementação.

Os planos para gerenciamento de contingências de derramamentos originados por incidentes em navios e dutos – embora estes sejam estruturas fixas — tem maior área de abrangência, pois há possibilidade de ocorrência de contaminação ao longo do percurso dos navios e dutos.

Com o intuito de garantir funcionalidade e aprimoramento, após a implementação de PNC deve-se, além de exigir a adoção de medidas preventivas para evitar derramamentos, verificar a execução de inspeção ostensiva, monitoramento e programas de efetivação do cumprimento da legislação, para assegurar que os proprietários de navios e de instalações de operação com óleo estão seguindo as determinações das regulações.

Estes esforços de fiscalização e acompanhamento continuados são justificados, porque a determinação de melhorar a capacidade de resposta a

derramamentos de óleo atinge um ápice na ocorrência de incidentes severos, mas esta determinação se esvaece com o tempo, até que novo incidente a faça despertar sempre tarde demais (PERRY, 1999).

Os instrumentos internacionais adotados para minimizar a contaminação por operações e incidentes com navios, bem como para garantir ressarcimento de despesas e prejuízos advindos destes eventos são apresentados no capítulo III. Uma desagradável conseqüência adicional do aumento de transporte marítimo de petróleo é a ampliação da degradação ambiental da zona costeira devido à necessidade de abertura, operação e ampliação de portos para atender grandes navios, transportando volumes elevados e em freqüências cada vez maiores.

Observa-se que o crescimento constante do comércio e tráfego marítimos demanda novos portos e a expansão dos existentes que, para receber navios com calados cada vez maiores, precisam ser mais profundos e ter canais, diques e ancoradouros maiores. As instalações para recebimento de resíduos oleosos, também, terão que ser ampliadas, aumentando o risco de incidentes (GESAMP, 2001).

A abertura de portos impõe estresse substancial sobre os ecossistemas costeiros, que podem ser destruídos por dragagem, retirada de terra e construções. Infelizmente os locais mais propícios para portos são freqüentemente, habitats valiosos. Os banhados, lagoas, manguezais, marismas e recifes de coral apresentam alta produtividade e diversidade biológica e são locais de importância crítica como: criadouros, berçários, alimentação e migração para peixes e outras formas de vida selvagem (GESAMP, 2001).

A implementação de PNC é vital para garantir proteção a esses ecossistemas, já fragilizados pela instalação e operação de portos e outras atividades, minimizando os danos que possam ser provocados por incidentes.

5.1 Técnicas de limpeza

Historicamente, existe uma cultura de “quanto mais rápida a limpeza, melhor”, ou seja, métodos que viabilizem a rápida remoção do óleo e deixem o ambiente visualmente “limpo” têm preferência nas frentes de limpeza. Esses métodos rápidos e nem sempre eficientes do ponto de vista ambiental, têm a seu favor o fato de

reduzir o tempo necessário para limpeza e, em conseqüência, o custo da operação e o desgaste gerado pela exposição dos acidentes ecológicos na mídia. Entretanto, em muitas situações empregam-se métodos cujos efeitos ambientais são desconhecidos ou ignorados pelos executantes (ITOPF, 2004).

Para uma intervenção eficiente, é fundamental o conhecimento das características locais dos ambientes atingidos e dos impactos esperados tanto do vazamento como das ações de limpeza. Métodos que atendem as premissas de eficiência em remoção são muitos e utilizam uma grande variedade de máquinas, veículos leves e pesados; e equipamentos especialmente desenvolvidos para esse fim. Porém quase todos os métodos de limpeza disponíveis provocam algum tipo de impacto adicional específico ao meio ambiente.

Em muitos casos, os danos causados pelo procedimento são tão graves ou mais sérios que os gerados pelo próprio óleo. Em geral, estes métodos são colocados em prática em situações onde se quer resguardar ou priorizar aspectos estéticos e/ou socioeconômicos.

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

5.1.1 Contenção e recuperação do óleo flutuante no mar

5.1.1.1 Barreira de Contenção Skimmers

As barreiras de contenção possuem a finalidade de conter derramamentos de petróleo e derivados, concentrando, bloqueando ou direcionando a mancha de óleo para locais menos vulneráveis ou mais favoráveis ao seu recolhimento. Elas também podem ser utilizadas para proteger locais estratégicos, evitando que as manchas atinjam áreas de interesse ecológico ou socioeconômico.

Na maioria das vezes, a contenção do óleo é trabalhada conjuntamente com ações de remoção do produto. Para tanto uma série de equipamentos ou materiais

podem ser utilizados como "skimmers", barcaças recolhedoras, cordas oleofílicas, caminhões vácuo, absorventes granulados, entre muitos outros. A aplicabilidade de cada um deles está associada a fatores como tipo de óleo; extensão do derrame; locais atingidos; acessos e condições meteorológicas e oceanográficas.

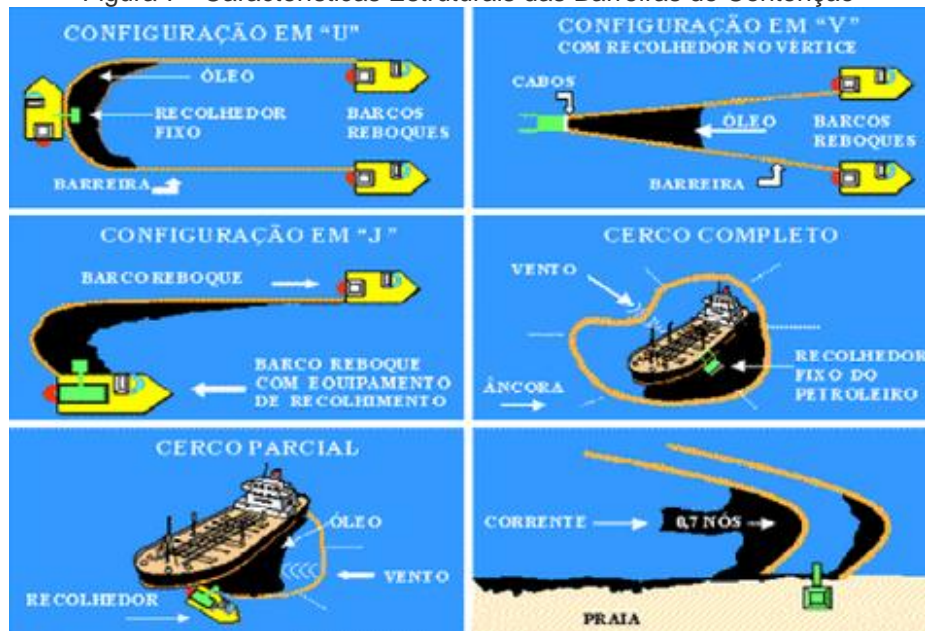
O uso de barreiras para conter e concentrar o óleo flutuante e sua recuperação através de "skimmers", normalmente é visto como a solução ideal para remover o óleo derramado no ambiente marinho. Mas, infelizmente, o método vai de encontro à tendência natural do óleo que é de se espalhar conforme a influência de ventos, ondas e correntes. Em águas agitadas, um grande derramamento de um óleo de baixa viscosidade pode se espalhar por vários quilômetros em poucas horas. Os sistemas de contenção de óleo disponíveis normalmente se movem lentamente enquanto recuperam o óleo derramado. Desta forma, mesmo eles sendo totalmente operacionais, não será possível recolher mais do que uma pequena parte do óleo derramado. Esta é a razão principal porque a contenção e a recuperação de óleo em mar aberto dificilmente alcançarão proporção maior que 10 a 15% do óleo derramado.

A dificuldade da utilização das barreiras em mar aberto está em movimentar a mancha direcionando-a para áreas onde o óleo está mais concentrado. Porém, esta dificuldade pode ser superada através da comunicação entre unidades marítimas e aéreas, não desprezando as condições meteorológicas e oceanográficas na ocasião do acidente. Assim, podemos observar que as operações de contenção e recuperação de óleo no mar requerem um grande apoio logístico.

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.

Existem vários modos de configurar barreiras no mar como as chamadas configurações em "J", "U" ou "V" (figura 7). A escolha de um ou outro procedimento está associada à disponibilidade de recursos e condições meteorológicas e oceanográficas.

Figura 7 - Características Estruturais das Barreiras de Contenção



Fonte: Pereira, 2002

a) Configuração "U"

Esta é a configuração mais comumente utilizada, e infelizmente também é o modo mais ineficiente de fazer a varredura de óleo para ser recuperado por um "skimmer". A varredura em "U" irá concentrar o óleo em uma grande área dentro de um grande vértice, e, portanto irá formar uma fina camada de óleo, tornando assim difícil uma operação eficiente do "skimmer". A varredura em "U" normalmente irá necessitar de duas embarcações rebocando a barreira de contenção, e uma embarcação operando o "skimmer". Uma operação com três embarcações é extremamente difícil para ser mantida pelos comandantes dos navios.

b) Configuração "V"

Uma configuração em grande escala de varredura em "V" não é possível. Acabaria sendo uma configuração "U". Porém, para varreduras menores, montadas a bordo do navio de recuperação de óleo, é extremamente eficiente. A largura de varredura limitada restringe a capacidade de concentração total, porém a eficiente concentração de óleo que é capturada pela varredura, suporta uma alta eficiência de recuperação do skimmer. O uso de um projeto com rede no fundo, incorporada no vértice em V da varredura, pode resultar em uma velocidade de recuperação aumentada e eficiente.

c) Configuração "J"

Nesta configuração, a embarcação rebocando a extremidade mais curta da varredura “J” irá também operar a unidade de “skimming”. Isto facilita a navegação, porém o óleo ainda não está muito bem concentrado em apenas uma fina camada, tornando assim difícil uma eficiente ação do “skimmer”.

Os “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. Durante a operação também podem ser utilizadas barcaças recolhedoras.

Podemos ainda incluir a mais nova tecnologia desenvolvida pelos taiwanês. A embarcação do tipo cisterna "A Whale", propriedade da companhia taiwanesa TMT Group, tem 336 metros de extensão chamada de Baleia e pode recuperar até 500.000 barris por dia de água contaminada. Funcionar como um passador de cozinha, deixando o petróleo e filtrando a água, *A Baleia*, o superpetroleiro pode limpar até 300 mil barris num período de oito a dez horas.

5.1.1.2 Dispersantes químicos

Neste tópico será mostrado resumidamente o anexo da resolução CONAMA 269 n° 269/00, que regulamenta o uso de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar, publicado em 12 de janeiro de 2001, que por si só esclarece:

Os dispersantes são formulações químicas de natureza orgânica que visam emulsionar o petróleo na água sob forma de pequenas gotículas que facilitam a biodegradação pela flora e fauna, devido à diminuição da relação volume/superfície entre óleo e água, acelerando o processo de autodepuração. São constituídos por ingredientes ativos, denominados surfactantes, e por solventes da parte ativa que permitem a sua difusão no óleo.

O uso de dispersantes químicos pode evitar a chegada do óleo em locais de maior relevância ecológica / econômica, visando à proteção de recursos naturais e sócio-econômicos sensíveis como os ecossistemas costeiros e marinhos, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), e deve obedecer aos critérios dispostos na legislação vigente específica (resolução CONAMA n° 269 de 14/09/2000).

Dentre os tipos de dispersantes pode-se mencionar:

- a) 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.
- b) Dispersante Concentrado Diluível em Água: o material ativo é geralmente uma mistura de substâncias tensas ativas e compostos oxigenados ou outros. É de base aquosa e pode sofrer diluição prévia para ser aplicado.
- c) Dispersante Concentrado Não Diluível em Água: o material ativo é geralmente uma mistura de substâncias tensas ativas e 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.

Tabela 1 - Classificação dos Tipos de Dispersantes

DISPERSANTE	MODO DE APLICAÇÃO	SOLVENTE
Convencional 1	Não diluído (puro) por barcos e/ou aeronaves	Hidrocarbonetos não aromáticos
Concentrado 2	Diluído por barcos e/ou aeronaves	Oxigenados (glicol, éteres) e hidrocarbonetos não aromáticos
Concentrado 3	Não diluído (puro), por barcos e/ ou aeronaves	-----

Fonte:Pereira, 2002

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, em geral, faz-se necessário agitar mecanicamente essa mistura mancha oleosa/dispersante, por exemplo, com a passagem de uma embarcação várias vezes sobre a mancha.

Deve ser ressaltado que esses 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. A apresentação do fluxograma resumido para tomada de decisão sobre o uso de dispersantes químico.

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, entre os quais merecem especial atenção: tipo e volume do óleo a ser disperso; grau de intemperização do óleo no mar no momento da aplicação; características oceanográficas e meteorológicas; tipo de dispersante a ser utilizado e equipamentos disponíveis para a aplicação. Para a dispersão adequada do óleo na água, em situações de mar calmo, deve-se promover a agitação mecânica após a aplicação do dispersante. Os dispersantes 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.

5.1.1.3 Limpeza de ambientes costeiros

Do ponto de vista do órgão ambiental, um procedimento de limpeza eficiente é aquele que possibilita a remoção do contaminante, com mínimos impactos adicionais ao ecossistema atingido e que favorece a recuperação do ambiente no menor tempo possível.

À luz desta realidade, são descritos sumariamente alguns procedimentos disponíveis para a limpeza da costa. Como já citado, muitos deles apresentam severos danos ambientais e são aplicados para atender à demanda socioeconômica e à premissa da “eficiência”. O fato de estarem mencionados, não significa necessariamente que sejam indicados ambientalmente.

a) Remoção mecânica

Com o fim de obter maior eficiência e rapidez na limpeza de praias, ainda são utilizados com frequência veículos e máquinas pesadas como tratores e retroescavadeiras (figura 8), removendo óleo e areia. Além dos efeitos prejudiciais diretos à biota, esse procedimento causa a descaracterização fisiográfica da praia,

devido à alteração do seu equilíbrio dinâmico, e causa processos erosivos de intensidade variável, além de produzir uma quantidade desnecessária de resíduos.

Figura 8 - Uso de máquina pesada em praia, durante vazamento de óleo



Fonte: Lopes e Milinelli, 2009

b) Uso de absorvente

Nos últimos dez anos cresceu a oferta de novos produtos com propriedades absorventes para uso específico em vazamentos de hidrocarbonetos. Os princípios de ação desses materiais são absorção e adsorção (figura 9).

Figura 9 - Aplicação de material absorvente (turfa) em mancha de óleo



Fonte: Lopes e Milinelli, 2009.

c) Jateamento com água – alta e baixa pressão

Consiste na remoção do óleo através de jatos de água com pressões variáveis. Remove eficientemente o óleo aderido à rocha, porém, também promove a remoção da comunidade biológica (figura 10).

Figura 10 - Jateamento de costões rochosos



Fonte: Lopes e Milinelli, 2009

d) Remoção manual

A remoção do óleo é realizada com o uso de materiais simples, como rodos, pás, latas, baldes, carrinhos de mão, tambores etc. (figura 11). Propicia o acesso e a limpeza de locais restritos como fendas, poças de marés e conjunções de rochas, bem como de áreas mais extensas como praias de areia.

Figura 11 – Remoção manual de óleo em praia



Fonte: Lopes e Milinelli, 2009

5.2 Comunicação de Acidente Ambiental nas Bacias Petrolíferas

Em caso de incidente, ao avistar algum derramamento de óleo nas bacias petrolíferas, deve o Oficial de Serviço através de comunicação via VHF ou por telefone interno de bordo, comunicar o fato ao Comandante da embarcação, para que o mesmo se faça ciente e possa enviar uma comunicação via e-mail, ao Centro de Controle de Operações da empresa estatal assim vinculada à bacia petrolífera, na qual se atua. Deve-se adotar os procedimentos indicados no Plano de Emergência de bordo, tanto de informações e relatórios como de ações a serem seguidas.

No caso de atendimento de emergência quando avistado o derramamento de óleo no mar, deve-se comunicar via e-mail, por telefone de emergência de bordo, sistema telex ou pelo sistema INMARSAT (via satélite), ao Controle de Operações de Base da bacia petrolífera, na qual a embarcação se encontra operando. Por exemplo: no caso de ocorrência accidental por derramamento de óleo na Bacia de Campos - RJ é: a Base 60 – Acompanhamento, que comunicará ao Apoio Marítimo, a ocorrência; que posteriormente entra em contato com o Departamento de Controle Ambiental responsável pela bacia petrolífera, para que sejam traçadas os planos de ação para contenção e recolhimento do derrame de óleo no mar e posteriormente fazer a comunicação para bordo via e-mail ou por telefone de emergência.

No caso do incidente ter ocorrido a bordo, o procedimento é: primeiro comunicar a Pessoa Designada da empresa, que tomará as devidas providências para comunicação junto aos Gerente de Base, que repassará a informação a ele transmitida, para o Gerente de Operações; enquanto isto, a bordo, é acionado o Plano de Emergência Individual (PEI), onde é acionadas as técnicas e os procedimentos para contenção de derramamento de óleo, para que não seja lançado ao mar, e tendo um canal de comunicação interna através de um rádio VHF anti- explosivo, estabelecendo desta forma, um canal de comunicação entre o passadiço e o convés principal/ praça de máquinas, para que tenha uma comunicação clara e objetiva.

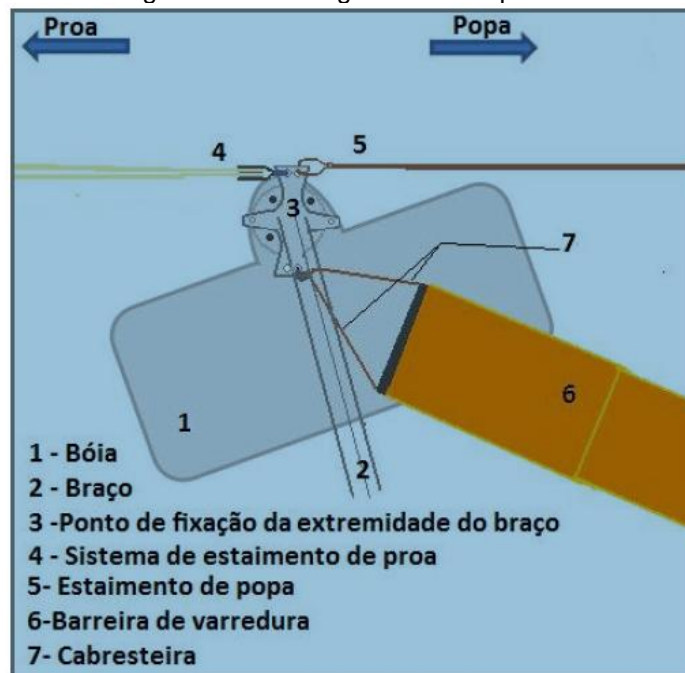
5.3 Equipamentos de combate a vazamento de óleo

5.3.1 Sweep-Boom

Preliminarmente será descrito o procedimento de montagem do Sweep-Boom.

- a) Abaixar o braço da “Sweep boom” do “hose bar” para o convés.
- b) Prender a bóia na ponta do braço (figura 12), respeitando a marcação existente.
- c) Conectar o moitão do sistema de estaimento de proa no ponto de fixação da extremidade do braço (figura 12). Atenção, usar o moitão que não está com as pontas do cabo.
- d) Amarrar o estaimento de popa no ponto de fixação da extremidade do braço (figura 12).
- e) Prender, com uma manilha, a cabresteira da barreira de varredura no sistema de fixação da extremidade do braço (figura 12).

Figura 12 – Montagem do Sweep-Boom



Fonte: Green, 2012

O próximo passo é o lançamento. Segue abaixo os passos do lançamento do Sweep-Boom.

- a) Com auxílio do guindaste, lançar a “sweep boom” no mar, junto ao costado do navio.

- b) Soltar a lingada, com auxílio do cabo guia, e prender o cabo guia ao navio.
- c) Caçar o sistema de estaimento de proa até, estender o braço da “sweep boom” a 90° do navio. Ao mesmo tempo ajudar a barreira de varredura a passar sobre “hose bar”.
- d) Caçar o estaimento de popa e tesar o estaimento de proa.
- e) Amarrar a barreira de varredura no cabeço de meia nau.

Figura 13 - Configuração da “Sweep boom”



Fonte: Green, 2012

O terceiro passo é o acionamento com as seguintes etapas:

- a) Navegar lentamente em direção a mancha contra a corrente, não mais que 2 nós, ou ficar em “DP” (posicionamento dinâmico) de proa para corrente deixando com que a corrente traga o óleo para o seio da barreira de varredura (contenção).
- b) Lançar o “skimmer” no seio da barreira de varredura, com auxílio do cabo de reboque e acioná-lo.

A última fase é a desmobilização que segue as seguintes etapas:

- a) Retirar, com o guindaste, o “skimmer” da água.
- b) Folgar o estaimento de proa, ao mesmo tempo em que se caça o estaimento de popa.
- c) Conectar a lingada da “sweep boom”, com auxílio do cabo guia, embarcar a “sweep boom”.

- d) Conectar a ponta da barreira, que estava amarrada ao cabeço de meia nau, ao guindaste e embarque a barreira de varredura. Ao mesmo tempo, ajudar a barreira de varredura a passar sobre “hose bar”.
- e) Lavar todo o equipamento com solvente não corrosivo e água doce.
- f) Desconectar os estaimentos e a bóia.
- g) Reposicionar o braço da “sweep boom” sobre o “hose bar”.

5.3.2 Ro-Boom

A seguir serão exibidas figuras das fases da utilização do equipamento Ro-Boom com o intuito de combater o vazamento de óleo.

Figura 14 – Montagem do Ro-Boom



Fonte: Green, 2012

Figura 15 – Montagem do Ro-Boom



Fonte: Green, 2012

Figura 16 – Configuração do Ro-Boom



Fonte: Green, 2012

Esses equipamentos ajudam a combater o vazamento de óleo no mar. Entretanto, o ideal é que sejam minimizadas as incidências desse tipo de evento, evitando problemas futuros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contaminação do meio ambiente tem sido apontada como um dos maiores problemas da sociedade moderna. Como resultado de uma crescente conscientização deste problema, novas normas e legislações cada vez mais restritivas têm sido adotadas a fim de minimizar esses impactos ambientais. No Brasil, esse controle ainda é insuficiente e a ausência de processos de tratamentos adequados, bem como de descarga de resíduos é uma realidade.

Diante do exposto conclui-se que os derramamentos de petróleo nos ecossistemas marinhos e costeiros são os maiores responsáveis pelos impactos ambientais destes ambientes gerando um transtorno de grandes proporções, não só às comunidades marinhas e às cadeias tróficas, mas também ao homem. O petróleo possui em sua composição química grande quantidade de compostos inorgânicos com elevada toxicidade para os organismos vivos.

Os ecossistemas costeiros são extremamente vulneráveis ao derramamento de óleo principalmente os manguezais que são ecologicamente considerados o grande berçário da natureza.

É importante que as empresas se conscientizem da necessidade de uma gestão ambiental responsável, visando a minimização da ocorrência de vazamento de óleo no mar.

Entretanto, não basta as empresas se moverem para fazer alguma ação voltada para o meio ambiente, sem antes estabelecer planejamentos estratégicos de gestão ambiental.

“...Descobri, ao acordar, que tinha maduro no coração o romance de amor que havia ansiado escrever a tantos anos”.

(Gabriel Garcia Marquez)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Motivação para proteção ambiental	16
Figura 2 - Fontes de óleo no mar	38
Figura 3 - Fontes antropogênicas de óleo no mar	38
Figura 4 - Processos intempéricos ocorrentes nos ambientes aquáticos	41
Figura 5 - Especificação do período de ocorrência dos processos intempéricos sobre um óleo intermediário derramado sobre a superfície marinha	43
Figura 6 - Técnicas de limpeza após vazamento de petróleo no mar	53
Figura 7 - Características estruturais das barreiras de Contenção	63
Figura 8 - Uso de máquina pesada em praia, durante vazamento de óleo	68
Figura 9 - Aplicação de material absorvente(turfa) em mancha de óleo	68
Figura 10 - Jateamento de costões rochosos	69
Figura 11 - Remoção manual de óleo em praia	69
Figura 12 - Montagem de Sweep-boom	71
Figura 13 - Configuração da Sweep-boom	72
Figura 14 - Montagem do Ro-boom	73
Figura 15 - Montagem do Ro-boom	74
Figura 16 - Configurações do Ro-boom	74

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, S.A., DARLINGTON, L.W., OCCAPINTI, J. "New Filtration Process cuts Contaminations from offshore produced water". **Oil and gas Journal**, Nov.2, p.73-78, 1998.

ARAÚJO, R.S. **Determinação do índice de sensibilidade do Litoral ao Derramamento de óleo (ISL) para as regiões norte e centro-norte do Estado de Santa Catarina (SC)**. Monografia de conclusão de curso de Oceanografia Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), 2005.

BRANDÃO, Marcus Vinicius Lisboa. **O transporte marítimo na indústria do petróleo. Vazamento de óleo, estratégias e técnicas de combate**. Poluição e acidentes no meio hídrico, BEM-COPPE, 2003.

CASSEDY, E. S. e GROSMANN, P. Z., Introduction to Energy: **Resources, Technology and Society**, 1 ed. UK, Cambridge University Press, 1998.

CRESPILHO, F. N., RESENDE, M. O. O. **Eletroflotação**. Princípios e Aplicações. São Paulo, Rima Editora. 74p. 2004.

DONAIRE, D. A. **Gestão ambiental na empresa**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

FERRÃO, C. M. **Derramamentos de Óleo no Mar por Navios Petroleiros**. 36p. Trabalho de conclusão de curso apresentado a COPPE/UFRJ – Pós-Graduação Executiva em Meio Ambiente, em abril de 2005.

FERREIRA, Ruth Maria Lima. **Desenvolvimento Sustentável nas Organizações: uma análise dos indicadores ambientais da Petrobrás**. Monografia apresentada ao curso de Administração de Empresas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Administração. Rio de Janeiro: Centro Universitário Metodista Bennett, 2008.

GAO, P.; CHEN, X.; SHEN, F.; CHEN, G.; Removal of chromium (IV) from wastewater by combined electrocoagulation-electroflotation without a filter. **Separation and Purification Technology**, v. 43; pp. 117-123,2005.

GE, J.; QU, J.; LEI, P.; LIU, J. New bipolar electrocoagulation-electroflotation process for the treatment of laundry wastewater. **Separation and Purification Technology**, v. 36; pp. 33-39, 2004.

GESAMP - (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IEAE/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment) and Advisory Committee on 189 the Protection of the Sea – Impact of Oil and Related.

GREEN, Mauricio. Chemicals on the Marine Environment. Reports and Studies – No. 50, 180 pg, Londres, 2001. **Hidro Clean, proteção ambiental**, 2012.

GURNHAM, C. F. **Industrial Wastewater Control**, 1ed. New York, Academic Press, 1995.

HARRISON, R. M. **Pollution, Causes, Effects and Control**, 3 ed. Cambridge, The Royal Society of Chemistry, 1995.

HENDERSON, S. B., GRIGSON, S. J. W., JONHSON, P., RODDIE, B. D. Potencial impact of production chemicals on the toxicity of produced water discharges from North Sea Oil Platforms. **Marine Pollution Bulletin**, v.38, n.12, p.1141-1151, 1999.

IGNÁCIO, Alessandra da Cunha. **Responsabilidade Social Corporativa e Balanço Social**: uma análise da evolução dos investimentos sociais e ambientais da Petrobras (2000-2008). Monografia apresentada ao curso de Administração de Empresas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Administração. Rio de Janeiro: Centro Universitário Metodista Bennett, 2009.

IMO. **Manual on oil pollution**, section IV, combating oil spills. London. International Maritime Organization, 1998.

IPIECA. A guide to contingency planning for oil spills on water. London, 2000.

ITOPF – International Tanker Owners Pollution Federation Limited, 2002, 2004, 2007, 2009.

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Gestão ambiental**: um enfoque no desenvolvimento sustentável. Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br/gestao/des_sustentavel.doc Acesso em: 17 setembro de 2014.

LOPES, C.F.; MILANELLI, J.C.C **Limpeza de ambiente costeiros atingidos por óleo**, 2009.

MARIANO, Jacqueline Barboza. **Impactos Ambientais do Refino do Petróleo**, 2001.

NOGUEIRA, Raquel F. P. e JARDIM, Wilson F. **A Fotocatálise Heterogênea e sua Aplicação Ambiental**, 1998.

OLIVEIRA, R.C.G. **Estudos de variáveis operacionais e interfaciais na flotação de óleo por gás dissolvido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 1995.

OLIVEIRA, J. H. **M.A.I.S.**: método para avaliação de indicadores de sustentabilidade organizacional. (Teses de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

OLIVEIRA, José Antônio Puppim de. **Empresas na Sociedade**: Sustentabilidade e Responsabilidade Social. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

PEREIRA, Renato Crespo e SOARES, Abílio Gomes. **Biologia marinha**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2002.

SANTANDER, M.E., “**Separação de óleos emulsificados por flotação não convencional**”. Tese de doutorado, UFRGS, 121p, Porto Alegre – RS. 1998.

SANTOS, A.C.S., CRUZ, S.M., SOLETTI, J.I., CARVALHO, S. H., TONHOLO, J. ZANTA, C.L.P.S., MIRAPALHETA, A. **Tratamento de Efluentes Sintéticos da Indústria de Petróleo utilizando o método da Eletroflotação**. In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, Campinas, 2007.

SANTOS, S. M., WIESNER, M. Ultrafiltration of water generated in oil and gas production. **Wat. Environ. Res.**, v.69, n.6, p.1120-1127, 1997.

SILVA, J. F. C. **Tratamento de Águas Residuárias e Efluentes Sanitários sob a abordagem Eletroquímica**, Niterói: Dissertação de Mestrado – UFF, 2002.

SILVA, Adriana Almeida. **Estudo de membranas cerâmicas com diferentes morfologias destinadas à separação óleo/água**, 2003.

SILVA, Karla Alcione. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Apostila do minicurso: Gestão de Recursos Hídricos**, 2005.

SOLETTI, J. I., CARVALHO, S. H. V., FONSECA, V. F., “**Separação Petróleo-água Utilizando Flotação com Ar Dissolvido**”, XV COBEQ, 2004.

STEPHENSON, M.T. **A Survey of Produced Water Studies**. In Produced Water, J.P. Ray and F.R. Englehart (eds.), Plenum Press, New York. 1992.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 2001.

ZANCA, José Francisco Ramos; COSTA, Helder Gomes. **Modelo de avaliação da gestão sustentável nas organizações, com base no modo de excelência brasileiro**. V CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade Niterói, RJ, Brasil, 2, 3 e 4 de julho de 2009.