

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

BEATRIZ SANTOS DE MELO

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO
OFFSHORE NO BRASIL**

**RIO DE JANEIRO
2015**

BEATRIZ SANTOS DE MELO

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO
OFFSHORE NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Professor Marcelo Neves
Especialista em Direito Marítimo

**RIO DE JANEIRO
2015**

BEATRIZ SANTOS DE MELO

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO
OFFSHORE NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Professor Marcelo Neves

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

DEDICATÓRIA

Agradeço, em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta difícil caminhada. Agradeço e dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, à minha família, em especial meus pais, Ivon e Maria Helena, por acreditarem em mim a todo o momento, pelo apoio e amor incondicional nessa longa caminhada, pelo carinho e pela paz que me traziam na correria de cada dia. Pois tudo o que sou hoje, devo a vocês.

‘A glória da amizade não é a mão estendida, nem o sorriso carinhoso, nem mesmo a delícia da companhia. É a inspiração espiritual que vem quando você descobre que alguém acredita e confia em você.’

(Ralph Waldo Emerson)

RESUMO

O presente trabalho tem como principal foco o impacto ambiental causado pela exploração e produção de petróleo *offshore* no Brasil sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Em linhas gerais destacando a prospecção de petróleo e suas danosas consequências para os diferentes ecossistemas, tendo como objetivo final conscientizar a sociedade acerca dos problemas advindos da exploração do petróleo no mar. Nos aspectos legais aborda-se a legislação ambiental vigente e os tratados assinados visando a sustentabilidade do processo.

Palavras chave: Exploração. Produção. Petróleo. Impactos ambientais.

ABSTRACT

This paper focuses primarily on the environmental impact of offshore oil exploration and production in Brazil from the perspective of sustainable development. Generally speaking emphasizing the search for oil and its harmful consequences for the different ecosystems, with the ultimate goal to make society aware of the problems arising from the exploitation of oil at sea. The legal aspects deals with the current environmental legislation and treaties signed aimed at the sustainability of the process.

Keywords: Exploration.Production.Petroleum. Environmental impacts

Lista de Figuras

Figura 1 –Projeção da Curva de Hubbert para o petróleo e gás natural	18
Figura 2 –Etapas do processo de Exploração do petróleo <i>offshore</i>	19
Figura 3 – Plataforma Fixa de Garoupa operando na Bacia de Campos	22
Figura 4 –Plataforma Autoelevável P-5, atuando na Bacia de Campos	23
Figura 5 –Plataforma Semi-Submersível (SS)	24
Figura 6 –Plataforma de Pernas Tencionadas	24
Figura 7 –Navio-sonda operando no Campo de Albacora Leste, na Bacia de Campos	25
Figura 8 – Fluido de perfuração	28
Figura 9 – Acúmulo de cascalho sob plataforma fixa	32
Figura 10 – Comparação entre o descarte de cascalho com fluido aquoso x não aquoso	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 HISTÓRIA DA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO NO BRASIL	12
2.1 A atividade offshore	15
2.2 Histórico da produção de petróleo <i>offshore</i>	15
2.2.1 Curva de Hubbert – resultados e análises	16
3 ASPECTOS AMBIENTAIS DA ETAPA DE PRODUÇÃO EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO OFFSHORE	19
3.1 O processo	19
3.1.1 Da perfuração	22
3.2 Dos Impactos	27
3.2.1 Os fluidos de perfuração	27
<i>3.2.1.1 Fluidos de Perfuração à Base de água</i>	29
<i>3.2.1.2 Fluidos de Perfuração à Base de óleo</i>	30
<i>3.2.1.3 Fluidos de Perfuração Sintéticos</i>	32
<i>3.2.1.4 Fluidos de Perfuração à Base de ar</i>	32
3.2.2 Toxidade dos fluidos de Perfuração	33
<i>3.2.2.1 Testes de toxidade</i>	33
<i>3.2.2.2 Bioacumulação e Biodegradação dos Fluidos de Perfuração</i>	34
3.2.3 O Cascalho	36
3.2.4 Impactos Atmosféricos	38
3.2.5 Impactos sobre meio aquático	40
3.2.6 Impactos sobre os ecossistemas	41
4 ALTERNATIVAS	43
4.1 O desenvolvimento sustentável	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
6 REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna criou dependência de fontes de energia de origem fóssil, em particular, do petróleo, para a produção de diversos bens de consumo essenciais. A matriz energética brasileira é uma das mais limpas do mundo, com forte presença de fontes renováveis de energia, cerca de 45% de participação, no mundo esse percentual não passa de 13%, segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANAP).

A exploração e produção de petróleo têm potencial para causar uma grande gama de impactos sobre o meio ambiente, tais como poluição marinha, atmosférica, chuvas ácidas, degradação da qualidade das águas, dentre outros, podendo contribuir para a perda da biodiversidade em nosso planeta e destruição dos ecossistemas, sem considerar que é uma fonte de energia finita.

A presente monografia visa alertar e concernir sobre as atividades de exploração e produção de petróleo em áreas *offshore*. A ideia do presente texto é mostrar a cadeia produtiva do processo de exploração e produção de petróleo *offshore* na esfera ambiental. Convidando a reflexão dos impactos inerentes a atividade.

Nesse contexto, verifica-se a necessidade de que sejam criados instrumentos capazes de garantir a incorporação dos objetivos da sustentabilidade nos processos de tomada de decisão para o setor de petróleo e em níveis estratégicos, tais como em Políticas, Planos e Programas, incorporando-lhes a dimensão socioambiental, para a consecução das metas do desenvolvimento sustentável e fomentar uma gestão integrada eficiente da indústria petrolífera *offshore*.

2 HISTÓRIA DA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO NO BRASIL

Para facilitar nosso estudo dividiremos a história da exploração e produção em quatro etapas.

- Etapa I: de 1858 a 1938
- Etapa II: de 1939 a 1953
- Etapa III: de 1954 a 1998
- Etapa IV: de 1999 até os dias de hoje

Etapa I: de 1858 a 1938

A história do petróleo no Brasil começa quando o Marquês de Olinda concedeu a José de Barros Pimentel o direito de extrair betume em terrenos situados nas margens do rio Maraú, na Bahia, em 1858. Foi em 1892 que a primeira sondagem profunda ocorreu no país, em Bofete no estado de São Paulo e foi então que a prática da exploração foi inaugurada. Após vários poços perfurados sem sucesso o engenheiro agrônomo Manoel Inácio Bastos toma conhecimento de que os moradores de Lobato (BA) usavam uma “lama preta”, oleosa, para iluminar suas residências, após várias pesquisas e coletas de amostras ele constatou a existência de petróleo no local. Contudo, por não possuir contatos influentes que poderiam investir em sua descoberta, só conseguiu notoriedade em 1932, quando conseguiu entregar ao presidente Getúlio Vargas um laudo técnico que atestava o seu achado. Durante esse tempo, na década de 1930, a questão da nacionalização dos recursos do subsolo entra na pauta das discussões. E em 1938, é iniciada, sob a jurisdição do recém-criado Conselho Nacional de Petróleo (CNP), a perfuração do poço DNPM-163, em Lobato, na Bahia.

Etapa II: de 1939 a 1953

Lobato, na Bahia, foi cenário da descoberta da primeira jazida de petróleo no País. Em 21 de janeiro de 1939, o poço DNPM-163 atinge camada petrolífera e o petróleo ocupa parte de sua coluna de perfuração, constituindo-se na primeira descoberta de petróleo no Brasil. Apesar de ter sido considerado antieconômico, este poço foi de importância fundamental para o desenvolvimento da atividade petrolífera na Bahia, pois a partir do seu resultado houve uma grande concentração de esforços na Bacia do Recôncavo. Dois anos mais tarde, em 1941, a primeira acumulação comercial de petróleo do País é descoberta em Candeias na Bahia.

Em 1946 o Brasil ganha uma nova constituição e dá-se início a campanha “O Petróleo é Nosso!”. Em 1948 é criado o Centro de Estudos e Defesa do Petróleo e da Economia Nacional (CEDPEN). O ex-presidente da República Artur Bernardes, Horta Barbosa, José Pessoa e Estevão Leitão de Carvalho são presidentes de honra. O CEDPEN passa a dirigir a campanha do petróleo no Brasil, articulando militares, estudantes, homens públicos e intelectuais. Em 3 de outubro de 1953 o presidente da República Getúlio Vargas assina a Lei 2004 durante cerimônia no Palácio do Catete, criando a Petrobras. A lei dispõe sobre a política nacional de petróleo e define as atribuições do Conselho Nacional de Petróleo. Institui a sociedade por ações do petróleo brasileiro como sociedade anônima e dá outras providências.

Etapa III: de 1954 a 1998

Em 13 de março desse ano, durante o comício da Central do Brasil, manifestantes foram às ruas em prol do monopólio do petróleo, cartazes escritos “Tudo de Petróleo para Petrobras” eram erguidos sob a forma de protestos. Foi então que naquele mesmo ano o monopólio estatal foi estendido à importação e exportação de petróleo e derivados, atividade até então aberta à iniciativa privada, nacional e estrangeira.

A primeira descoberta de petróleo no mar foi em 1968, através da plataforma elevatória da Petrobrás (P-1), construída pela Companhia de Comércio e Navegação no Estaleiro Mauá, em Niterói (RJ), com o projeto da The Offshore Co. e Petroleum Consultants, de Houston (EUA). A P-1 deu início às atividades de perfuração no estado de Sergipe e foi a primeira plataforma de perfuração flutuante construída no Brasil, equipada com uma sonda capaz de perfurar poços de até 4 mil metros.

Apenas em 1974 que se descobriu a existência de poços de petróleo na Bacia de Campos, no Campo de Garoupa e um ano mais tarde para aumentar a pesquisa de novas jazidas de petróleo no Brasil são adotados os contratos de risco entre a Petrobrás e empresas privadas. Por este contrato, as empresas investiam em exploração e, caso tivessem sucesso, receberiam os investimentos realizados e um prêmio em petróleo ou em dinheiro, mas a produção seria operada pela Petrobras. Entretanto, houve apenas uma pequena descoberta na Bacia de Santos com a aplicação deste tipo de contrato. Em 1977 entra em operação a plataforma Sedco 135-D, no Campo de Enchova, o primeiro a produzir na bacia de Campo com a utilização do Sistema de Produção Antecipada, produção essa que atingiu 120 metros de lâmina d’água, considerada na época como uma grande profundidade. Mais tarde em 1984, em Albacora, é descoberto o primeiro campo gigante do país, ainda na bacia de campos (RJ),

alcançando a meta de produção de 500 mil barris diários de petróleo. Anos depois, em 1994 é construída, pelos técnicos da Petrobras, a primeira plataforma semissubmersível (P-18), no Campo de Marlim.

Finalmente, em 6 de agosto de 1997, durante o governo do presidente Fernando Henrique Cardoso é promulgada a Lei 9.478, chamada Lei do Petróleo, que flexibilizou o monopólio estatal do petróleo, criou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo (ANP), colocando sob a responsabilidade da ANP as concessões de exploração de petróleo, agora em regime de livre iniciativa. O Brasil passa a produzir mais de 1 milhão de barris de óleo por dia e por esse motivo ingressa no seleto grupo de apenas 16 países que atingem essa meta.

Etapa IV: de 1999 aos dias de hoje

Além de atingir altos níveis de produção de petróleo o Brasil atinge também um recorde mundial, em 2000, ao produzir petróleo a uma profundidade de 1877 metros, no Campo do Roncador. Três anos mais tarde, o nível de produção chega a dois milhões de barris de óleo, graças à descoberta no Campo e Mexilhão (RJ) da maior jazida de gás natural na plataforma continental brasileira. Em 2006, um ano depois dos primeiros indícios de petróleo no pré-sal, o Brasil atinge a autossuficiência sustentável, com a entrada em operação do navio-plataforma P-50 nas novas descobertas o que permitiu o desenvolvimento da economia e o aumento das vagas de emprego. Cabe lembrar que o Brasil, mesmo que tenha declarado autossuficiência, necessita importar petróleos leves para atender ao perfil da demanda interna por derivados, pois o petróleo nacional é, em sua maior parte, do tipo pesado.

Em 2007, o governo brasileiro anunciou a descoberta de um novo campo de exploração petrolífera na chamada camada pré-sal. Essas reservas de petróleo são encontradas a sete mil metros de profundidade e apresentam imensos poços de petróleo em excelente estado de conservação. Se as estimativas estiverem corretas, essa nova frente de exploração será capaz de dobrar o volume de produção de óleo e gás combustível do Brasil. Se passado um ano, em 2 de setembro de 2008, o navio-plataforma P-34 extraiu o primeiro óleo da camada Pré-Sal, no Campo de Jubarte, na Bacia de Campos (RJ). E em primeiro de maio de 2009, deu-se início à produção de petróleo na descoberta de Tupi, por meio do Teste de Longa Duração (TLD). A descoberta do pré-sal envolve muitas áreas, não sendo, portanto, uma tarefa simples descobrir a melhor maneira de sua exploração, tais dúvidas serão respondidas na medida em que esse novo campo de exploração for devidamente conhecido. Até lá, espera-se que o

governo brasileiro tenha condições de traçar as políticas que definam a exploração dessa nova fonte de energia. As especulações sobre como a exploração da camada pré-sal poderá modificar a economia e a sociedade brasileiras são crescentes.

2.1 A atividade *offshore*

Offshore é um termo da língua inglesa cujo significado literal é “afastado da costa”. Em termos financeiros, é designada por *offshore* uma empresa que tem a sua contabilidade num país distinto daquele de onde exerce sua atividade. O significado de *offshore* está também relacionado com a atividade das empresas de exploração, na área de prospecção, perfuração e exploração do petróleo ao largo da costa¹.

2.2 Histórico da produção de petróleo *offshore*

A indústria *offshore* mundial teve seu nascimento datado entre os anos 1930, na Venezuela e 1950 no Golfo do México. A partir de então, a exploração começou a se expandir para o Mar do Norte e formou a primeira ascensão de empresas nesta área, entre elas a Shell, Exxon, Texaco e AGIP. No Brasil, já no final de 1950, devido às análises geográficas, havia o conhecimento de que o país possuía reservas de petróleo em profundidade marítima, mas ainda sem uma definição precisa dos locais. A confirmação de um poço *offshore* ocorreu, como já mencionado no tópico anterior, em 1968, no Campo de Guaricema (SE), e a primeira perfuração, também em 1968, na Bacia de Campos, no campo de Garoupa (RJ). Para o desenvolvimento na Bacia de Sergipe-Alagoas, aplicaram-se as técnicas convencionais da época para campos de médio porte: plataformas fixas de aço, cravadas por estacas.

Em 1969, também houve mais descobertas, com o Campo de São Mateus (ES), e posteriormente no campo de Ubarana (ES), ambos na bacia de Potiguar. A partir destas primeiras descobertas, a Petrobras deu início a uma série de outras. Nos anos seguintes, com o aumento da atividade, não só na costa de Sergipe, como também na de Alagoas, do Rio Grande do Norte e do Ceará, a Petrobrás decidiu desenvolver projetos próprios de plataformas que atendessem às características de desenvolvimento dos campos. Este esforço resultou em três projetos de plataformas fixas distintos, conhecidas como plataformas de 1ª, 2ª e 3ª famílias. As plataformas de 1ª família eram similares as fixas iniciais, desenhadas para

¹<http://www.significados.com.br/offshore/>

atenderem até 6 poços de produção; as plataformas de 2ª família permitiam a separação primária dos fluidos produzidos e o número de poços de produção aumentava para até 9, por último, as plataforma de 3ª família eram as mais complexas, permitindo a perfuração e produção de até 15 poços e suas instalações podiam conter uma plataforma de processo completa.

A produção *offshore* Bacia de Campos é uma das maiores já descobertas. Mais de 80% do petróleo produzido no Brasil é oriunda dessa bacia, também detentora de grandes jazidas situadas em águas profundas e ultraprofundas. Vale notar que, do total das reservas (provadas e totais) do Brasil, 90% ocorre em Bacias *Offshore*, e destas, 80% ocorrem em profundidades acima de 400 metros (ANP, 2005). Do ponto de vista ambiental, as atividades da indústria de petróleo têm sido objeto de legislação e regulamentações cada vez mais complexas. A viabilidade ambiental da implementação e da operação dos projetos passou a ser um requisito para sua aprovação, e o processo de licenciamento ambiental tem sido objeto de discussão, buscando-se aperfeiçoamentos e meios de se reduzir os conflitos entre as partes envolvidas. Por outro lado, no modelo de licenciamento ambiental atual não são feitos estudos ambientais antes da definição das áreas que serão ofertadas nas Rodadas de Licitações, pois no que se refere aos impactos ambientais, subentende-se que a legislação vigente no início das Rodadas de Licitação não exigia a realização de estudos ambientais prévios, fato que é verdadeiro.

Tal fato, atrelado ao aumento do nível das atividades associado à flexibilização do monopólio, ressaltam a necessidade de incorporação da variável ambiental, o mais cedo possível, nas decisões de planejamento referentes ao setor de petróleo e gás natural no Brasil, como é feito em vários outros países, seja no sentido de se minimizar a ocorrência de impactos sobre o meio ambiente e de acidentes, seja no sentido de se integrar a ótica ambiental ao processo político de tomada de decisão.

2.2.1 A curva de Hubbert

Criada pelo geólogo estadunidense Marion King Hubber a curva é um modelo matemático de extração de petróleo em que a quantidade total de petróleo extraído segue uma curva logística. Isso implica que a taxa de petróleo extraído num certo ponto no tempo é dada pela taxa de evolução da curva. Apesar de estar associada na maioria das vezes com a produção petrolífera, a curva também é válida para outros combustíveis fósseis como o gás natural, o carvão e o petróleo não convencional.

A curva tem o formato de um sino (ajustamento logístico), com um pico, chamado de Pico de Hubbert e um conseqüente declínio. Ela baseia-se no fato de que o processo que conduz ao esgotamento de um recurso finito é constituído de três etapas, sendo elas: a produção começa no zero, o fluxo de produção alcança um pico, que não pode ser ultrapassado e por ultimo, após o fluxo a produção entra em declínio, até que o recurso se esgote.

No início da curva a ascensão pode ser explicada tendo em vista que a produção está em alta dada a recém-descoberta do poço e infraestrutura adequada, o pico constitui-se da maior produção do poço em um determinado tempo, produção máxima essa que não pode ser ultrapassada e por ultimo seu declínio, tendo em vista que o recurso vai se esgotando com o tempo por ser um concurso finito e a produção passa a se tornar não mais economicamente viável.

Apesar de ter se mostrado confiável certas vezes, a curva apresenta alguns erros, pois não considera fatores externos, como crises econômicas, falta de tecnologia, guerras, entre outros.

Muitos são os países que em seus estudos sobre produção e extração do petróleo levam em consideração a curva de Hubbert, fato esse que faz com que conclusões sobre esferas econômicas e ambientais sejam tomadas de antemão.

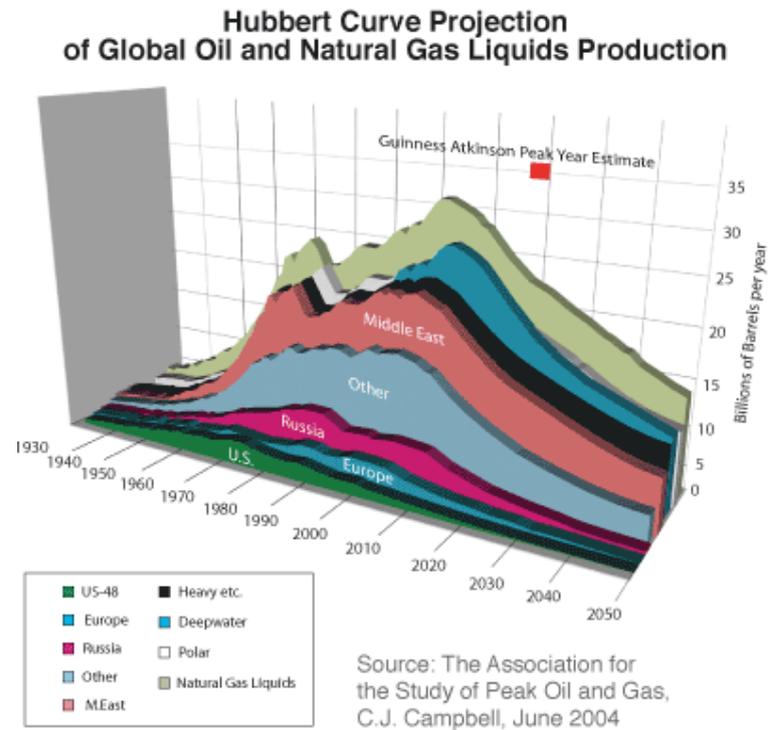
A análise da curva poderia gerar as seguintes conseqüências ambientais:

- Analisando um número suficientemente grande de poços e tendo uma estimativa de seus declínios, fontes renováveis poderiam receber maiores investimentos
- De acordo com a curva e analisando a estimativa de quando seria seu pico, por interesses maiores ele poderia ser adiantado, ou seja, a exploração seria em uma escala bem maior que a prevista, podendo gerar sérios impactos ambientais

Apesar de ter sido apresentadas possíveis conseqüências, como foi dito anteriormente, elas não podem ser inteiramente confiáveis, tendo em vista que a curva é raramente observável de maneira a cumprir exatamente ou em sua maioria a produção de petróleo de um determinado poço.

Finalizando este capítulo podemos concluir que a curva de Hubbert, visualizada na imagem abaixo é um alicerce dos empreendedores quando o assunto é a exploração e produção dos recursos finitos, mas que apesar de se aproximar em alguns aspectos da realidade, ela não pode ser tomada como um padrão, visto que não sofre influencia de fatores externos.

Figura 1: Projeção da Curva de Hubbert para o petróleo e gás natural.



Fonte: The association for the Study of Peak Oil and Gas. C.J.Campbell, June 2004

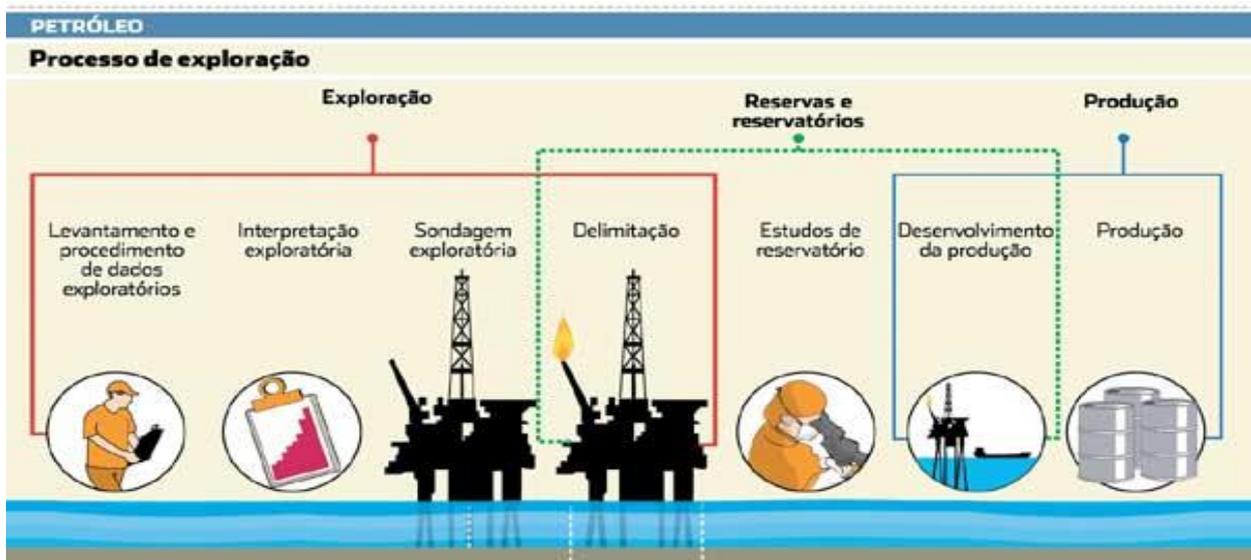
3 ASPECTOS AMBIENTAIS DA ETAPA DE PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO OFFSHORE

O “primeiro” poço marítimo de petróleo foi perfurado em Summerland (Califórnia, EUA) em 1896, entretanto há registros de que em 1264, em visita à cidade persa de Baku no Mar Cáspio, Marco Polo teria mencionado fontes abundantes de alcatrão (óleo) surgindo através de “furos”, o que provavelmente seriam os poços de petróleo. A primeira perfuração marítima comercial de um poço de óleo e gás, utilizando uma plataforma de petróleo, foi feita em 1947 pela empresa americana Kerr-McGee Corporation. A então “plataforma marítima” era uma torre de perfuração instalada sobre uma barçaae a perfuração foi feita a cerca de 20 km da costa e a 5 metros de profundidade, na costa da Louisiana (EUA).

3.1 O Processo

A perfuração dos poços é constituída de três etapas, sendo a primeira a pesquisa sísmica, geologia e geofísica que irá apontar as localidades onde há uma alta probabilidade de se encontrar hidrocarbonetos; a segunda etapa consiste na perfuração para a confirmação da existência ou não de petróleo no local e por ultimo, na terceira etapa, temos efetivamente a perfuração e o desenvolvimento das atividades no poço. Na figura abaixo temos uma demonstração das etapas supracitadas.

Figura 2: Etapas de processo de exploração do petróleo *offshore*



Fonte: Banco de Imagem Petrobrás

Tabela 1.0 sumariza os principais impactos das diferentes fases da pesquisa sísmica sobre os meios físico, biótico e antrópico, associados à cada uma das fases da atividade de levantamento de dados sísmicos, a saber, mobilização de equipamentos e embarcações, operação (pesquisa sísmica propriamente dita) e desmobilização de equipamentos e embarcações.

Tabela 1.0 Principais Impactos potenciais das diferentes fases da pesquisa sísmica

Fase da Atividade	Principais Impactos	Características dos Impactos
Mobilização	Interferência com organismos marinhos (cetáceos, principalmente) devido à possibilidade de colisão com as embarcações e à geração de ruídos e vibrações.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Aumento do tráfego de embarcações circulando entre as bases de apoio e área de pesquisa sísmica.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Aumento do risco de acidentes de tráfego	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Variação da arrecadação tributária devido à aquisição de materiais, equipamentos e insumos	POSITIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Variação dos salários devido à geração de empregos e/ou à contratação de serviços de terceiros	POSITIVO, de pequena magnitude e de curta duração
Operação	Variação da qualidade das águas devido à possibilidade de aumento da concentração de matéria orgânica em decorrência do descarte de esgoto e restos alimentares (em conformidade com a legislação); de partículas sólidas, em função da geração de ondas sísmicas; e de vazamento de óleo durante o abastecimento das embarcações	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Interferência com o tráfego marítimo e aumento do risco de acidentes de tráfego, devido à maior circulação de embarcações.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
Operação	Interferência com os organismos marinhos devido à possibilidade de colisão com embarcações e à geração de ruídos, vibrações de luz e ondas sísmicas (que podem causar danos físicos – inclusive morte – e comportamentais).	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Interferência com recifes de corais devido à colocação de cabos no fundo e à geração de ondas sísmicas – aumento da concentração de partículas sólidas na água, provocando abrasão na superfície dos corais e aumento da turbidez.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Interferência com atividades de turismo e recreação, devido ao tráfego de embarcações.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Interferência com atividades de pesca devido à criação de zonas de exclusão móveis e da possível fuga temporária de peixes.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
Desmobilização	Interferência com organismos marinhos, principalmente cetáceos, devido à possibilidade de colisão entre embarcações com organismos, e à geração de ruídos e vibrações.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Interferência com o tráfego marítimo em decorrência do maior número de embarcações circulando entre as bases de apoio e a área de pesquisa.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração
	Aumento do risco de acidentes de tráfego devido à intensificação do trânsito de embarcações circulando entre as bases de apoio e a área de pesquisa.	NEGATIVO, de pequena magnitude e de curta duração

Fonte: a partir de GRANT, 2003.

3.1.1 Da Perfuração

Quando a perfuração é realizada no mar podem ser utilizados diversos meios de exploração, variando de plataformas a navios. Caso não possuam propulsão própria o navio ou plataforma é rebocado até o local e chegando lá é ancorado ao fundo do mar, caso não possuam DP (posicionamento dinâmico). É importante que independente do meio utilizado se compense o movimento do mar para que uma mínima defasagem na posição não interfira no processo exploratório, nem venha a causar maiores danos tanto econômico como ambiental.

No meio marítimo é utilizado um *riser* de perfuração, que é um tubo condutor de grande diâmetro, para estabelecer um meio de comunicação entre o poço e a plataforma na superfície, por onde irá circular a lama e retornar o cascalho. O *riser* guia a coluna de perfuração e os revestimentos da plataforma até o poço. As plataformas de perfuração marítima podem ser classificadas em duas categorias: as com o BOP na superfície ou no fundo do mar. Nesta categoria estão as plataformas semi-submersíveis e os navios sonda. Naquela, as plataformas podem ser fixas, auto-elevatórias ou de pernas tensionadas (*tensionlegs*). Seguem as explicações e figuras sobre cada tipo de plataforma:

- Plataformas Fixas (figura 3): usada na perfuração de poços e na produção de petróleo, foi o primeiro tipo de plataforma utilizada e é a mais usada até hoje, tem sido preferida nos campos localizados em laminais d'água de até 300 metros. Composta de estruturas modulares de aço, cravada com estacas no fundo do mar, o que faz com que sejam estáveis até sob condições mais severas de mar, e feitas para operações de longa duração. A Figura 3.0 ilustra uma plataforma fixa de perfuração.

Figura 3: Plataforma Fixa de Garoupa operando na Bacia de Campos



Fonte: banco de imagens Petrobras

- Plataformas Autoelevatórias (figura 4): projetadas para perfuração em águas rasas, as plataformas podem se movimentar, mas também oferecem boas condições de estabilidade devido às suas pernas, que podem ser três ou mais de tamanhos variáveis e que se movimentam até o fundo do mar onde se fixam. Em seguida, a plataforma é elevada a uma altura acima da superfície da água. Quando há necessidade de deslocamento, as pernas são então recolhidas e a plataforma é rebocada ou navega com propulsão própria.

Figura 4: Plataforma Autoelevável P-5, atuando na Bacia de Campos.



Fonte: banco de imagens Petrobras

- Plataformas Semi-Submersíveis (figura 5): unidade de perfuração e produção de petróleo pode chegar a uma profundidade de 2000 metros. Possui grande mobilidade, podendo mudar de um campo ao outro rapidamente. Sua estrutura é formada por um ou mais conveses apoiados por colunas em flutuadores submersos, por sofrer influencia significativa do mar sua estabilidade pode ser controlada de duas maneiras: por sistema de ancoragem, constituído de 8 a 12 âncoras ou pelo sistema de posicionamento dinâmico, com propulsores instalados no casco. O lastro dos pontoons (elemento estrutural de ligação de colunas) é controlado de maneira a posicionar a unidade longe da ação de ondas, podendo controlar com isso, a profundidade, o trim e a banda da embarcação. Podem ainda ter ou não propulsão própria, de qualquer maneira, por possuírem grande mobilidade são preferidas na perfuração de poços exploratórios.

Figura 5: Plataforma Semi-submersível (SS)



Fonte: banco de imagens da Petrobras

- Plataformas de Pernas Tencionadas TLWP (*tension-legwellheadplataform* - figura 6): Usada na produção de petróleo é também conhecida como “flutuante quase fixa”, porque é flutuante, mas possui um sistema de ancoragem com tendões (ou pernas) fixos por estacas no fundo do mar com o objetivo de reduzir sua movimentação, dessa maneira, assim como é feito na plataforma fixa, o controle dos poços pode ser feito na superfície.

Figura 6: Plataforma de Pernas Tencionadas



Fonte: banco de imagens da Petrobras

- Navios Sonda (figura 7): unidades flutuantes usadas na perfuração de poços, os navio sonda são navios comuns adaptados a essas atividades. Sua principal vantagem é seu alcance, que chega até as águas ultraprofundas, alcançando mais de 2000 metros de lâmina d'água. Neste tipo de navio é feita uma abertura em seu centro de gravidade sobre o qual é montada a torre de perfuração, é através dessa abertura que a sonda ligada a torre desce, e passam a coluna de perfuração, tubulações e outros equipamentos. Ao contrário das demais plataformas possuem propulsão própria possibilitando o deslocamento até o local da perfuração. Para dar estabilidade à embarcação, são usados sensores acústicos e propulsores que anulam os efeitos dos ventos e das ondas.

Figura 7: Navio-sonda operando no campo de Albacora Lesta, Bacia de Campos



Fonte: banco de imagens da Petrobras

A seguir encontra-se um quadro comparativo entre as plataformas e o navio-sonda com dados mais detalhados sobre cada área, como alcance, como funcionam, armazenagem, dentre outras características ressaltadas como importantes.

Quadro 1: Comparação das atividades entre as plataformas e o navio-sonda

	Fixa	Autoelevável	Semisubmersível	TLWP	Navio Sonda
Lâmina d'água	Até 300m	Até 150m	Mais de 2000m	Até 1500m	Mais de 2000m
Como é	Funciona como uma estrutura rígida, fixada no fundo do mar por um sistema de estacas cravadas	Tem pernas que se autoelevam. Ao chegar à locação, um mecanismo faz as pernas descenderem e serem assentadas no solo marinho	Plataforma flutuante, estabilizada por colunas. Pode ser ancorada no solo marinho ou dotada de sistema de posicionamento dinâmico	Plataforma flutuante de casco semelhante a uma semisubmersível. É ancorada no fundo do mar por cabos ou tendões de aço tracionados	Plataforma flutuante com casco em forma de navio, usada para perfuração de poços. Pode ser ancorada no solo marítimo ou dotada de sistema de posicionamento dinâmico
Atividade de Perfuração	Sim	Sim	Sim (algumas podem ser só de produção)	Sim	Sim
Atividade de produção	Sim	Não	Sim (algumas podem ser só de perfuração)	Sim	Não
Onde é feito o controle dos poços	Superfície	Superfície	Fundo do mar	Superfície	Fundo do mar
Capacidade de armazenamento	Não	Não	Não	Não	Não
Escoamento da produção	Oleodutos	Não	Oleodutos ou armazenamento em navios e posterior descarregamento nos terminais	O óleo é escoado para uma FPSO que realiza o processamento e o exporta através de navios	Não

Fonte: www.petrobras.com.br

O próximo capítulo abordará os impactos provenientes das atividades de perfuração, com destaque para os resíduos como fluidos de perfuração e os cascalhos, que são os mais importantes no caso da perfuração marítima.

3.2 Dos Impactos

Há vários resíduos que fazem parte da operação de uma plataforma de perfuração, entretanto dois deles merecem destaque e, portanto, enfoque deste capítulo, são eles: o cascalho e o fluido de perfuração. A polêmica em torno da utilização e descarte destes rejeitos tem os colocado em posição de destaque no debate internacional sobre a proteção ambiental na etapa da exploração marítima de óleo e gás, o que vem exigindo uma legislação própria que regulamente a matéria no Brasil, principalmente após a abertura do setor petróleo no país.

Para compreender a questão ambiental na etapa da perfuração de poços marítimos de óleo e gás é preciso conhecer os resíduos desta atividade conforme apresentará este capítulo, centrado no cascalho e fluido de perfuração que são os principais. É preciso entender a influência do fluido utilizado sobre o cascalho produzido pelo poço, conhecer e entender as peculiaridades, vantagens e desvantagens da utilização de cada tipo de fluido e as preocupações com a toxicidade, biodegradação e bioacumulação que permeiam o descarte dos fluidos em ambiente marinho, conforme será discutido a seguir.

3.2.1 Os Fluidos De Perfuração

Durante a perfuração de um poço de petróleo, a broca expelle através de pequenos orifícios, o chamado fluido de perfuração (Figura 8). Ao avançar triturando as formações geológicas, a broca gera o cascalho que é transportado até a superfície pelo fluido de perfuração. Este transporte é feito através do espaço anular formado entre a coluna de perfuração e as paredes do poço. Os fluidos de perfuração são misturas de sólidos, líquidos, aditivos químicos e/ou gases. Podem assumir o aspecto de suspensões, emulsões ou dispersões coloidais, dependendo do estado físico de seus componentes. Quando da perfuração dos primeiros poços de petróleo utilizava-se a própria argila da formação misturada à água formando uma espécie de lama, motivo do fluido também ser denominado *lama* de perfuração.

Figura 8: Fluido de perfuração



Fonte: Baroid,2001

Atualmente, o principal desafio na formulação dos fluidos de perfuração é atender às condições cada vez mais exigentes de altas temperaturas e pressões encontradas em alguns poços profundos e poços estendidos e horizontais, evitando danos ao meio ambiente. Os componentes dos fluidos de perfuração devem ser selecionados de forma que qualquer descarga de lama ou cortes cause o menor impacto ambiental possível. As preocupações com o meio ambiente constituem uma força impulsionadora por trás da pesquisa e desenvolvimento dos fluidos de perfuração. A saúde dos trabalhadores na plataforma petrolífera também exerce importante influência na utilização dos fluidos de perfuração e os produtos são selecionados para minimizar os riscos à saúde.

Apesar de os fluidos serem essenciais para o sucesso da operação de perfuração de um poço petrolífero, eles também podem ser um de seus aspectos mais confusos. Os cortes que são transportados até a superfície do poço devem ser descartados, assim como qualquer fluido de perfuração impregnado neles. Apesar da ocupação ambiental de um poço ser relativamente pequena, estando confinada às vizinhanças da operação de perfuração, o impacto ambiental próximo à plataforma pode ser significativo. O grau de impacto dos fluidos de perfuração no meio ambiente depende do tipo de lama utilizada e das condições ambientais presentes.

Os fluidos de perfuração diferenciam-se quanto à sua base, que pode ser água, óleo, sintética ou mesmo à base de ar. Podem ser utilizados fluidos de perfuração de diferentes bases para cada fase de perfuração de um mesmo poço. Durante a perfuração de um poço pode ocorrer ingresso de fluidos de perfuração no meio marítimo através de eventos acidentais ou operacionais, como o descarte de cascalho ao mar, que levará o fluido agregado.

A escolha do fluido varia de diversas formas, seu controle também varia conforme a localização geográfica e a legislação local, sendo selecionado aquele que mais se adéqua aos objetivos do trabalho. Além do mais, testes de toxicidade e coleta de dados sobre biodegradação e bioacumulação são realizados sobre os diversos produtos químicos. Os objetivos desses testes serão abordados detalhadamente mais a frente.

3.2.1.1 Fluidos de Perfuração à Base de Água

A grande maioria dos fluidos de perfuração utilizados no mundo é formada por líquidos à base de água. O fluido à base de água consiste numa mistura de sólidos, líquidos e aditivos químicos tendo a água como a fase contínua. O líquido base pode ser a água salgada, água doce ou água salgada saturada (salmoura), dependendo da disponibilidade e das necessidades relativas ao fluido de perfuração.

Os fluidos à base de água, comparado aos demais possuem grandes vantagens, como seu baixo custo e pouco ou quase nenhum impacto ao meio ambiente, são biodegradáveis e se dispersam facilmente na coluna d'água. Por esses motivos, seu descarte marítimo é permitido em quase todo o mundo, desde que respeitados os requisitos de descartes de efluentes marítimos de cada região. Infelizmente, os fluidos de perfuração à base de água possuem algumas desvantagens. Tal tipo de fluido possui argilas altamente hidrofílicas em sua composição. Também chamadas “sólidos ativos”, estas argilas reagem quimicamente com a água do fluido de perfuração, provocando um “inchaço” da argila e dispersando partículas pelo fluido e por todo o poço. Este fenômeno interfere mecanicamente com a perfuração, provocando um efeito de intrusão da argila “inchada” nos poros das formações cortadas pela broca, formando uma barreira que paralisa ou restringe significativamente o fluxo da produção de hidrocarbonetos. Este é um grave problema de desempenhoso causado pela utilização de lamas à base de água, provocando além de ao poço, a perda de fluido para as formações. Em paralelo, este “inchaço” de material leva a uma geração de volume extra de resíduos de perfuração. A solução para os problemas apontados acima é “inibir” o fluido

através da adição de substâncias químicas, como sódio, potássio e íons de cálcio, que impeçam ou diminuam sua reação com a água.

Devido a tais dificuldades, os fluidos de perfuração à base de água não conseguiram acompanhar os novos desafios que foram surgindo com a evolução da tecnologia, como a perfuração direcional ou em águas profundas. A utilização dos fluidos à base de água nestes empreendimentos pode tornar a perfuração lenta, custosa ou até mesmo impossível, além de gerar uma quantidade maior de resíduos. Por esse motivo outros fluidos, derivados de diferentes bases, começaram a ser pesquisados para que esse cenário pudesse ser contornado.

3.2.1.2 Fluidos de Perfuração à Base de Óleo

Os fluidos de perfuração à base de óleo foram desenvolvidos para situações onde os à base de água apresentavam limitações técnicas e operacionais. As lamas à base de óleo são similares em composição os da base de água, exceto pela fase contínua que agora passa a ser o óleo. A água está presente na lama à base de óleo sob a forma de uma emulsão, onde as gotas de água ficam suspensas no óleo caracterizando uma emulsão de água em óleo.

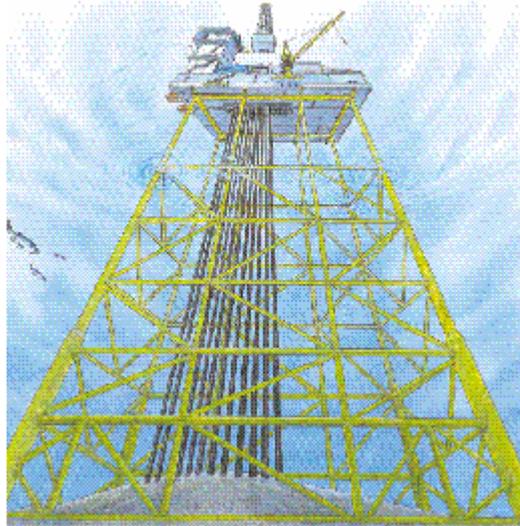
Introduzidos no mercado na década de 40, os fluidos à base de óleo, apesar de custarem de 2 a 4 vezes mais do que os de base aquosa, ganharam espaço rapidamente no mercado. A explicação para isso está relacionada ao seu melhor desempenho na maioria das situações, como na perfuração de formações com folhelhos altamente reativos que avariassem facilmente com lamas à base de água, na perfuração de poços sujeitos a altas pressões e temperaturas, de poços direcionais, de poços que requisitassem uma maior lubrificação entre a coluna e as formações ou quando as condições geológicas requisitassem uma maior estabilização do furo do poço. Os fluidos à base de óleo são muito utilizados e indicados para a perfuração marítima, onde frequentemente o caminho do poço é desviado para alcançar determinado ponto do reservatório (perfuração direcional). As vantagens de performance na perfuração com lamas à base de óleo em comparação com as de base aquosa são:

- Compatibilidade com as formações sensíveis à água. Como o óleo é a fase contínua nas lamas à base de óleo, somente ele penetra na formação reduzindo ao mínimo a invasão de água que avaria as formações no caso da utilização dos fluidos aquosos,
- Minimização da corrosão, pois a fase de óleo contínua presente na lama não atua como um eletrólito como no caso das lamas à base de água,

- Maior estabilidade térmica e estrutural na perfuração de poços profundos e com altas temperaturas,
- Melhor lubrificação, facilitando a perfuração de poços direcionais,
- O fluido à base de óleo pode ser reaproveitado após tratamento adequado,
- Em virtude das vantagens acima a perfuração é feita mais rapidamente, proporcionando um aumento das taxas de penetração.

Infelizmente, ao mesmo tempo em que ganham em desempenho, as lamas à base de óleo são extremamente prejudiciais ao meio ambiente quando descartadas ao mar. A consequência mais séria e preocupante é seu grau de toxicidade, uma desvantagem insuperável desse tipo de lama. Os fluidos a base de óleo, como já ditos anteriormente, são altamente tóxicas e biodegradam-se lentamente nas condições anóxicas que são encontradas no ambiente submarino. O cascalho descartado ao mar proveniente de um poço onde foi utilizada lama à base de óleo tende a se aglomerar em “placas”, que passam rapidamente pela coluna d’água acumulando-se no fundo do mar sob a forma de pilhas submarinas. O mesmo não ocorre quando se usa lama de base aquosa. Neste caso o cascalho não tende a se acumular, dispersando-se pelo assoalho marinho. A Figura 9 apresenta um desenho de onde se pode observar uma pequena acumulação de cascalho aos pés de uma plataforma fixa. Estudos de campo têm pesquisado efeitos do descarte de cascalho misturado à fluidos de perfuração à base de óleo. Têm sido identificadas alterações como bioacumulação de hidrocarbonetos em tecidos de peixes e invertebrados, alterações fisiológicas em peixes, redução do nível de oxigênio em virtude da decomposição de componentes das lamas à base de óleo, além do sufocamento do bentos devido ao recobrimento físico pelo cascalho.

Figura 9: Acúmulo de cascalho sob plataforma fixa



Fonte: UKOOA (2001)

O fluido a base de óleo foi ampliando sua utilização conforme o tempo passava, até que no início da década de 80, testes de toxicidade feitos na Inglaterra chamaram a atenção para os resultados, vários países começaram a proibir seu uso, inclusive o descarte dos cascalhos provenientes de poços perfurados com lama a base de óleo o que culminou na decisão de que a melhor opção era buscar novos fluidos cujas toxicidades não fossem elevadas. Num primeiro momento, no início da década de 80, foram desenvolvidos os fluidos de base óleo mineral. A partir do final da década de 80 a pesquisa e desenvolvimento de fluidos de base não aquosa, os chamados NAFs (*Non-Aqueous Fluids*), passou a adquirir importância crescente e estratégica, em função do rigor crescente da legislação ambiental internacional. Os NAFs são classificados de acordo com o fluido base utilizado em sua formulação e estes em função de sua origem e conteúdo de hidrocarbonetos poliaromáticos – HPAs.

Os NAFs compreendem os fluidos à base de óleo, os à base de óleo mineral de baixa toxicidade, à base de óleo mineral melhorado e os de base sintética, que serão abordados com mais detalhe no próximo item deste capítulo.

3.2.1.3 Fluidos de Perfuração Sintéticos

Os fluidos de perfuração sintéticos foram desenvolvidos como uma alternativa às limitações de desempenho dos à base de água e em resposta às restrições ambientais (como toxicidade e produção de resíduos) impostas aos fluidos à base de óleo. Entretanto, apesar de possuírem menor toxicidade possuem a desvantagem de terem um alto custo de fabricação. O

fluido de perfuração sintético é um fluido cuja principal base é um óleo sintético, ele é o tipo de fluido mais utilizado em áreas marítimas, onde o descarte de cascalho na perfuração com lamas à base de óleo é proibida e é amplamente utilizado em plataformas de perfuração *offshore*, uma vez que possuem propriedades semelhantes à dos fluidos à base de óleo, porém apresentam grau de toxicidade menores. Esse fato é de grande relevância no caso de manuseio em espaços fechados, como normalmente ocorre em plataformas de perfuração *offshore*.

3.2.1.4 Fluidos de Perfuração à Base de Ar

Perfuração a ar ou gás é um termo genérico aplicado quando o gás ou o ar é usado como fluido circulante na perfuração rotativa. Através destes tipos de fluido o ar ou gás circulam do mesmo modo do que uma lama líquida convencional funcionaria, ou seja, por pressão. Um poço pode ser perfurado utilizando ar ou gás natural ao invés dos fluidos de perfuração líquidos convencionais. Quando o ar é usado, sua combinação com hidrocarbonetos no subterrâneo pode se transformar numa mistura perigosamente explosiva, exigindo cuidados extras quanto a explosões ou incêndios. Os fluidos de perfuração aerados executam de modo satisfatório suas funções nas operações de perfuração, exceto em relação ao transporte de cascalho (ainda que apresentem a grande vantagem de não contaminar o cascalho) e ao controle de pressões subterrâneas. Por este motivo, sua aplicação fica limitada a regiões que possuam autorização legal e existência de formações de baixa permeabilidade, como calcários ou formações com rochas muito duras.

3.3.2 Toxicidade de Fluidos de Perfuração

3.2.2.1 Testes de toxicidade

Os testes de toxicidade são usados para estimar o impacto que um determinado poluente tem no meio ambiente. Para o cálculo da toxina máxima que pode ser descarregada sem efeito tóxico direto no meio ambiente são realizados experimentos de toxicidade. Esses experimentos levam em consideração os tipos de fluidos, os organismos que estão mais suscetíveis a toxicidade, a área de descarte, dentre outros fatores. Como por exemplo, temos os fluidos à base de petróleo que são testados em criaturas que vivem no fundo do mar, mais conhecidas como reprocessadores de sedimentos, esses animais, por obterem seus nutrientes através da ingestão de sedimentos, serão, provavelmente, os mais afetados pelo acúmulo de cortes no leito

marinho. Por outro lado, temos os fluidos à base de água, que são testados em peixes, que são os que animais que terão maior probabilidade de exposição a substâncias solúveis em água. Além disso, o tipo exato de teste realizado depende da legislação local e do provável destino do contaminante.

É importante ainda ressaltar que os fluidos de perfuração, quando descartados em ambiente marinho, podem impactos não só a coluna d'água (fluidos de base aquosa), como também o assoalho marinho (fluidos de base não aquosa). O comportamento dos fluidos de perfuração de base aquosa ou não aquosa também é diferente. Os de base não aquosa não dispersam na coluna d'água, ao contrário dos de base aquosa. Logo, a preocupação com a toxicidade dos primeiros é sobre os seres que vivem no fundo do mar, enquanto que nos segundos é sobre os organismos presentes na coluna d'água.

3.2.2.2 Bioacumulação e Biodegradação de Fluidos de Perfuração

Dentre as várias problemáticas enfrentadas pela produção petrolífera ainda encontramos os problemas de bioacumulação e biodegradação, variáveis que se tornaram ainda mais importantes após o uso dos fluidos de base sintética, que, após passarem pela coluna d'água, assentam no fundo do mar.

A bioacumulação trata-se do acúmulo de elementos químicos nas células de um organismo vivo e seu volume depende do equilíbrio entre a taxa pela qual a substância entra nas células do organismo e a velocidade com que ela é excretada ou decomposta.

Isso significa que caso um organismo faça ingestão de uma pequena quantidade de poluente e seja ele capaz de eliminar essa substância, não teremos um acúmulo significativo; entretanto, se o organismo for incapaz de eliminar o contaminante de seu corpo, haverá bioacumulação. De outra forma, quando um ambiente estiver gravemente contaminado, um organismo poderá absorver uma quantidade maior da substância que aquela que ele pode excretar na mesma quantidade de tempo. Haverá então bioacumulação, a não ser que se reduza a concentração do contaminante. É importante ter em mente o efeito da bioacumulação nos animais, uma vez que são descartados inúmeros compostos oriundos da perfuração dos poços, bem como refletem no fluido de perfuração utilizado, principalmente aqueles que possuem alto grau de toxidade.

A biodegradação é a decomposição de uma substância orgânica em componentes mais simples, pela ação de organismos vivos, normalmente microrganismos e, em especial, as

bactérias. Algumas substâncias se decompõem mais rapidamente e de forma mais completa que outras. A biodegradação completa tem como produto composto que é convertido em água e dióxido de carbono. Ela pode ocorrer sob duas condições: aeróbicas (com oxigênio) e anaeróbicas (sem oxigênio). Se o contaminante estiver bem disperso na água, normalmente há mais oxigênio disponível para a biodegradação aeróbica. Contatou-se através de estudos que a disponibilidade de oxigênio é imprescindível na determinação da velocidade de biodegradação de um componente, onde ela é mais veloz em condições aeróbicas.

As taxas de biodegradação de um fluido de perfuração dependem de diversos fatores: solubilidade, concentração do fluido, peso molecular, base, condições marinhas, tipo de sedimento e principalmente da disponibilidade de oxigênio no meio.

Com a presença de muitos poluentes, o impacto ambiental é influenciado pela forma como eles são descarregados e a seguir dispersos pelo meio ambiente. Os fluidos à base de água são dispersos mais facilmente devido sua solubilidade em água. Já os fluidos à base de petróleo não se dispersam tão bem e tendem a se fixar podendo formar pilhas que recobrirão áreas do leito marinho, logo estes são os que causam maiores danos quando comparados àqueles. Essa alta concentração de material orgânico pode resultar na geração de condições anaeróbicas, quando a rápida atividade das bactérias utilizar todo o oxigênio disponível em uma área. À medida que a matéria orgânica se decompõe, o oxigênio é utilizado, e sulfetos tóxicos poderão ser produzidos. Essas condições podem resultar na eliminação quase total dos organismos que vivem no fundo do mar.

Testes realizados com fluidos sintéticos no Mar do Norte indicaram que os ésteres são os que degradam mais rápido no fundo do mar, seguidos das linear alfa olefinas (LAOs), olefinas internas (IOs), polialfaolefinas (PAOs) e éteres. O estudo da biodegradação dos fluidos sintéticos permite concluir que, em condições comparáveis: (IBP, 1999)

- Os fluidos de perfuração que degradam mais rápido são os sintéticos à base de éster,
- A degradação ocorre mais rápido em condições aeróbicas do que anaeróbicas,
- Quanto maior a concentração do fluido base, menores as taxas de degradação de fluido nos sedimentos marinhos e
- A temperatura e tipo de sedimento marinho (areia, argila, silte) influencia na taxa de degradação dos fluidos.

Ainda há pesquisadores que discordam da idéia de que os fluidos devem degradar o mais rápido possível no fundo do mar. Eles afirmam que a degradação dessa ser de forma moderada pois ao se desenvolver consome o oxigênio da água estabelecendo condições anóxicas na região, o que é letal ao bentos.

A biodegradação é um fator importante na redução do impacto ambiental, a longo prazo, dos fluidos de perfuração. Entretanto, em primeiro lugar, a redução da quantidade de resíduos gerados é igualmente importante. Isso é obtido por meio da reciclagem dos fluidos de perfuração, no maior volume possível, e pelo seu projeto adequado, com o intuito de facilitar essa redução. Por exemplo, nas telas do batedor de xisto, os fluidos de menor viscosidade se separam mais rapidamente dos cortes. Isso melhora a recuperação do fluido de perfuração e diminui a quantidade de material orgânico descartado no mar.

3.2.3 O cascalho

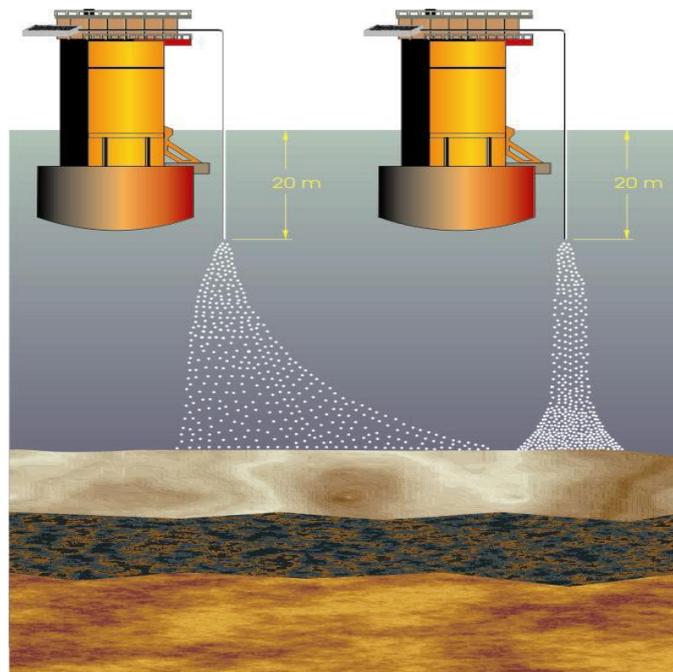
Sabe-se que a perfuração de poços está atrelada a produção de cascalho, ou seja, não existe perfuração sem a produção de cascalho. Os cascalhos são os resíduos que a broca produz ao abrir caminho pelas formações e que através dos fluidos de perfuração são transportados à superfície. (vide figura 9). O volume de cascalho gerado apresenta variáveis como profundidade o poço, diâmetro, tipo de fluidos utilizados e características geológicas das formações perfuradas. Teoricamente o volume de cascalho gerado durante a perfuração de um poço é o volume geométrico do cilindro perfurado. Mas no cálculo do volume de cascalho produzido é dado um coeficiente de segurança em torno de 20% devido a eventuais desabamentos das formações para dentro do poço, normais durante a perfuração. A EPA (2000) estima que para cada metro vertical perfurado sejam produzidos entre 0,6 e 6,0 barris de cascalho.

Após a saída do fluido de perfuração do poço, são encontrados sólidos agregados a ele. Esse fluido passa então por um sistema de controle de sólidos, no qual esse será extraído do fluido. Nesse processo torna-se inevitável que haja um mínimo de fluido de perfuração agregado ao cascalho. De acordo com o IBAMA é considerado como “boa prática” em águas brasileiras o descarte de cascalho com até 10% de fluido aderido.

A base do fluido de perfuração utilizado para a perfuração marítima influencia diretamente no comportamento do cascalho após seu descarte para o mar. Ao ser descartado

no mar, o cascalho proveniente de uma perfuração utilizando fluido de base não aquosa (NAFs) tende a se agregar em “placas” ou “blocos” que não se dispersam na coluna d’água e afundam até assentarem no fundo do mar, permanecendo pouco tempo na coluna d’água. Já os cascalhos provenientes de fluidos de perfuração de base aquosa se dispersam pela coluna d’água e vão sendo “lavados” em seu percurso de descida até assentar no fundo do mar. Como se observa na figura 10, neste caso não há tendência para formação de acumulações submarinas sob a forma de pilhas de cascalho. A Tabela 3.0 resume o acima exposto comparando as peculiaridades dos descartes de cascalho provenientes de poços perfurados com fluidos de base aquosa com não aquosa. É importante ressaltar que quanto maior for a lâmina d’água de operação, maior será a área afetada pelos fragmentos de cascalho que vão se despreendendo da pluma de descarte e mais baixa será a concentração de cascalhos assentados no fundo do mar.

Figura 10: Comparação entre o descarte de cascalho com fluido aquoso x não aquoso



Fonte: <http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/dmarianojb.pdf>

Tabela 3.0

DESCARTE DE CASCALHO COM FLUIDO AQUOSO X NÃO AQUOSO	FLUIDO NÃO AQUOSO
<ul style="list-style-type: none"> - Pluma de descarte aberta - Não há tendência ao acúmulo de cascalho - Ecotoxicidade para organismos da coluna d'água 	<ul style="list-style-type: none"> - Pluma de descarte estreita - Tendência ao acúmulo de cascalho (dependendo da situação podem se formar pilhas submarinas) - Ecotoxicidade para o bentos - Biodegradação - Bioacumulação

Fonte: <http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/dmarianojb.pdf>

Logo, quando são utilizados fluidos de base aquosa, o foco das preocupações ambientais se dá sobre a coluna d'água e quando são utilizados os de base não aquosa ela volta-se para o fundo do mar. Daí a importância dos parâmetros bioacumulação e biodegradação no estudo dos fluidos base não aquosa. Dada que os fluidos de base sintética não dispersam na coluna d'água, ficando pouco tempo nesta área e afundando rapidamente para o assoalho marinho, o principal impacto ambiental advindo de seu descarte se dá sobre os bentos ou seres que vivem no fundo do oceano. Esses estão suscetíveis à anoxia e toxidade provenientes da decomposição do fluido base agregado ao cascalho, bioacumulação de componentes do fluido em organismos bentônicos, além de impactos inerentes à chegada do cascalho, como sufocamento pela cobertura de cascalho e alterações no habitat.

Para efetuar o descarte dos resíduos das pilhas de cascalho são necessárias observações e análises cuidadosas das características inerentes aos tipos de fluidos e aditivos utilizados e suas eventuais alterações químicas ao submeter esses materiais no processo de perfuração bem como as características do ambiente onde se está atuando pois cada cenário é distinto e pode sofrer interferências de risco não perceptíveis em nossa análise propondo novos desafios para o descarte seguro desse material no mar que poderá reagir as condições ambientais existentes e provocar a biodegradação e outros efeitos nocivos.

3.2.4 Impactos Atmosféricos

A questão das emissões atmosféricas ganhou maior notoriedade no cenário mundial em virtude, especialmente, dos problemas das mudanças climáticas e do buraco na camada de ozônio. Essa crescente atenção contribuiu para que a indústria do petróleo mundial buscasse procedimentos e tecnologias para minimizar suas emissões atmosféricas, incluindo as etapas de produção e exploração, apesar de não serem as etapas mais poluidoras do ar, uma vez que a maior parte dessas ocorre durante o processamento do óleo e, mais largamente, durante a queima dos derivados fósseis no consumo final.

Considerando-se somente as atividades de produção e exploração do petróleo, a etapa de produção é a que mais contribui para as emissões atmosféricas. As fontes primárias de emissões atmosféricas decorrentes das operações de exploração e produção de petróleo e gás natural são decorrentes de:

- Queima, purga e exaustão de gases
- Processos de combustão em equipamentos tais como motores a diesel e turbinas a gás
- Emissões fugitivas de gases decorrentes de operações de carga e descarga, armazenamento e perdas em equipamentos de processo
- Emissão de Particulados decorrentes de outras fontes de queima, tais como testes de poço

Apesar de muitos países já proibirem a queima de gás natural, esse é um dos principais problemas ambientais de emissões atmosféricas durante a exploração e produção do petróleo. A queima de gás também pode ocorrer em determinadas ocasiões por razões de segurança, durante a manutenção, partida das plantas ou perturbações durante as operações normais de processamento.

A poluição atmosférica causada pelas atividades de exploração e produção inclui produtos gasosos da evaporação e queima de hidrocarbonetos, bem como partículas de aerossóis decombustíveis não queimados. Entre os principais gases emitidos temos o dióxido de carbono – principal gás do Efeito Estufa -, monóxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. Algumas substâncias prejudiciais à camada de ozônio são também usadas em alguns sistemas de combate ao fogo e como fluidos de refrigeração, entre as quais se incluem os clorofluorcarbonetos.

A queima, exaustão e a combustão são as principais fontes de emissões de dióxido de carbono decorrentes das operações de produção, mas outros gases devem também ser considerados.

Sob a perspectiva ecológica, os poluentes mais perigosos são os óxidos de nitrogênio e enxofre, o monóxido de carbono e os produtos da queima incompleta dos hidrocarbonetos. Estes compostos têm como principal problema o fato de que ao reagirem com água causam as chamadas chuvas ácidas que têm impactos sobre a fauna, flora, a saúde humana e ainda sobre as atividades agrícolas, prejudicando as colheitas e conseqüentemente, interferindo na economia.

Os volumes das emissões atmosféricas e seus impactos potenciais dependem da natureza dos processos considerados. O potencial de impacto das emissões das atividades de exploração comparado com a etapa de produção é relativamente baixo, nesta última etapa níveis elevados de emissões são gerados na vizinhança das instalações de produção

Uma questão importante é que muitas vezes as etapas de exploração e produção não recebem as devidas atenções ambientais pelo fato, de principalmente, estarem instaladas em áreas pouco povoadas e remotas. Mas ressalta-se que as medidas de controle para prevenção da poluição atmosférica durante as etapas acima mencionadas são iguais àquelas utilizadas para outras indústrias, amplamente difundida e já efetivamente usadas.

3.2.5 Impactos sobre o Meio Aquático

Os principais efluentes hídricos que resultam de atividades de exploração e produção de gás natural e petróleo são:

- Águas de produção;
- Fluidos de perfuração, cascalhos e substâncias químicas para o tratamento dos poços;
- Águas de drenagem, de processo e de lavagem;
- Esgotos, águas sanitárias e domésticas;
- Vazamentos e derramamentos;
- Águas de refrigeração.

Além do mais, os volumes de efluentes produzidos são dependentes do estágio dos processos de exploração e produção. Durante as atividades de pesquisa sísmica, o volume de efluentes produzido é mínimo. Quando em perfuração exploratória, os principais efluentes hídricos são os fluidos de perfuração e os cascalhos, enquanto que na etapa de produção (após o desenvolvimento dos poços ser completado) o principal efluente produzido é a água de produção. O grau de toxidez dos produtos químicos usados na exploração e produção já foi discutido na literatura especializada. Fluidos de perfuração a base de água já demonstraram

ter um efeito menor e limitado sobre o meio ambiente. Seus principais componentes são bentônicae argila, quimicamente inertes e não tóxicos. Alguns outros componentes são biodegradáveis, enquanto que outros são levemente tóxicos após diluição. Os efeitos causados por metais pesados associados aos fluidos de perfuração (Ba, Cd, Zn, Pb) mostraram ser mínimos, pois os metais estão sob a forma mineral e, desta maneira, possuem limitada biodisponibilidade. Fluidos de perfuração a base de óleo e cascalhos oleosos, no entanto, possuem alto potencial de impacto, devido à toxicidade ao seu potencial redox. A quantidade de óleo nesse tipo de efluente é o principal determinante de seus efeitos.

Descargas de lama a base de água e de cascalhos no oceano provaram afetar os organismos bênticos numa distância de vinte e cinco metros do ponto de descarga e afetar outras espécies através de uma distância de cem metros do ponto de descarga, e podem afetar os organismos bênticos através de concentrações aumentadas de hidrocarbonetos até além de 800 metros do ponto de descarga. Os efeitos físicos das lamas a base de água e de seus cascalhos são temporários no ambiente marinho. Para a lama a base de óleo, o critério limitante para os efeitos brutos numa estrutura comunitária parece ser de cerca de 100 ppm de concentração de óleo, enquanto que algumas espécies se mostram afetadas a partir de 150 ppm e 1.000 ppm. O elevado pH e o quantidade de sal de fluidos de perfuração e de seus cascalhos, também compõem impactos potenciais para águas de abastecimento.

O efluente hídrico produzido em maior quantidade durante as operações de produção é a água de produção, e seus componentes típicos incluem quantidades variáveis de sais inorgânicos, metais pesados, sólidos, produtos químicos, hidrocarbonetos, benzeno, hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs) e, ocasionalmente, substâncias radioativas. A extensão dos impactos de seu descarte nos corpos hídricos somente pode ser verificada por uma avaliação de impactos ambientais.

Também contribuem para a poluição das águas, os vazamentos e esgotos sanitários. Sendo que os maiores impactos ocorrem geralmente quando áreas de pesca e áreas ecologicamente importantes são afetadas.

3.2.6 Impactos sobre os Ecossistemas

Os tópicos anteriores mostraram os possíveis impactos das atividades de perfuração no ar e na água, impactos esses associados diretamente a biosfera, uma vez que são componentes dessa.

As variações causadas pela exploração do petróleo se refletem no solo, na água, na qualidade dos sedimentos, bem como se manifesta também através de perturbações como ruídos, mudança na cobertura vegetal e iluminação, fatores esse que afetam diretamente a fauna e a flora. Essas mudanças, dentre outras, afetam diretamente a ecologia das espécies, como por exemplo: as rotas de imigração, habitat, vulnerabilidade a predadores, suprimentos de alimentação ou mudanças em áreas de pasto dos herbívoros, que pode consequentemente acarretar em efeitos secundários sobre os predadores.

É importante se observar ainda os impactos secundários gerados por certas atividades, as perturbações no solo e a remoção de vegetação, por exemplo, podem acarretar em erosão e laterização (solo rico em hidróxidos de ferro e/ou alumínio), impactos sobre a integridade ecológica que podem levar a outros efeitos, como a destruição do equilíbrio de nutrientes e níveis de atividades de microorganismos no solo. Se efeitos como esse não são controlados, a longo prazo, teremos um efeito de grande escala, a perda de habitat. A perda de habitat afeta a fauna e flora e pode conduzir a mudanças nos ciclos de produção primária e nas composições das espécies.

Além de mudanças no habitat dos animais, também é importante considerar de que forma mudanças no ambiente biológico podem afetar comunidades locais e/ou indígenas.

É importante ressaltar que todos os impactos supracitados tornam-se mais relevantes quando acontecem em ecossistemas considerados sensíveis, ou seja, aqueles que devido a características específicas apresentam funções biológicas chave para a manutenção do equilíbrio ecológico de uma determinada área, tais como áreas de diversidade biológica e alta produtividade, criadouros, reprodução, etc.

4 ALTERNATIVAS

4.1 O Desenvolvimento Sustentável

A sustentabilidade na utilização dos recursos naturais deve ser encarada, como modelo de desenvolvimento capaz de assegurar condições dignas à sobrevivência das futuras gerações humanas e de todas as demais formas de vida.

Sob essa perspectiva, segundo Derani (2001, p. 242): “Desenvolvimento econômico no Estado Brasileiro subentende um aquecimento da atividade econômica dentro de uma política de uso sustentável dos recursos naturais objetivando um aumento de qualidade de vida que não se reduz a um aumento do poder de consumo”. Portanto, ao se afirmar um desenvolvimento de caráter sustentável se busca construir um modelo de desenvolvimento baseado no princípios constitucionais, orientado por uma equilibrada exploração dos recursos naturais.

Esta também é a linha de pensamento seguida por Mello (2005) ao afirmar que a: “incolumidade do meio ambiente não pode ser comprometida por interesses empresariais nem ficar dependente de motivações de índole meramente econômica, ainda mais se tiver presente que a atividade econômica, considerada a disciplina constitucional que a rege, está subordinada, dentre outros princípios gerais, àquele que privilegia a ‘defesa do meio ambiente’” (CF, art. 170, VI).

Destaque-se, ainda, a doutrina de Silva (1994, p. 54): “O objeto de tutela jurídica não é tanto o meio ambiente considerado nos seus elementos constitutivos. O que o direito visa proteger é a qualidade do meio ambiente em função da qualidade de vida. Pode-se dizer que há dois objetos de tutela, no caso: um imediato, que é a qualidade do meio ambiente, e outro mediato, que é a saúde, o bem-estar e a segurança da população, que se vêm sintetizando na expressão qualidade de vida”.

Nos tempos atuais, a busca por novas tecnologias e alternativas faz-se constante em virtude da preservação ambiental e constante crescimento e desenvolvimento da sociedade como um todo. É importante ainda não só políticas regulamentadoras e efetivas, mas também a criação de uma consciência na população para que cada um procure a melhor maneira de cumprir suas ações e ao mesmo tempo cumprir com os aspectos legais ambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente expansão da indústria do petróleo as questões ambientais passaram a se tornar secundárias, quando deveriam tornasse ainda mais importantes. A proposta do projeto apresentado é concernir sobre os impactos da exploração e produção de petróleo no Brasil e chamar a atenção para a necessidade de projetos que protejam o meio ambiente, um fortalecimento de uma política nacional integradora, uma fiscalização do cumprimento das normas e mais ainda, incentivar a descoberta de alternativas tão produtivas quanto as atuais, porém que prejudiquem cada vez menos o meio ambiente.

É de suma importância que tenhamos consciência de como nossas práticas habituais podem afetar o meio ambiente que nos cerca e como podemos mudar nossas atitudes em prol de um mundo melhor. O principal objetivo é despertar a noção de que cada pessoa, ao mudar sua atitude, pode fazer diferença que desejamos ver no mundo. E ainda, que essas atitudes influenciam todos ao seu redor.

REFERÊNCIAS

Atividade offshore no Brasil. Disponível em:

<<http://www.clickmacae.com.br/?sec=109&pag=pagina&cod=99>>. Acesso em 15 de Abril de 2015

BLAJBERG SCHAFFEL, Silvia. **Proposta de Metodologia de Avaliação Integrada de Riscos e Impactos Ambientais para Estudos de Avaliação Ambiental Estratégica do Setor de Petróleo e Gás Natural em Áreas Offshore** . Disponível em:

<<http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/schaffelsb.pdf>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2015

CAHETÉ LOPES, Flávia. **Produção offshore no Brasil.** Disponível em:

<http://anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/sismica_r8/Bibliografia/Lopes%202004%20-%20exploracao%20offshore%20x%20atividade%20pesqueira.pdf>. Acesso em 15 de março de 2015

Curva de Hubbert. Disponível em:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Pico_do_petr%C3%B3leo>. Acesso em 15 de abril de 2015

Curva de Hubbert. Disponível em: <<http://www.picodopetroleo.net/a-teoria>>. Acesso em 20 de Abril de 2015

Exploração do petróleo. Disponível em: <www.fiec.org.br>. Acesso em 25 de abril de 2015

FIGUEIREDO, Jorge. **Pico de Hubbert.** Disponível em:

<<http://resistir.info/jf/petroleo.html>>. Acesso em 20 de abril de 2015

Fluidos de Perfuração. Disponível em:

<<http://www.planetseed.com/ptbr/relatedarticle/desafios-ambientais>>. Acesso em 27 de Abril de 2015

GOEKING, Weruska. **Instalações offshore: pioneirismo brasileiro.** Disponível em:

<<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/324-instalacoes-offshore-pioneirismo-brasileiro.html>>. Acesso em 15 de Abril de 2015

GONCALVES, Cliff I.S.; NOVA, Rafaela S.; VASCONCELOS JR., Paulo S. **Impactos Ambientais Da Indústria Do Petróleo Em Produção Offshore** . Disponível em:

<<http://skile.pt/website/wp-content/uploads/2015/05/5-Julho-Artigo-Impactos-ambientais-da-ind%C3%A9ria-do-petr%C3%B3leo-em-produ%C3%A7%C3%A3o-offshore.pdf>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2015

Offshore. Disponível em: <<http://www.significados.com.br/offshore/>>. Acesso em 6 de março de 2015

ORTIZ NETO, José Benedito; DALLA COSTA, Armando João. **Histórico da produção de petróleo.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbe/v61n1/a06v61n1.pdf>>. Acesso em 13 de abril de 2015

REVISTA DO BNDES, RIO DE JANEIRO, V. 11, N. 22, P. 21-49, DEZ. 2004. **O pico de Hubbert**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev2202.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2015

Tipos de Plataforma. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/infograficos/tipos-de-plataformas/desktop/index.html>>. Acesso em 10 de março de 2015