



# 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

## ESTIMATIVA DO TEMPO DE RESPOSTA PARA UM DERRAME DE PETRÓLEO PROVENIENTE DAS INSTALAÇÕES *offshore* DO ESPÍRITO SANTO

BARROS<sup>1</sup>, M. B., SARMENTO<sup>2</sup>, R.

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Ambiental de Petróleo e Gás da Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari s/nº, Vitória - ES, borgesbarros@bol.com.br

<sup>2</sup> Eng. Civil, Espec., MsC., PhD, Professor do Mestrado de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari s/nº, Vitória - ES, robsar@npd.ufes.br

### Resumo

As atividades de exploração e produção de petróleo e gás na costa e território do ES prometem aquecer a economia do estado trazendo investimentos e gerando emprego e renda.

Inerente a este tipo de atividade existe possibilidade de ocorrência de acidentes, que podem acontecer apesar dos complexos sistemas de segurança que são implantados nas instalações *offshore*, tais como *blowouts*, rompimento de tubulações, falhas estruturais nas plataformas e colisão de navios.

No caso de um derramamento de óleo alcançar a zona costeira capixaba, os danos são catastróficos, por se tratar de uma região constituída por sistemas ecológicos importantes, mas também pelo fato da zona costeira concentrar uma parcela significativa da população, sendo utilizada para diversos fins: pesca, turismo, lazer e terminais portuários.

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é disponibilizar informações que venham contribuir para elaboração de planos de Contingência para as atividades de exploração *offshore* do ES, estimando o Tempo de Resposta para um possível acidente ocorrido no litoral capixaba, proveniente das instalações *offshore*, considerando a força do vento como a única forçante da mancha de óleo. Esta estimativa foi realizada através de um modelo de trajetória de derrame.

Palavras-Chave: derrame de petróleo; tempo de resposta; plano de contingência, gestão ambiental

### Abstract

Oil and gas exploration and production activities both offshore the coast of and inland the State of E. Santo promise to heat up the state's economy, thus bringing investments, creating jobs, and generating income.

Inherent to this kind of activity there is the possibility of accidents occurring in spite of the complex safety systems installed on offshore facilities, such as equipment to prevent blowouts, bursting of pipes, structural defects in the platforms, as well as ship collisions.

If the oil spill reaches the coastline, damages would be catastrophic. This would be so not only because this area is home to major ecological systems but also due to the fact that a significant part of the population lives along the coastline that is used for such activities as fishing, leisure, and port installations.

Being thus this research has the objective of making available information that come to contribute for elaboration of a contingency plan for the activities of exploration offshore of the ES, esteeming the time response for a possible accident happened in the capixaba coast, originating from the facilities offshore, considering the force of the wind as the only force acting on the oil spot. This estimate was accomplished through a model of trajectory of oil spill.

Keywords: oil spill, response time, contingency planning, environmental management

## 1. Introdução

A partir de agosto de 1997, com a promulgação da nova lei do petróleo, lei nº 9.478/97, renunciou-se o início de um novo e importante período, com a presença das mais importantes, além da PETROBRAS, empresas nacionais e estrangeiras no cenário brasileiro. Os desafios e perspectivas exploratórias no Brasil, passam pela atuação da Agência Nacional de Petróleo (ANP), com a responsabilidade de racionalizar a exploração dos recursos petrolíferos.

O litoral brasileiro foi então segmentado em vários blocos de exploração, divididos ao longo das 29 bacias sedimentares brasileiras, que passaram a ser leiloadas pela ANP. Já na terceira rodada a Bacia petrolífera do Espírito Santo foi a segunda área exploratória a apresentar maior número de operadoras inscritas no terceiro leilão da ANP, 30 empresas, só perdendo para a região de Camamu-Almada, em Ilhéus, Bahia. Este interesse aumentou depois da descoberta pela PETROBRAS de uma nova jazida de gás na foz do Rio Doce, sendo que além da PETROBRAS, SHELL e REPSOL/YPF já comunicaram descobertas de petróleo na bacia capixaba. (Belesa, 2001). Recentemente uma nova descoberta foi realizada, no campo de Jubarte, localizado a 76Km da costa capixaba.

Entretanto, em que pese os aspectos positivos, assumi-se os riscos potenciais de impactos ambientais inerentes da atividade petrolífera, afinal, todo este esforço de aumento de exploração, apesar dos cuidados que são tomados, faz crescer o risco de contaminação do meio ambiente.

Vários acidentes com derramamento de petróleo ocorreram no mundo e seus registros demonstram o quanto o meio ambiente foi prejudicado pelos mesmos. Alguns trabalhos, tais como, NRC (1985), Exxon (1989), e ASCE (1996), trazem os relatos sobre os impactos dos principais acidentes, dentre eles a explosão da Plataforma Piper Alpha, ocorrida em 6 de julho de 1988, na Escócia e o acidente com o navio Exxon Valdez, em 1989 em Prince William Sound, Alasca, USA, derramando 37.000 toneladas de óleo no mar.

A grande diversidade físico-biótica dos ecossistemas litorâneos do Estado do Espírito Santo são, certamente, a sua mais forte característica e, também, a fonte primeira da sua reconhecida fragilidade absoluta em face dos recentes processos de exploração petrolífera no mar. Uma forma de garantir a proteção do litoral capixaba, contra um possível acidente, proveniente das atividades de exploração de petróleo *offshore*, é através da elaboração de um plano de contingência (PC), onde sejam delimitadas as áreas costeiras prioritárias para proteção.

Visto o acima exposto, pretende-se neste trabalho, usar um modelo matemático de trajetória de mancha de óleo, denominado GNOME, para estimar o tempo de resposta, que é o tempo que o óleo leva para alcançar a costa, para um possível acidente com derrame de óleo, proveniente das instalações *offshore* situadas na plataforma continental do litoral capixaba, sendo a principal consideração assumida na pesquisa é que a mancha de óleo, será impulsionada apenas pelo vento. Esta aproximação é válida tendo em vista os propósitos do trabalho, ou seja, disponibilizar informações para a gestão ambiental nos derrames de petróleo.

O conhecimento do tempo de resposta é fundamental para definição das estratégias de resposta, do local onde devem estar armazenados os equipamentos e a mobilização da comunidade., garantindo desta forma a eficiência do Plano de Contingência.

## 2. Metodologia da Pesquisa

A estimativa do tempo de resposta foi possível através do uso do *General NOAA Oil Modeling Environment (GNOME)*, que possibilitou a realização de simulações computacionais de derrame de petróleo, proveniente de pontos localizados nos vértices dos blocos de exploração de petróleo.

A primeira fase da pesquisa foi a definição dos pontos de derrame, partindo da premissa que a mancha se moveria apenas sob a influência do vento, deste modo, os pontos de onde partiram as manchas de óleo, estão localizados na plataforma continental, pois de acordo com Nunes (comunicação pessoal), o grande ponto para não consideração da corrente de maré no problema de deriva de mancha de óleo é o fato de que a mesma é cíclica, ou seja, durante um ciclo completo de maré seu valor médio é nulo, o que significa que uma eventual mancha sob influência única da maré descreve uma trajetória elíptica, voltando ao ponto inicial depois de completado o ciclo de maré, que no caso da ES é de cerca de 12 horas. Com relação a corrente do Brasil, corrente que atravessa a costa brasileira, segundo Signorini (1976) e Nunes (1998) sua posição média é sobre o talude e não sobre a plataforma continental, sendo desta forma aceitável desconsiderar seu efeito por sobre uma mancha de óleo derramada na plataforma continental.

Os pontos de simulação de derrame de petróleo, utilizados na pesquisa, são apresentados na Tabela 1 e localizados na Figura 1, ambas apresentadas adiante.

Tabela 1 – Batimetria, Distâncias e coordenadas dos Blocos de Exploração de Petróleo, localizados na Costa Capixaba, utilizados no estudo.

Bloco	Batimetria (metros)	Distância da Costa (Km)	Coordenadas Em medidas Decimais	
			Longitude (°W)	Latitude(°S)
BM-ES-5	37,5	40	39.88	19.83
BES-3	25	22	39.75	19.75
BM-ES-17	30	56	39.44	19.42
BC-9	60	72	40.28	21.31
BMC-19	25	39	40.69	21.17
			40.75	21.50
BM-ES-20	20	20	39.50	18.42
BM-ES-19	40	25	39.35	18.75
BM-ES-16	20	15	39.56	19.42

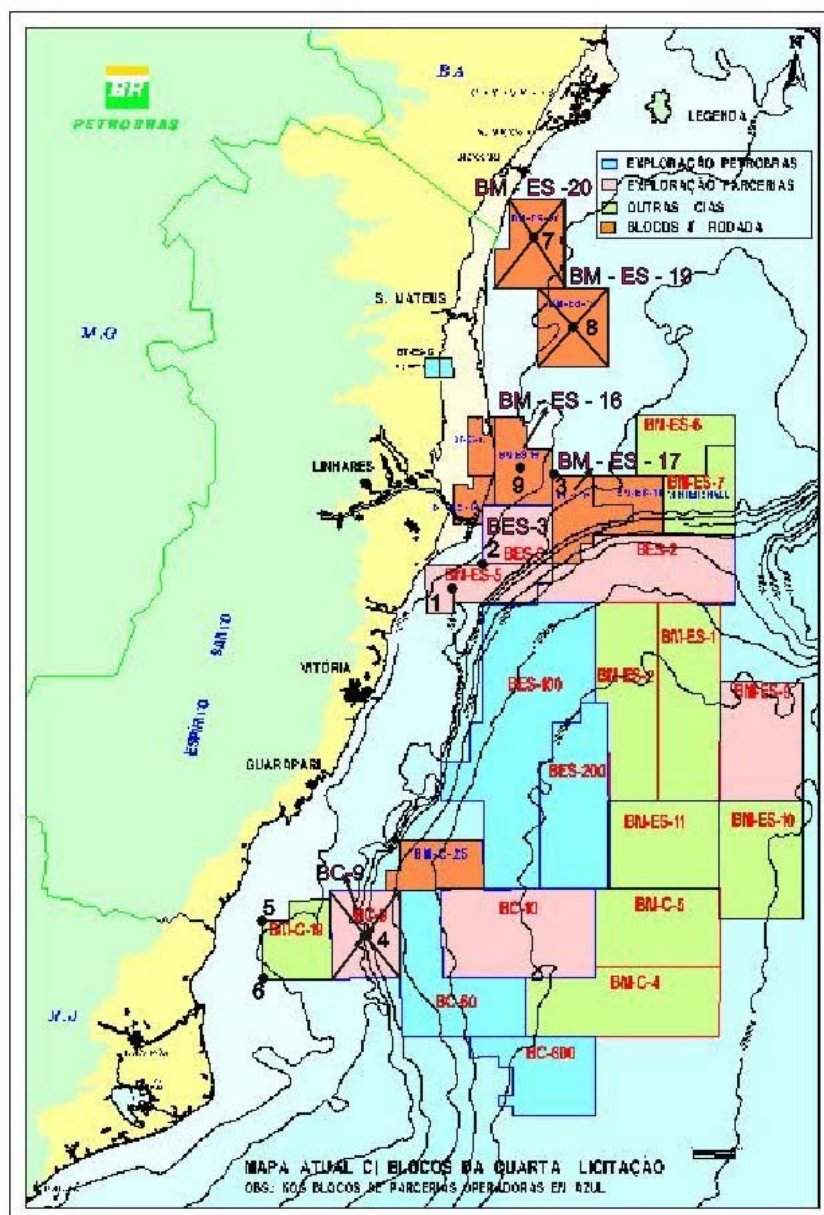


Figura 1: Localização dos pontos de derrame

O bloco BMC-19 apresenta dois valores de coordenadas, porque para este bloco foram realizadas duas simulações, em pontos distintos, conforme é mostrado na Figura 1.

Foram considerados 9 pontos de derrame, conforme mostra o Quadro 1. Como para cada ponto foram simulados 02 cenários distintos, coeficiente de difusão igual a  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  e  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ , desta forma foram definidos 18 cenários de estudo.

Após a definição dos pontos de derrame, o passo seguinte foi a digitalização do litoral do ES, gerando um arquivo, que no GNOME recebe o nome de arquivo *bn*, que é um arquivo com a linha de costa do litoral capixaba. O arquivo *bn* é um arquivo texto, que especifica uma lista de pontos, que são desenhados na tela computador. Cada seqüência de pontos é precedida pela descrição da linha, um cabeçalho, constituído por três números, tais como:

“3”, “1”, 18

- O primeiro número identifica o nome da seqüência, podendo ser qualquer número;
- O segundo número identifica o tipo da seqüência, “1” é uma característica de terra e “2” indica água ou uma seqüência dentro de outra seqüência maior;
- O terceiro número indica o número de pontos da seqüência.

Todo o trabalho, para geração do arquivo “*bn*” foi realizado no laboratório de Topografia da Universidade Federal do Espírito Santo, utilizando o software ARQVIEW 3.1, e a base cartográfica, que foi a Carta Náutica de nº 70, Brasil – Costa Leste de Belmonte ao Rio de Janeiro, compilação de dados efetuados até 1964.

Uma vez pronto o arquivo *bn*, outras informações foram definidas, por serem necessárias para a realização das simulações de derrame, sendo as mesmas:

- Definição dos valores de intensidade de ventos e direção dos mesmos;
- Escolha dos valores da componente de deriva do vento;
- Coeficiente de difusão e
- Quantidade e tipo de óleo a ser derramado.

### 2.1. Dados de Ventos

Os ventos usados nas simulações foram escolhidos dependendo da geografia da costa e da localização do derrame. Com relação à intensidade foram escolhidos os valores de 9 Nós (5m/s) e 19 Nós (10 m/s), considerando uma condição de vento médio e forte respectivamente, de acordo com as características meteorológicas descritos nos trabalhos de Carvalho et al. (1997), Silva&Alvarenga (2000) e Lima et al., (1989)

### 2.2. Deriva do Vento

Em Nunes (1998), foi apresentada uma metodologia para ajustar a espiral de Ekman aos dados da Baía de Campos, através de um programa desenvolvido em FORTRAN, chamado de CORRVEC.FOR, para que pudesse determinar os valores da deriva do vento e do ângulo de deriva a ser empregado no modelo MARLIMPO. Desta maneira no programa MARLIMPO foi utilizado os valores de 3.07% da velocidade do vento para a componente de deriva do vento e um ângulo de deriva de  $37^\circ$ , obtidos através de ajuste exponencial nos valores das áreas onde foram feitas medições. Em função da proximidade da Baía de Campos com a baía do ES, adotaremos tais valores em nossas simulações.

### 2.3. Coeficiente de deriva

A variação do coeficiente de difusão horizontal, baseado no ASCE (1996), que sugere valores de  $10^4$  e  $10^6 \text{cm}^2/\text{seg}$ , para mar calmo e mar agitado, respectivamente.

### 2.4. Quantidade e tipo de óleo a ser derramado

As simulações foram realizadas para 1000 barris, de acordo com as definições da IPIECA (2000), tratando-se de derramamento de nível II. Como o objetivo do trabalho é estimar o tempo que o óleo chega ao litoral e não a quantidade de óleo que chega, nenhum estudo específico foi considerado para a definição da quantidade de óleo a ser derramada.

As simulações foram realizadas com óleo cru médio, que é um tipo de óleo da família do North Slope, com grau API 27.9°, densidade  $0.888 \text{g/cm}^3$  a  $25^\circ\text{C}$  e viscosidade 26.2 cSt a  $25^\circ\text{C}$ .

Com as simulações geradas no GNOME, a partir do arquivo *bn* e os dados acima descritos, foram definidas as chamadas Escalas de Tempo de Resposta, que não serão aqui apresentadas devido à extensão das mesmas. As Escalas de Tempo de Resposta foram apresentadas em Barros (2002), totalizando 17 escalas

## 3. Resultados

Com base nos valores de “*t*” (tempo de resposta) para cada bloco, obtidos a partir das Escalas de Tempo Resposta, foram realizados os seguintes diagnósticos, relacionando os valores de “*t*” com: os Blocos exploratórios, com o vento e com os valores do coeficiente de difusão. Na Figura 3 e 4 são apresentadas duas das 17 Escalas de Tempo de Resposta, definidas em Barros (2002).

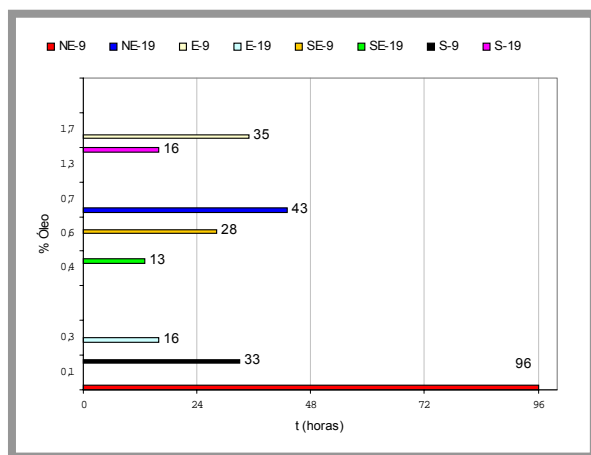


Figura 2: Escala de tempo de Resposta para o ponto simulado no Bloco BM-ES-5, com coeficiente de difusão de  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$

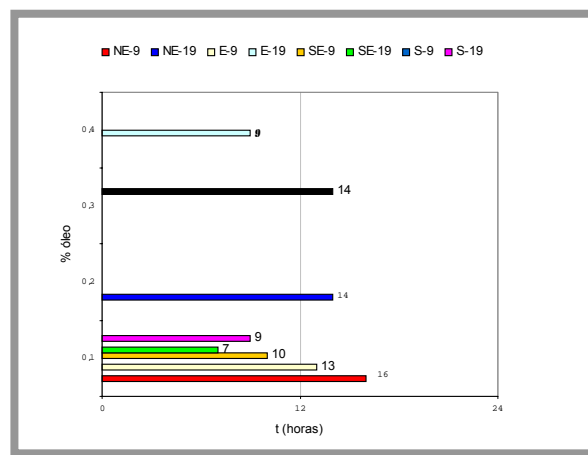


Figura 3: Escala de tempo de Resposta para o ponto simulado no Bloco BM-ES-5, com coeficiente de difusão de  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$

### 3.1. “t” versus Blocos Exploratórios

É possível verificar que, para os pontos pertencentes aos blocos BM-ES-5, BES-3, BMC-19, BM-ES-20 e BM-ES-16, os valores do tempo de resposta (t) são menores que 1 dia, independente do tipo de vento. E que a maioria desses valores,  $t < 1$  dia, estão relacionados com o coeficiente de difusão  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ . A distância destes blocos ao litoral e os menores e maiores valores de tempo de resposta são apresentados, na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2 – Valores de Tempo de Resposta para derrames provenientes dos blocos usados na pesquisa

BLOCO	DISTÂNCIA A COSTA	MAIOR VALOR DE “t”	MENOR VALOR DE “t”
BM-ES-5	40 Km	16 horas com NE -9	7 horas com SE - 19
BES-3	22 Km	58 horas com NE-9	9 horas com SE-19
BMC-19, Ponto 5	39 Km	39 horas com S-9	12 horas com E-19
BM-ES-20	20 Km	37 horas com NE-9	12 horas com SE-19 e E-19
BM-ES-16	15 Km	26 horas com NE-9	10 horas com E-19

### 3.2. “t” versus Vento

Observou-se que com relação ao valor de “t” quando a intensidade do vento varia de 9 a 19 Nós, constatamos que ele diminui aproximadamente a metade, para um mesmo valor de coeficiente de difusão. Outra conclusão importante é que os ventos SE e E aparecem na maioria das vezes, nas Escalas de Tempo de Resposta, com os menores valores de t. Sendo os menores valores de tempo de resposta registrados para vento SE com 19 Nós, 13 horas e 7 horas, respectivamente para os coeficientes de  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  e  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ .

### 3.3. “t” versus coeficiente de difusão

Verifica-se através das Escalas de Tempo de Resposta, que as simulações realizadas com coeficiente de difusão de  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$  apresentam valores de tempo de resposta (t) menores do que para o coeficiente de difusão de  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$ .

Os valores de  $t < 1$  dia ocorreram com maior frequência para as simulações com o coeficiente de difusão  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ .

## 4. Conclusão

É importante ressaltar que, os valores aqui apresentados para “t”, representam o limite inferior de tempo, pois resultaram de considerações extremas, que são: vento soprando na mesma direção (persistente) e com a mesma intensidade durante toda a simulação e nas piores direções, ou seja, nas direções que empurravam o vento para a costa. Desta forma os resultados encontrados para o tempo de resposta dão a ordem de grandeza desta variável.

Por estarem próximos à costa, os pontos simulados, pertencentes aos Blocos BM-ES-5, BES-3, BMC-19, BM-ES-20 e BM-ES-16, apresentam tempo de resposta (t), menor que 1 dia. A distância destes blocos ao litoral e os menores e maiores valores de tempo de resposta foram apresentados na tabela 2, anteriormente.

Os ventos que apresentam os menores valores para o tempo de resposta (t) são SE e E, que aparecem na maioria das vezes, nas Escalas de Tempo de Resposta, com os menores valores de t. Sendo os menores valores de tempo de resposta registrados para vento SE com 19 Nós, 13 horas e 7 horas, respectivamente para os coeficientes de  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  e  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ .

Verificou-se através das Escalas de Tempo de Resposta, que o valor do tempo de resposta (t) para ventos com intensidade de 19 Nós, representam aproximadamente a metade do valor de (t) para ventos com intensidade de 9 Nós;

Quanto maior o coeficiente de difusão, menor o tempo de resposta (t);

Os valores do tempo de resposta  $t < 1$  dia ocorrem com maior frequência para as simulações realizadas com coeficiente de difusão a  $10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ .

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido da Agência Nacional de Petróleo (ANP) e do Drº J. Beegle Krause da National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), sem os quais este trabalho não teria sido realizado.

Esta pesquisa é resultado do Convênio entre a UFES e a ANP – Edital ANP 02/99 – Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental, com ênfase em petróleo e gás.

## 6. Referências

- ASCE TASK COMMITTEE ON MODELING OF OIL SPILLS. *State of the Art Review of Modeling Transport and Fate of Oil Spills*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 122, Nº 11, November, f594-609, 1996.
- BARROS, Marcela Borges. *Uma Contribuição para a elaboração de planos de contingência para derramamentos de petróleo das atividades de exploração offshore do Espírito Santo*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.f193. Dezembro/2002
- BELESA, Gustavo. *Empresas apostam no petróleo capixaba*. A Gazeta, Vitória, f12. Abril 2001.
- CARVALHO, Nelson Violante, NUNES, Luis Manoel Paiva, JUNIOR, Waldemar Tavares. *O clima de ventos na baía de Campos, Rio de Janeiro*.Apresentado no XII Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos. Novembro 1997
- EXXON, Production Research Company. *Review of Oil Spill Occurrences and Impacts*. 1989.
- IPIECA-International Petroleum Industry environmental Conservation Association. *A Guide to Contingency Planing for Oil Spills on Water*. Volume 2. 2º Edição. Março/2000.
- LIMA, José Antonio Moreira, JUNIOR, Waldemar tavares, NUNES Luis Manoel Paiva. *Condições meteorológicas em Marlim e Albacora: dados disponíveis e planejamento de novas coletas*. Apresentado no II Encontro Técnico Interdepartamental sobre exploração em águas profundas.PETROBRAS. novembro 1989
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Oil in the sea-inputs, fate and effects national*. Academy Press, Washington D.C. 1985.
- NUNES, Luiz Manoel Paiva. *Modelagem Numérica para Valoração Dano Ambiental por Óleo: Aplicação para a Baía de Campos*. Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético.Programa de Pós-graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.f168. Março/1998.