

# **IMPACTOS DO DERRAME DE ÓLEO BUNKER E ÓLEO DIESEL SOBRE A MACROFAUNA BÊNITICA DE UMA MARISMA, BAÍA DE PARANAGUÁ – PARANÁ – BRASIL.**

---

**Oc. ANDRÉ LUIS TADEU OLIVO WOLINSKI**

[andrewolinski@yahoo.com.br](mailto:andrewolinski@yahoo.com.br) – chave tfw9

(42) 9107-5671

Paranaguá - PR

---

## **1 - INTRODUÇÃO**

A energia é um insumo indispensável para o desenvolvimento econômico. Uma alternância constante das matérias e fontes energéticas vem ocorrendo desde a primeira revolução industrial. Nas últimas décadas, o uso de energias fósseis se intensificou consideravelmente e atualmente o mundo depende primariamente delas, dentre as quais se destaca o petróleo (Furtado, 2004). Dentre os vários aspectos negativos associados com esta matriz energética, os acidentes, derrames e vazamentos de óleo, associados com as atividades de extração, transporte e refino, além das emissões que contribuem para o efeito estufa, têm impactado o meio ambiente e mais particularmente as regiões costeiras.

Em 1978, o navio Amoco Cadiz derramou 68,7 milhões de galões de óleo na França (Environment About) atingindo áreas de marismas que não se recuperaram até hoje. Em 1989, o Exxon Valdez despejou aproximadamente 40 milhões de litros de petróleo na costa do Alasca, uma área de vida selvagem (Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council; Greenpeace, 2004). Outros acidentes importantes ocorreram em águas paranaenses. Em 2001, o navio Norma derramou aproximadamente 390 mil litros de nafta (Gazeta do Povo, 2001) na Baía de Paranaguá, fato que causou a morte de um mergulhador, além de impactos ambientais, (Gazeta do Povo, 2001). Em 2004, o navio Vicuña, que transportava metanol, explodiu liberando sua carga, além de óleo diesel e óleo bunker utilizados como combustíveis do próprio navio, e vitimando quatro pessoas,

além de causar danos ambientais graves a moderados (D'Amico, 2004). Estima-se que a quantidade derramada pelo acidente foi de 150 ton. de diesel marítimo e 1416 ton. de óleo bunker (La Hora Ecuador, 2005; La Asociación Española de Marina Civil, 2004).

Entre os ambientes costeiros, naturalmente mais sujeitos a estes tipos de acidentes, os ecossistemas estuarinos da região entre marés, como manguezais e marismas, tendem a ser considerados os mais vulneráveis ou sensíveis a impactos por óleo (Noernberg & Lana, 2004). As marismas estão entre as áreas costeiras mais frequentemente impactadas por derrames. O dicionário do Aurélio define marisma (substantivo feminino), palavra proveniente do espanhol, como "terreno alagadiço à beira de mar ou rio". As marismas correspondem aos "salt marshes" ou "saltmarshes" da literatura americana e inglesa e aos "marais salés" da literatura francesa. Desenvolvem-se em áreas geralmente abrigadas, onde o impacto direto de ondas é reduzido. Seu grau de desenvolvimento depende de diversos fatores, entre os quais se destacam a topografia local, a amplitude das marés, os níveis de energia ambiental e o aporte de água doce. São as formações dominantes nas zonas entre-marés de regiões temperadas, tendendo a ser substituídas por manguezais em áreas tropicais e subtropicais. As espécies de plantas que formam as marismas variam de região para região, sendo *Spartina alterniflora* Loisel (Poaceae) predominante no litoral do Paraná. (Lana, 2004).

A fauna benthica das marismas é fortemente afetada pela cobertura vegetal, salinidade, granulometria, grau de emersão e potencial redox do ambiente (Lana, 2004). A complexidade estrutural das marismas, composta de folhas aéreas, raízes e rizomas subterrâneos, permite a instalação de uma infauna e epifauna de hábitos sésseis ou sedentários. Tudo isto, somado às diferentes respostas exibidas por estes organismos aos impactos antrópicos (poluição, contaminação, etc), faz com que a fauna de marismas possa ser utilizada como bioindicadora de estresse ambiental.

Webb (1994) reconheceu as marismas como áreas comumente atingidas por derrames e vazamentos, por sua ocorrência nas zonas entre marés. Acentuou sua importância por protegerem as áreas costeiras de erosão e por presumidamente constituírem a base energética de vários ecossistemas estuarinos (Getter, 1984 *apud* Webb, 1994), sendo utilizadas por diversas espécies de animais de interesse comercial ou ecológico durante alguma fase de seus ciclos de vida (McHugh, 1968 *apud* Webb, 1994).

Os efeitos agudos do óleo combustível ou hidrocarbonetos em geral sobre o macrobentos, expressos por mortalidade ou fuga da área impactada, podem ser significativos, mas de curta duração. A fauna bêntica parece ser, com poucas exceções, tolerante ou resiliente a impactos por óleo nas escalas experimentais usualmente adotadas, que procuram simular pequenos vazamentos de óleo. A taxa de recolonização do macrobentos, expressa pela recuperação da densidade e número de espécies como um todo, tende a ser bastante variável, mas é raramente superior a um ou dois anos. A resposta individual das espécies é muito mais variável, sendo expressa por formas presumidamente não afetadas até formas que podem levar anos para retornar aos níveis populacionais pré-impacto (Faraco, 1999).

As respostas da fauna afetada variam em função das diferentes substâncias que a contaminam. Os óleos combustíveis são formados por um complexo de compostos mais ou menos impactantes. Óleos leves, como o diesel, são degradados mais rapidamente que os mais pesados, ocorrendo evaporação, lavagem do ambiente e degradação microbial (Burns & Codi, 1998). Possuem um rápido efeito letal para fauna e flora, atuando como herbicidas para as plantas (Webb, 1994). Já os óleos pesados, como o bunker, em geral cobrem a superfície fazendo com que a respiração e a fotossíntese sejam bloqueadas. São compostos de difícil eliminação do ambiente, levando à contaminação crônica, já que ficam disponíveis por um período maior, sendo liberados em pequenas frações (Webb, 1994). Uma consequência secundária da contaminação por óleo, com efeitos reais ou potenciais para a fauna bêntica, é a elevação da temperatura média do solo, particularmente evidente em áreas de manguezais e marismas (Boer, 1996 apud Faraco, 1999).

Muitas análises dos impactos de óleo sobre o macrobentos ou sobre associações animais ou vegetais foram realizadas após derrames acidentais, consistindo basicamente na descrição dos padrões biológicos observados após as perturbações e sua eventual comparação com áreas não impactadas (Sanders *et al.*, 1980). Uma alternativa a estudos descritivos desta natureza é a simulação experimental de campo ou laboratório, em micro ou meso-escala. Tais experimentos devem ser necessariamente regidos pela ética e pelo rigor científicos. Iniciativas desta natureza têm sido desenvolvidas com sucesso em diversos ambientes marinhos (Noernberg & Lana, 2003) e mesmo recomendadas por alguns dos textos mais influentes nesta área de pesquisa (SCPMEU, 1985).

Vários autores têm realizado experimentos manipulativos, a partir de simulações de derrame controladas e da análise posterior da mortalidade e dos processos de recolonização, devidamente comparados com áreas-controle não impactadas (Dutrieux *et al.*, 1989; Sanders *et al.*, 1980; Dutrieux, 1989; Martin *et al.*, 1990; Hyland *et al.*, 1990; Lana *et al.*, 1996). Em geral, os efeitos de hidrocarbonetos sobre espécies macrobênticas podem ser evidenciados por mortalidade, causada por intoxicação ou asfixia, ou ainda por manifestações subletais, com prejuízo das atividades metabólicas, mais dificilmente detectáveis no campo ou laboratório.

Há poucos estudos que tratam compreensivamente da questão da poluição marinha e da poluição por óleo, em particular, ao longo da costa brasileira (Tommasi, 1987; Petrobrás, 1992; Silva *et al.*, 1997; Faraco, 1999. Silva *et al.* (1997) estudaram o efeito de derrames acidentais de petróleo sobre manguezais no litoral do estado de São Paulo.

As regiões estuarinas são particularmente vulneráveis a estes impactos, por seu caráter semi-fechado e por freqüentemente abrigarem instalações portuárias. Neste contexto, o Porto de Paranaguá, o terceiro maior do país em movimentação de cargas, se destaca pelo intenso fluxo de embarcações, principalmente de navios graneleiros e de combustíveis.

## **2 – OBJETIVO**

Este trabalho teve por objetivo desenvolver uma análise experimental dos efeitos dos óleos combustíveis diesel e bunker, ambos não intemperizados, sobre o macrobentos de uma marisma na Baía de Paranaguá, cidade de Pontal do Paraná - Paraná.

Os experimentos se basearam na simulação de derrames de óleo, sempre em pequenas escalas espaciais, e nas análises das respostas subseqüentes da fauna, com o devido controle em áreas não impactadas adjacentes, e com ênfase na análise:

- a) Dos efeitos dos óleos sobre a macrofauna, com ênfase nos processos de mortalidade, evitação e fuga;
- b) Dos efeitos em curto prazo dos óleos sobre a macrofauna bêntica, com a determinação de taxas de recolonização ou recuperação da riqueza de espécies, da densidade total e da densidade das espécies numericamente dominantes;
- c) Das espécies tolerantes ou particularmente sensíveis ao impacto.

### 3 - ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Paranaguá (25°20'S - 25°35'S/48°20' W - 48°45' W) é um sistema estuarino semi-fechado, bordejado por extensas planícies de marés colonizadas por manguezais e marismas. Próximo às suas barras de acesso desenvolvem-se extensas praias expostas ou semi-expostas de areia fina muito selecionada. A baía possui dois eixos principais, um de orientação leste-oeste, formado pelas Baías de Paranaguá propriamente dita e de Antonina e o segundo de orientação norte-sul, formado pelas Baías de Guaraqueçaba e Laranjeiras.

O clima é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes (IPARDES, 1990 *in* Netto, 1993). Valores médios de temperatura oscilam entre 14,8° C no inverno e 29,6° C no verão. A estação mais chuvosa é o verão; a precipitação média anual, entre 1975 e 1984, foi de 2248 mm e a umidade relativa do ar de 80 %. As marés locais, com amplitudes de sizígia em torno de 2 metros, são caracterizadas por desigualdades diurnas e padrões semi-diurnos durante as máximas.

O estudo foi conduzido em uma marisma localizada no setor euhalino da baía, entre o Rio Bagaçu e uma marina conhecida popularmente como “Marina nova” (figura 1). Possui uma extensão aproximada de 100 metros por uma largura de aproximadamente 10 metros (distância definida pela existência de *Spartina alterniflora*).



Figura 1 - Área de estudo, com localização da marisma estudada, no setor euhalino da Baía de Paranaguá.

#### 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem experimental utilizou óleo do tipo diesel (tratamento 1) e óleo bunker MF180 – Marine Fuel 180 (tratamento 2), ambos não intemperizados.

O experimento foi do tipo agudo, não cumulativo, com a simulação de um impacto único nas áreas selecionadas, seguido pelo acompanhamento das respostas biológicas nas áreas impactadas e na área controle, em escalas temporais pré-determinadas e discriminadas a seguir.

Foram definidos 3 blocos, dois de tratamento experimental e um controle. O planejamento em blocos procura evitar uma possível contaminação da área controle pelos tratamentos experimentais, devido à provável dispersão do óleo pela ação da maré. Os blocos foram posicionados paralelos à linha de costa na região entre marés, distando 11 metros entre si. Cada bloco foi formado por 33 quadrats de 1 m<sup>2</sup> cada, dispostos em 3 fileiras, cada uma com 11 quadrats, separadas por uma área de circulação com 0,5 m de largura (Figura 2). Esta área de passagem foi incluída no desenho experimental para evitar o indesejável “pisoteio” das áreas experimentais ou controle.

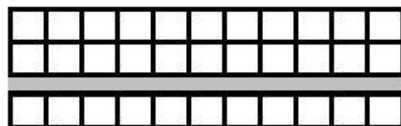


Figura 2 – Bloco

No centro de cada quadrat dos blocos experimentais foi feito o derrame experimental de óleo em uma área delimitada por um corer de 25 cm de diâmetro (Figura 3). A quantidade derramada foi de 150 ml por quadrat, em uma proporção de 3 L/m<sup>2</sup>; essa quantidade foi definida a partir de análise crítica de trabalho anterior de Faraco (1999), que em experimento semelhante, em manguezal, utilizou 50 ml de óleo, não registrando em geral impactos significativos ou respostas imediatas da fauna. Os corers foram retirados 30 minutos após o derrame, tempo julgado suficiente para sua percolação e absorção pelo sedimento.

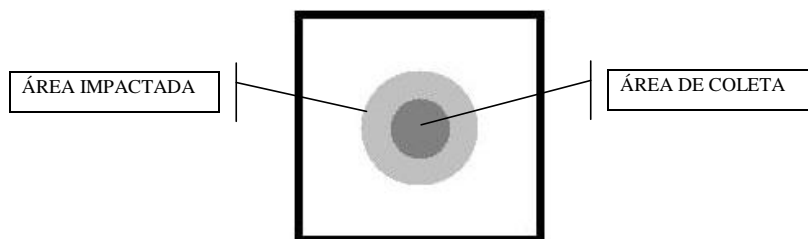


Figura 3 – Quadrat e as áreas impactadas e coletadas.

Para a amostragem biológica e análise das respostas da biota ao derrame experimental, foram realizadas coletas em 11 períodos sucessivos, adotando uma estratégia do tipo BACI (Before and After/Control and Impact). Em cada coleta foram escolhidos aleatoriamente e amostrados três quadrats por tratamento, ou seja, tomadas três réplicas por bloco experimental e no controle, a cada dia de amostragem.

Os dias de coleta foram definidos segundo o cronograma abaixo:

DIAS DE COLETA	ANTES				IMPACTO	DEPOIS						
	-8	-4	-2	-1		1	2	4	8	16	32	64

Para as coletas, foram utilizados corers de PVC de 10 cm de diâmetro por 5 cm de altura, tomados no centro das áreas impactadas (Figura 3).

Em campo, cada amostra coletada foi inicialmente acondicionada em embalagem plástica etiquetada. Em laboratório, foram triadas através de peneiras de 0,5 mm, fixadas em formol a 4 % e armazenadas em álcool a 70 % corado com Rosa de Bengala para facilitar a visualização da macrofauna bêntica.

Os espécimes foram identificados até o menor nível taxonômico possível. A classificação e quantificação das espécies ou morfotipos permitiu o cálculo da riqueza de espécies, da densidade total da macrofauna e das densidades populacionais das espécies numericamente dominantes.

Os dados foram analisados estatisticamente pelo pacote estatístico PRIMER 5, utilizando análises multivariadas. Estas requerem o uso de índices de similaridade determinantes das relações entre os pares de amostras. O índice utilizado foi o de Bray-Curtis (Field et al, 1982). As ferramentas estatísticas utilizadas foram:



- MDS (análise de proximidade ou de escalonamento multidimensional) – Esta análise procura representar espacialmente a maior ou menor similaridade entre categorias ou atributos, espacializando graficamente os índices de similaridade. A fidelidade da representação gráfica dos índices de similaridade da matriz é obtida através do valor de *stress* da análise. Segundo Clarke & Warwick (1994), valores de stress até 0,1 indicam uma ótima representação das distâncias, entre 0,1 e 0,2, evidenciam um certo grau de distorção das distâncias, e acima de 0,2 representa uma visualização pobre e deficiente para explicar os dados.
- ANOSIM – Análise de Similaridade - Calcula a diferença estatística entre dois grupos, feita aos pares, a partir da probabilidade da ocorrência ao acaso desses grupos e definida pelo nível de significância estatística (0-100%). Fornece também a estatística R, com valores entre -1 e 1. Valores próximos a 0 (zero) indicam incapacidade de separar grupos, próximos a 1 indicam grupos distintos, e negativos indicam falta de coerência nos dados.
- SIMPER – Percentuais de similaridade - Determina os táxons que mais contribuíram para a separação dos grupos do MDS confirmados pelo ANOSIM. Para esta análise, foi utilizada uma transformação do tipo “Raiz quadrada” e excluídos os táxons menos abundantes (Cut-off percentege – 90).
- MVDISP – Dispersão multivariada – Mede o índice de dispersão entre as réplicas de cada grupo. Para esse trabalho, teríamos como resultado da análise o fator de dispersão para cada grupo, com valores maiores indicando maior dispersão entre as réplicas, e a comparação pareada entre os dois grupos (IMD), que varia de -1 a +1.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 - ANALISANDO A SIMILARIDADE ENTRE OS BLOCOS EXPERIMENTAIS: PRÉ-REQUISITO PARA ANÁLISES COMPARATIVAS

A similaridade entre os blocos experimentais deve ser cuidadosamente analisada nos períodos anteriores ao impacto, como pré-requisito para quaisquer análises comparativas *a posteriori*. Caso os blocos sejam semelhantes, o tratamento CONTROLE poderá ser utilizado como referência após o impacto (tratamento por óleo ou bunker). Caso não haja um valor de similaridade significativo, só poderão ser avaliados os períodos antes e após o impacto nos blocos de tratamento isolados (BACI – Before and After/Control and Impact).

De fato, os blocos experimentais não se mostraram similares, mesmo antes do impacto experimental ( $R=0,304$ ;  $p=0,001$ ), sendo o bloco DIESEL o mais distinto dos demais. Estas diferenças podem ser graficamente visualizadas através de uma análise de proximidade (figura 4).

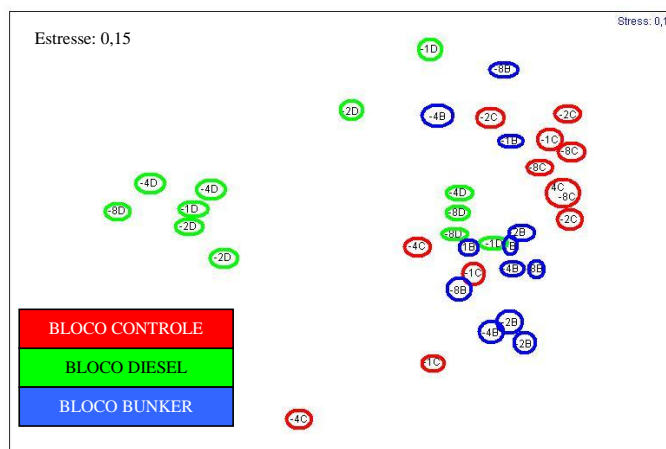


Figura 4 - Análise de proximidade dos blocos experimentais no período anterior ao impacto.

As marcadas diferenças entre blocos, mesmo muito próximos uns dos outros, estão certamente relacionadas com a distribuição da gramínea *Spartina alterniflora* em cada um. A ocorrência e a densidade das touceiras de *Spartina* são muito variáveis, o

que certamente afeta a distribuição e densidade da fauna associada (Lana & Guiss, 1991).

Como o bloco CONTROLE não pôde ser utilizado como referência, as respostas da fauna em cada bloco de tratamento foram analisadas em separado, nas seções subseqüentes do trabalho.

## 5.2 - A VARIABILIDADE TEMPORAL “NATURAL” DA INFAUNA LOCAL: TENDENCIAS DE VARIAÇÃO NO BLOCO CONTROLE

Variações temporais naturais das populações bênticas (por recrutamento, mortalidade, imigração ou emigração) durante o experimento provocariam ruído nos dados, impedindo um adequado reconhecimento ou discriminação da variabilidade causada pelo derrame de óleo. Uma análise desta variabilidade “ natural “ pode ser conduzida através do teste de similaridade no bloco CONTROLE em todos os dias do experimento. Um alto índice de similaridade (próximo a zero) indica uma provável ausência de variabilidade temporal significativa, o que de fato foi observado. De acordo com a ANOSIM, não foi observada variação temporal ( $R=0,064$ ;  $p=0,200$ ), o que reforça a possibilidade de que eventuais variações nos blocos experimentais adjacentes tenham sido de fato causadas pelos efeitos do óleo diesel ou bunker.

## 5.3 - BLOCO BUNKER

### 5.3.1- Similaridade Interna do Bloco; Pré-requisito para a Estratégia BACI.

Uma análise de similaridade realizada sobre as amostras anteriores ao impacto, mostra que o bloco é homogêneo ( $R=0,08$ ;  $p=0,272$ ), o que minimiza a possibilidade de ruído nas amostras. Caso essa similaridade não fosse observada, a comparação dos períodos antes e após o impacto (BACI) não faria sentido.

### 5.3.2 – Analisando o Impacto

Para analisar o impacto do óleo sobre a biota, foi utilizada uma ANOSIM sendo os fatores utilizados: “A” para os dias anteriores ao impacto e DIAS para após o impacto (Tabela 1).

DIAS DE	-8	-4	-2	-1	1	2	4	8	16	32	64
FATOR	A	A	A	A	1	2	4	8	16	32	64

TABELA 1 - Fatores utilizados no bloco BUNKER.

Encontramos um alto valor de R e um p altamente significativo (R=0,575; p=0,001) o que indica que os impactos do óleo bunker sobre a biota foram significativos.

O teste MVDISP não pode ser realizado sobre estes fatores já que a macrofauna esteve ausente de duas amostras obtidas em um mesmo dia de coleta (D 8) . Este teste necessita de pelo menos duas amostras para que possa ser utilizado.

Observando os resultados da análise de proximidade (Figura 5), pode ser observada uma razoável separação entre as amostras anteriores e após o impacto. Da mesma forma, pode ser observada uma ordem seqüencial que sugere uma tendência de recuperação com o tempo.

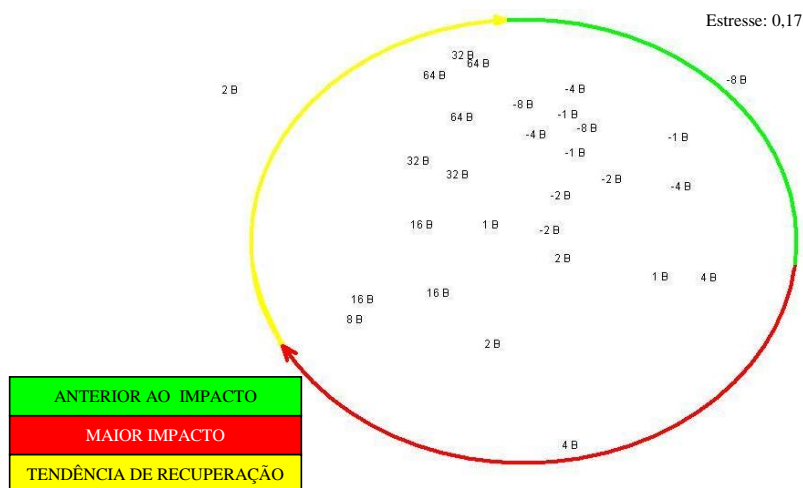


FIGURA 5 – Análise de proximidade do bloco BUNKER .

### 5.3.3 – Respostas da Macrofauna ao Impacto do Óleo Bunker

No período anterior ao impacto, observamos a predominância de poliquetas e oligoquetas, representados por 83,33 % dos táxons e 85,25 % dos indivíduos. As espécies predominantes (Tabela 2) foram *Heteromastus similis* (Southern, 1921) com 29,57 % do total, *Sigambra grubei* (Muller, 1858) com 28,85%, *Isolda pulchella* (Muller, 1858) com 14,15%, *Nereis oligohalina* (Rioja, 1946) com 9,92%, *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) com 5,75% e *Oligochaeta sp 1* (4,59 %).

Grupo B – FATOR: A (ANTES DO IMPACTO)					
Similaridade Média: 45,45					
Espécies	Ab.média	Sim.média	Sim/S	Contrib%	Cum.%
<i>Heteromastus similis</i>	8,42	13,44	1,21	29,57	29,57
<i>Sigambra grubei</i>	5,33	13,12	1,65	28,85	58,43
<i>Isolda pulchella</i>	3,00	6,43	0,96	14,15	72,58
<i>Nereis oligohalina</i>	2,58	4,51	0,77	9,92	82,50
<i>Laeonereis acuta</i>	1,00	2,62	0,66	5,75	88,25
<i>Oligochaeta sp 1</i>	3,50	2,09	0,37	4,59	92,84

Tabela 2 – SIMPER para o bloco BUNKER, antes do impacto.

O poliqueta *Heteromastus similis* foi a espécie que melhor suportou o impacto (Figura 6). Analisando a sua variabilidade temporal, verificamos que logo após o impacto, a população diminuiu significativamente, estando ausente no dia 4 mas começou a se recuperar a partir do dia 16. Ao final do experimento (dia 64) notamos um aumento significativo da população, com médias populacionais duas vezes maiores do que no período anterior ao impacto. Este padrão indica ou sugere que essa espécie se beneficiou das condições geradas pelo impacto, podendo ser considerada um estrategista “oportunistista”.

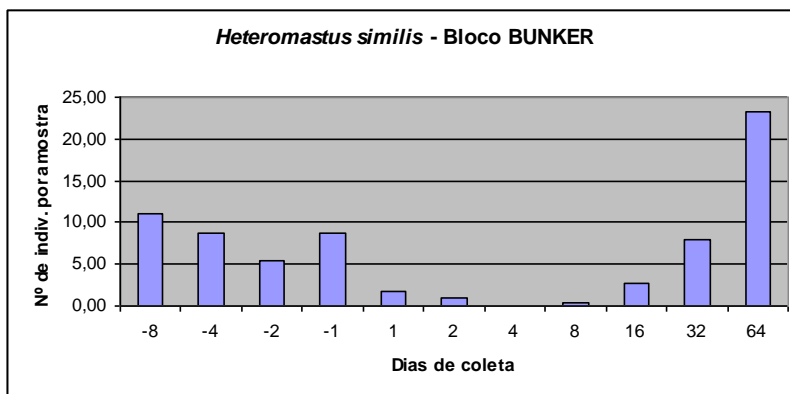


FIGURA 6 – Variabilidade média de abundância de *Heteromastus similis* antes e após o impacto experimental por óleo bunker.

Gesteira et al (2005) sugerem que este comportamento oportunista após o impacto por hidrocarbonetos aromáticos pode resultar de um aumento na população de micro-organismos que degradam essas substâncias, por sua vez utilizados como alimento pela macrofauna oportunista. Outra alteração é a redução nos níveis de oxigênio, favorecendo espécies tolerantes e que se beneficiam com esta situação. Dauvin (2000) e Blanchard et al., (2003) citam poliquetas como espécies resistentes a altos níveis de hidrocarbonetos no sedimento.

O comportamento irruptivo de espécies do gênero *Heteromastus* após contaminação por óleo não é registrado na literatura científica, mas existem vários poliquetas da família Capitellidae que apresentam comportamento oportunista após esse tipo de contaminação. Bridges et al (1994), Chung et al (2004), Daan et al. (1994) e Levin et al. (1996) observaram comportamento oportunista da espécie *Capitella* sp; Sanders (1978) e Sanders et al (1980) e Chung et al (2004) observaram respostas semelhantes de *Mediomastus ambiseta*.

Chung et al (2004) registraram aumentos significativos na abundância da espécie *Capitella* sp após derrames de óleo. O comportamento descrito por estes autores foi muito semelhante ao observado no presente experimento, com períodos de queda populacional no início do impacto seguido de um aumento significativo. Aproximadamente 60 dias após o impacto, a população dessa espécie era muito maior que a observada anteriormente ao impacto.

O poliqueta *Laeonereis acuta* mostrou-se sensível ao impacto, com elevada taxa de mortalidade e desaparecimento até o dia 16. Após esse período observou-se um período de recuperação, com a abundância média da espécie no final do experimento cerca de 80 % superior àquela do início (figura 7).

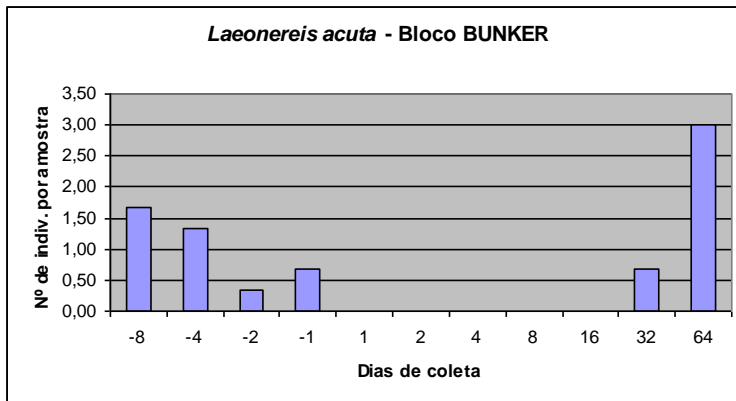


FIGURA 7 – Variabilidade temporal da abundância média de *Laeonereis acuta* antes e após o impacto por óleo bunker.

As espécies *Nereis oligohalina* e *Oligochaeta* sp 1 foram muito afetadas, não se observando recuperação durante o experimento. A espécie *Sigambra grubei* mostrou uma certa tolerância no início do impacto, mas foi excluída a partir do dia 4, não sendo observada recuperação posterior. A espécie *Isolda pulchella* se mostrou resistente apenas no primeiro dia após o impacto, sendo excluída após este dia e também não se observando qualquer recuperação posterior (figura 8).

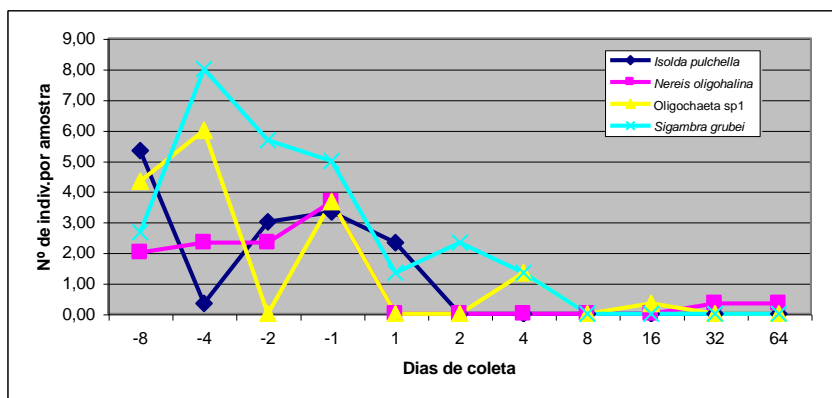


FIGURA 8 – Variabilidade temporal na abundância de *Sigambra grubei*, *Oligochaeta sp1*, *Nereis oligohalina* e *Isolda pulchella* após o impacto experimental por óleo bunker.

## 5.4 - BLOCO DIESEL

### 5.4.1- Similaridade do Bloco

De acordo com a ANOSIM, o bloco não pode ser considerado homogêneo ( $R=0,188$ ;  $p=0,853$ ). Dois graves problemas analíticos ocorreram, o valor negativo de R que indica falta de coerência entre os dados e a baixa significância de p. Esses valores podem ser reflexo de um bloco com várias “manchas” populacionais, fazendo com que diferenças faunísticas significativas fossem observadas mesmo em uma pequena escala espacial. Isso pode ser exemplificado analisando-se a abundância do táxon *Sphaeromatidae* sp 1, com uma grande discrepância de valores entre amostras próximas (Tabela 3).

<i>Sphaeromatidae</i> sp 1	Dias de coleta	-8	-8	-8	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1	-1	-1
	Nº de indivíduos	94	0	0	77	93	0	54	4	40	45	0	0

Tabela 3 – Abundância de *Sphaeromatidae* sp nas amostras anteriores ao impacto no bloco DIESEL.

A falta de similaridade interna não permitiu a aplicação de análises estatísticas a posteriori, embora permaneça válida a apresentação descritiva da variabilidade da fauna, tratada na seção a seguir.

### 5.4.2 – A Resposta da Macrofauna ao Derrame de Óleo Diesel

Nas amostras anteriores ao impacto, houve uma predominância de poliquetas com 50 % dos táxons e 31,54 % dos indivíduos. As espécies predominantes (tabela 4) foram *Sphaeromatidae* sp1 (47,35%), *Heteromastus similis* (13,86%), *Nereis oligohalina* (8,49%) e *Isolda pulchella* (5,20%).

Group A					
Similaridade média: 29,60					
Espécies	Abund.média	Sim.média	Sim/S	Contrib%	Cum.%
<i>Sphaeromatidae</i> sp 1	33,92	14,02	0,59	47,35	47,35
<i>Heteromastus similis</i>	3,50	4,10	0,74	13,86	61,22
<i>Nereis oligohalina</i>	1,58	2,51	0,50	8,49	69,71
<i>Isolda pulchella</i>	1,67	1,54	0,39	5,20	74,90
<i>Uca</i> sp	0,83	1,36	0,41	4,61	79,51
<i>Perinereis</i> sp	0,58	1,18	0,42	3,99	83,50
Bivalvia sp 3	0,75	1,15	0,42	3,89	87,40
Oligochaeta sp 1	1,42	0,91	0,28	3,08	90,48

Tabela 4 - SIMPER do bloco DIESEL anterior ao impacto.



Os táxons Sphaeromatidae sp 1 e *Heteromastus similis*, não desapareceram com o impacto mas houve uma queda significativa na abundância sem exclusão total ou respostas oportunistas posteriores.

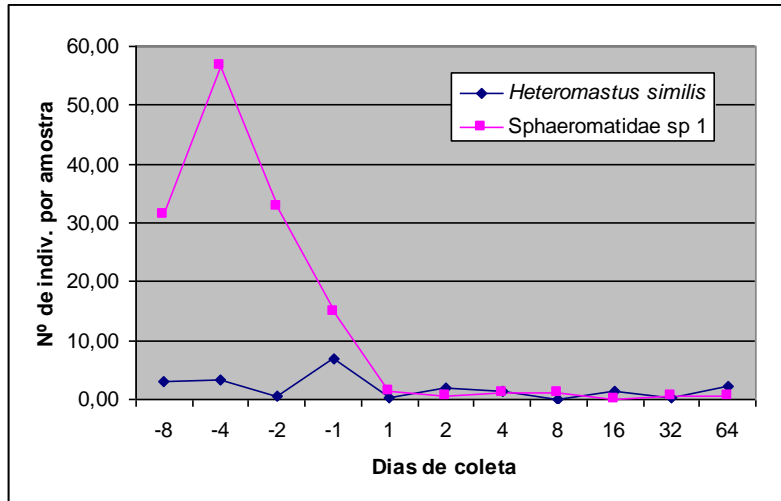


FIGURA 9 – Variações na abundância média de *Heteromastus similis* e Sphaeromatidae sp 1 no tratamento com óleo DIESEL.

As espécies *Nereis oligohalina*, *Isolda pulchella* e *Oligochaeta* sp 1 se mostraram muito sensíveis ao óleo diesel, não se observando qualquer tendência de recuperação durante o experimento. Já o poliqueta *Perinereis* sp apresentou uma discreta recuperação ao final do experimento (dia 64), embora tivesse sido excluída nos dias imediatamente posteriores ao impacto (figura 10).

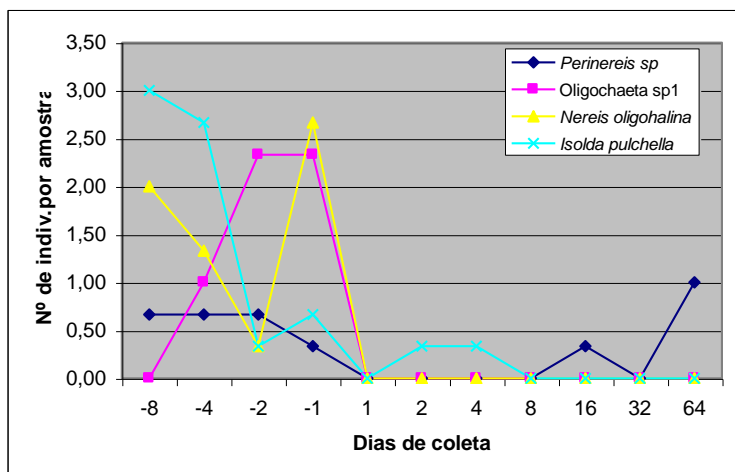


FIGURA 10 – Variabilidade da abundância de *Perinereis* sp, *Oligochaeta* sp1, *Nereis oligohalina* e *Isolda pulchella* no tratamento com óleo DIESEL.

## 5.5 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS TENDÊNCIAS

Para análises comparativas qualitativas das tendências de resposta do macrobentos, utilizaremos como base as variáveis “riqueza de espécies” e “abundância de indivíduos” em todos os blocos.

### 5.5.1 – Riqueza de Espécies

No experimento foi registrado um total de 46 táxons distribuídos entre poliquetas, oligoquetas, bivalves, gastrópodes, anfípodas, demais crustáceos e insetos (Anexos).

Os efeitos do impacto do óleo sobre a riqueza de espécies foram muito evidentes tanto no experimento com óleo bunker como no experimento com diesel, com uma marcada queda do número médio de espécies em todos os blocos experimentais (figura 11). Nesses blocos, a tendência de recuperação da comunidade macrobêntica local também pode ser vista, com um progressivo aumento do número médio de espécies 8 dias após o impacto experimental. Isso nos mostra que o período mais impactante à biota se restringiu aos oito primeiros dias dos experimentos.

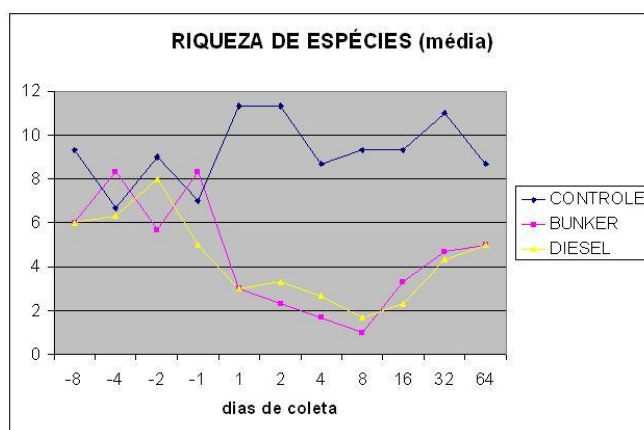


FIGURA 11 – Variabilidade temporal da riqueza de espécies nos blocos experimentais e no controle

A resposta da comunidade foi muito semelhante em ambos os tratamentos. Esta resposta não era esperada, devido às distintas características químicas e ecotoxicológicas dos óleos diesel e bunker. Esperava-se uma maior taxa de mortalidade no tratamento com diesel, como registrado por Faraco & Lana (2003) em ambientes de manguezal, logo após o impacto. Esperava-se também que a recuperação da fauna fosse mais rápida no tratamento com diesel devido a alta taxa de volatilidade e maior velocidade de degradação desse óleo, o que na prática não foi observado. Por outro lado, as respostas da fauna ao tratamento com bunker corresponderam ao esperado.

Foi registrado um evidente aumento no número de espécies no bloco CONTROLE logo após o impacto. Uma primeira idéia para explicar este padrão inesperado seria considerar que as áreas não contaminadas do bloco CONTROLE, tivessem sido usadas como refúgio para organismos das áreas impactadas adjacentes. No entanto, uma análise mais cuidadosa dos táxons que mais contribuíram para este aumento, caso dos bivalves e gastrópodes, descarta esta possibilidade, devido ao fato de que esses animais são, em sua maioria, sésseis.

#### 5.5.2 - Abundância de Indivíduos

Foi registrada uma marcada queda na abundância média dos indivíduos em ambos os tratamentos logo após o impacto e uma tendência de recuperação ao final do experimento (Figura 12). Esta tendência se mostrou mais expressiva no bloco BUNKER, no qual a abundância média da macrofauna ao final do experimento foi muito semelhante àquela do início, principalmente por causa das espécies oportunistas *Heteromastus similis* e *Laonereis acuta*. Já no bloco DIESEL, foi observada uma recuperação mais lenta, com valores de abundância ao final do experimento muito menores que os iniciais.

Observou-se um aumento considerável da abundância média do tratamento controle nos dias 32 e 64, devido ao aumento populacional do poliqueta *Polydora socialis*. Esta espécie não foi registrada, de forma significativa nos outros blocos experimentais, o que sugere que o aumento não teve relação direta com o impacto. Isto

reforça a constatação anterior de que o bloco controle não tenha sido de fato utilizado como refúgio.

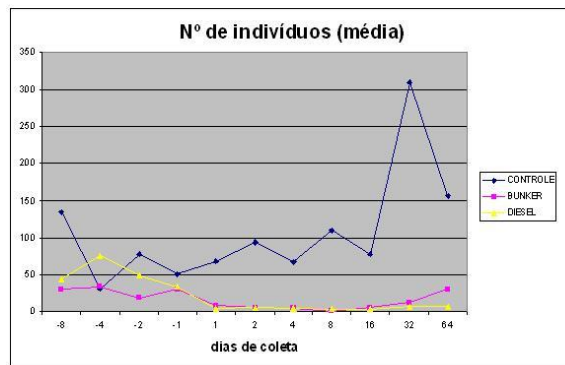


FIGURA 12 – Variabilidade na abundância média da macrofauna nos blocos experimentais e controle.

## 6 – CONCLUSÕES

A escolha por um delineamento amostral com três blocos distintos e equidistantes (Controle, Diesel e Bunker) mostrou-se eficaz, pois não foi observada contaminação no bloco CONTROLE pelo óleo dos tratamentos. Por outro lado, a estratégia de amostragem antes e após o impacto (BACI) e a utilização de um bloco CONTROLE mostrou-se parcialmente adequada. A ausência de similaridade entre blocos antes do impacto experimental prejudicou a análise comparativa, mas a análise isolada das respostas faunísticas em cada bloco permitiu o reconhecimento de tendências significativas.

Em ambos os blocos experimentais, o impacto por óleo fez com que a riqueza de espécies e a abundância total da macrofauna diminuíssem e chegassem próximo a zero em alguns períodos.

Os períodos de maior impacto restringiram-se aos oito primeiros dias após o derrame experimental, registrando-se a partir daí uma progressiva recuperação da fauna, embora algumas espécies, mais vulneráveis ou sensíveis, permanecessem excluídas do local. Neste contexto, espécies que podem eventualmente ser tratadas como bioindicadores de perturbações por óleo no bloco BUNKER foram *Heteromastus similis* e *Laeonereis acuta* por serem considerados estrategistas oportunistas, e *Isolda pulchella* por exclusão. Para o bloco DIESEL, *Heteromastus similis* e Sphaeromatidae sp 1 não desapareceram com o impacto mas houve uma queda significativa na abundância sem exclusão total ou respostas oportunistas posteriores, *Oligochaeta* sp 1 e *Nereis oligohalina* por exclusão.

Este trabalho vem ressaltar a importância da realização de estudos experimentais em pequenas escalas espaciais e temporais, na tentativa de identificar espécies macrobênticas que possam servir de indicadores biológicos confiáveis na eventualidade de derrames de óleo em regiões estuarinas. A importância do conhecimento prévio da área é enfatizada, na medida em que ações mitigadoras de acidentes envolvendo hidrocarbonetos poderão ter sua eficiência ampliada e seus custos reduzidos.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCHARD, A.L.; FEDER, H.M; SHAW, D.G. Variations in benthic fauna underneath an effluent mixing zone at a marine oil terminal in Port Valdez, Alaska. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 1583–1589, 2003.
- BOEER, B. Increased soil temperatures in salt marshes and mangroves after the 1991 Gulf War oil spill. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 5, p. 442-447, 1996.
- BRIDGES, T. S.; LEVIN, L. A.; CABRERA, D.; PLAIA, G. Effects of sediment amended with sewage, algae, or hydrocarbons on growth and reproduction in two opportunistic polychaetes. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 177 (1), p. 99-119, 1994.
- BURNS, K.A.; CODI, S. Contrasting impacts of localised versus catastrophic oil spills in mangrove sediments. **Mangroves and Salt Marshes**, v. 2, p. 63-74, 1998.
- CHUNG, I.Y.; CHO, K.; HIRAOKA, K.; MUKAI, T.; NISHIJIMA, W.; TAKIMOTO, K.; OKADA, M. Effects of oil spill on seawater infiltration and macrobenthic community in tidal flats. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49(11-12), p. 959-963, 2004.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. **Plymouth Marine Laboratory, Plymouth**, 1994.
- D'AMICO, Rodrigo. **Buque chileno "Vicuña" estalló en Brasil**, 16/11/2004. DIÁRIO - EL LÍDER SAN ANTONIO. Disponível em: <[http://www.lidersanantonio.cl/prontus4\\_notas/antialone.html?page=http://www.lidersanantonio.cl/prontus4\\_noticia/site/artic/20041116/pags/20041116025838.html](http://www.lidersanantonio.cl/prontus4_notas/antialone.html?page=http://www.lidersanantonio.cl/prontus4_noticia/site/artic/20041116/pags/20041116025838.html)>. Acesso em: 30/03/2005.
- DAAN, R.; MULDER, M.; LEEUWEN, A.V. Differential sensitivity of macrobenthic species to discharges of oil contaminated drill cuttings in the North Sea. **Netherlands Journal of Sea Research**, v. 33 (1), p. 113-127, 1994.
- DAUVIN, J.C. The muddy fine sand *Abra alba* - *Melinna palmata* community of the Bay of Morlaix twenty years after the Amoco Cadiz oil spill. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, p. 528–536, 2000.
- DUTRIEUX, E. **Approche Descriptive et Experimentale de l'impact des Hydrocarbures sur la Mangrove: le cas du Delta de la Mahakam (Borneo, Indonésie)**. Languedoc, 1989. Tese de Doutorado, Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- DUTRIEUX, E. & MARTIN, F.; GUÉLORGET, O. Oil Pollution and Polychaeta in an Estuarine Mangrove Community. **Oil & Chemical Pollution**, v. 5, p. 239-262, 1989.
- ENVIRONMENT ABOUT. Disponível em : <<http://environment.about.com/library/images/blamococadiza.htm>>. Acesso em 30/03/2005.

- EXONN VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL. Disponível em: <<http://www.evostc.state.ak.us>>. Acesso em 30/03/2005.
- FARACO, L. F. D. **Efeitos do derrame experimental de óleo diesel sobre o macrobentos de uma área de manguezal da Baía de Paranaguá (Paraná)**. Curitiba, 1999. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná.
- FIELD, J. G.; CLARKE K. R.; WARWICK R. M. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. **Marine Ecology Progress Series**, v. 8, p. 37-52, 1982.
- FURTADO, André. **Energia, economia e mercado**. Fonte: Com Ciência. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/16.shtml>> Acesso em: 30/03/2005.
- GAZETA DO POVO. **Norma é retirado das pedras da Baía de Paranaguá após 15 dias**. 03/11/2001. Disponível em: <http://tudoparana.globo.com/gazetadopovo/parana/conteudo.phtml?id=107984>. Acesso em 23/06/2005.
- GAZETA DO POVO. **Mergulhador paranaense morre após participar de inspeção ao casco**. 19/10/2001. Disponível em: <http://tudoparana.globo.com/gazetadopovo/parana/conteudo.phtml?id=106396>. Acesso em 31/03/2005.
- GERACITANO, L. A.; FALEIROS, M.; BOCCHETTI, R.; MONSERRAT, J. M. ; REGOLI, F.; BIANCHINI, A. Oxidative stress responses in two populations of *Laeonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae) after acute and chronic exposure to copper. **Marine Environmental Research**, v. 58(1), p. 1-17, 2004.
- GESTEIRA, J. L. G; DAUVIN, J. C. Impact of the Aegean Sea oil spill on the subtidal fine sand macrobenthic community of the Ares-Betanzos Ria (Northwest Spain). **Marine Environmental Research**, v. 60 (3), p. 289-316, 2005.
- GREENPEACE. **Desastre do Exxon Valdez: uma contínua história de mentiras**. 24/03/2004 . Disponível em: <[http://www.greenpeace.org.br/oceanos/?conteudo\\_id=1132&sub\\_campanha=0](http://www.greenpeace.org.br/oceanos/?conteudo_id=1132&sub_campanha=0)>. Acesso em: 30/03/2005.
- HOSTIN, L.M. **Influência de cultivos de ostras (*Crassostrea Sacco, 1897*) nas comunidades macrobênticas de um canal de maré da Baía de Guaratuba. Paraná**. Curitiba, 2003. Tese de Mestrado – Curso de Pós graduação em Ciências Biológicas, Zoologia – UFPR.
- HYLAND, J.; HARDIN D.; CRECELIUS E.; DRAKE D.; MONTAGNA P.; STEINHAEUER M. Monitoring Long-Term Effects of Offshore Oil and Gas Development Along the Southern California Outer Continental Shelf and Slope: Background Environments Conditions in the Santa Maria Basin. **Oil & Chemical Pollution**, v. 6, p. 195-240, 1990.
- LA HORA ECUADOR. **Problemas ambientales en Brasil por explosión de barco chileno**. Disponível em: <http://www.lahora.com.ec/noticiacompleta.asp?noid=299358>. Acesso em: 30/03/2005.

- LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MARINA CIVIL. **Últimas noticias sobre el Vicuña**. 18-11-2004. Disponível em: <<http://www.marinacivil.com/articulos/articulo.asp?ida=1287>>. Acesso em 30/03/2005.
- LANA, P. C.; BROGIM, R.; SANTOS, C. S. G.; PAGLIOSA, P. R. Efeitos do derrame experimental de óleo diesel sobre o macrobentos da Ilha Rasa da Cotinga (Baía de Paranaguá, Paraná). **Anais da 3ª. Reunião Especial da SBPC, Ecossistemas Costeiros**, p. 462-463, 1996.
- LANA, P.C. & GUISS, C. 1991. Influence of *Spartina alterniflora* on structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (southeastern Brazil). *Marine Ecology Progress Series*. 73: 231-244.
- LANA, P.C. A utilização dos poliquetas como indicadores de perturbações ambientais. Documento técnico não publicado. 2004.
- LEVIN, L. A.; TALLEY, D.; THAYER, G. Sucession of macrobenthos in a created saltmarsh. **Marine Ecology Progress Series**, v. 141, p. 67-82, 1996.
- MARTIN, F.; DUTRIEUX, E.; DEBRY, A. Natural recolonization of a chronically oil-polluted mangrove soil after a de-pollution process. **Ocean & Shoreline Management**, v. 14, p. 173-190, 1990.
- NETTO, S. A. **Composição, Distribuição e Variabilidade Sazonal de Macrofauna Bêntica de Marismas e Bancos Não Vegetados da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil)**. Curitiba, 1993. Tese de Mestrado em Zoologia, Universidade Federal do Paraná.
- NOERNBERG, M.A.; LANA, P.C. A sensibilidade de manguezais e marismas a impactos por óleo: fato ou mito? Uma ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas costeiros a derrames de óleo. 2003. **Geographares**, n.3, p.108-122.
- PETROBRÁS. **Diagnóstico Ambiental Oceânico e Costeiro das Regiões Sul e Sudeste do Brasil**, v. 1, p. 1-123, 1992.
- SANDERS, H.L. Florida oil spill impact on the Buzzards Bay benthic fauna: West Falmouth. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 35, p. 717-730, 1978.
- SANDERS, H. L.; GRASSLE J.F.; HAMPSON G. R.; MORSE L.S.; GARNER-PRICE S.; JONESC. C. Anatomy of an Oil Spill: Long-Term Effects From the Grounding of the Barge Florida off West Falmouth, Massachussets. **Journal of Marine Research**, v. 38, p. 265-381, 1980.
- SCPMEU. Steering Committee for the Petroleum in the Marine Environment Update. Oil in the Sea. Inputs, Fates, and Effects. **National Academy Press**, 601 páginas, 1985.

Formatado: Português (Brasil)



| SILVA, E.M.; PESO-AGUIAR, M.C.; NAVARRO, M.F.T. & CHASTINET, C.B.A.  
Impact of petroleum pollution on aquatic coastal ecosystems in Brazil.  
**Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16 (1), p. 112-118, 1997.

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

TOMMASI, L. R. **Poluição Marinha no Brasil: Síntese do Conhecimento**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, v. 5, p. 1-30, 1987.

WEBB, James W. Effects of Oil on Salt Marshes. **Symposium Proceedings: Gulf of Mexico and Caribbean Oil Spills in Coastal Ecosystems: Assessing Effects, Natural Recovery, and Progress in Remediation Research**, p. 14-15, 1994.