

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

EFEITOS DO PETRÓLEO SOBRE A ASSOCIAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA PRAIA DO CASSINO, EXTREMO SUL DO BRASIL

Michel Steinmetz Gandra, Carlos Emílio Bemvenuti, Luciana Garcia Angonesi, Leonir André Colling, Everton Pederzolli, Lice Fronza

Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, Km 8. Rio Grande/RS
michel_gandra@yahoo.com.br

Resumo – O consumo mundial de petróleo e seus derivados apresentam um grande crescimento nas últimas décadas, tendo sido acompanhado por um aumento da produção marinha de óleo, do transporte marítimo destes produtos e da transferência e estocagem em zonas costeiras. As associações de macroinvertebrados bentônicos da zona intermareal das praias arenosas possuem uma grande complexidade ecológica, sendo o principal elo trófico entre o estoque composto pelo fitoplâncton e material detrítico, e os consumidores de níveis superiores. Qualquer distúrbio antrópico, como um derrame de petróleo, sobre estas associações pode desencadear alterações em todos os seus níveis tróficos. Devido a sua natureza sedentária, seus longos ciclos de vida, tornam os organismos benthicos apropriados para trabalhos de avaliação de impactos e monitoramento de regiões costeiras. Devido a isso, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos do óleo sobre os macroinvertebrados bentônicos através de uma simulação de um derrame de óleo na região costeira da praia do Cassino - Rio Grande / RS. Os resultados mostraram que a fauna benthica parece ser, com poucas exceções, tolerante ou resiliente a impactos por óleo nas escalas experimentais usualmente adotadas, que procuram simular pequenos vazamentos de óleo.

Palavras-Chave: macroinvertebrados bentônicos; óleo; praia

Abstract – The world's petroleum and the consumption of its products have grown considerably over the past couple of decades. There has been a corresponding increase in sea oil production and maritime transportation, as well as the transfer-deposit in coastal zones, of petroleum products. The benthic marine organisms in the sand beach intertidal zone have a great ecologic complexity, being a major trophic link between the phytoplankton, organic detritus and the higher trophic levels. Any anthropogenic disturbance that affects these organisms, such as an oil spill can cause changes in all trophic levels of coastal communities. Due to their sedentary nature and the long life cycle, the marine benthic invertebrates are considered good instruments for assessing environmental impacts and for coastal zone monitoring. Therefore, this study aims to evaluate the effects of oil on marine macrobenthic invertebrates by means of an oil spill simulation in the Cassino beach intertidal zone (RS - Brazil). The results showed that the benthic fauna seems to be, with a few exceptions, tolerant or resilient to oil impacts in the adopted experiment scales, which aimed to reflect a small oil spill.

Keywords: benthic invertebrates, oil, beach

1. Introdução

As regiões costeiras são particularmente sensíveis a derramamentos por petróleo, devido aos vazamentos acidentais causados pelo manejo inadequado de petroleiros, de oleodutos durante operações de carga e descarga e transporte de óleo nas regiões portuárias ou seus arredores (Hyland *et al.*, 1990). A Praia do Cassino é uma região bastante vulnerável à poluição por petróleo, por apresentar um constante trânsito do produto na área, devido à presença

de indústrias relacionadas ao setor de óleo e gás (Refinaria de Petróleo Ipiranga S.A. e Petrobrás) encontradas no Porto de Rio Grande- RS, as quais operam com refino, armazenagem e transporte desses produtos. Soma-se a isso, também, o risco encontrado no abastecimento de combustível dos navios atracados e os dutos ligados a fábricas e embarcações (Griep et al. 2001).

A análise da estrutura e dinâmica das associações de macroinvertebrados bentônicos tem sido muito útil em programas de monitoramento do efeito de poluentes (Warwick, 1986). De acordo com Lana (1992), estes organismos, que vivem dentro ou sobre o substrato refletem, com maior precisão, as condições ambientais anteriores ao momento da amostragem, quando comparados às formas que vivem na coluna d'água. A maioria das análises sobre o macrobentos são realizadas após os derrames acidentais, consistindo basicamente na descrição dos padrões biológicos observados após tais perturbações. Simulações de campo de pequena escala são uma alternativa a estudos descritivos desta natureza. O presente estudo tem como objetivo fazer uma análise experimental dos efeitos do óleo cru sobre a macrofauna bentônica em praias arenosas expostas do sul do Brasil, a fim de verificar os efeitos iniciais do óleo sobre a macrofauna, como comportamento, atividade e mortalidade e o reconhecimento das possíveis espécies sensíveis ou tolerantes ao impacto.

2. Material e Métodos

2.1. Experimento de Campo

Foram feitas duas réplicas do experimento, definidas como Experimento 1 (E1) e Experimento 2 (E2), ambas realizadas na região do mesolitoral superior da praia do Cassino (coordenadas 32° 15'642''S; 52°14'092''W), balneário do município de Rio Grande-RS.

Anterior ao início do experimento, com o intuito de simular um derramamento real, o óleo foi colocado em recipientes contendo água do mar durante 24h na proporção 1 litro de óleo para 4 litros de água marinha, a fim de intemperizá-lo. Este procedimento visou reproduzir o tempo de permanência do óleo no mar em eventos reais (entre 2 e 24h) até atingir as praias (Milanelli, 1994).

Foram definidos três tratamentos: um impactado (TI), onde foi colocado óleo dentro de artefatos; um controle sem artefato (TC); e um controle com artefato (TA), sendo que este último teve a finalidade de verificar se existiu efeito do artefato sobre a macrofauna mesmo com a ausência do óleo. Cada tratamento teve 06 réplicas, totalizando 18 amostras por experimento. Todos os tratamentos ficaram dispostos de modo aleatório e paralelamente à linha de costa. Em cada réplica do tratamento impactado (TI) foi acrescentado ½ litro de óleo intemperizado. Este óleo ficou retido em artefatos cilíndricos de PVC, devidamente alocados a fim de impedir a fuga do produto. Cada artefato possuía 30cm de diâmetro e 1 metro de altura (área 0,0660m²), os quais foram enterrados cerca de 30cm no sedimento. Os experimentos foram colocados no início da manhã e após 5 horas de exposição ao óleo, foram efetuadas amostras biológicas. Estas amostras foram peneiradas em malhas de 'nylon' de 0,3 mm de abertura, sendo tal tamanho recomendado para assegurar a retenção de um maior número de exemplares juvenis da macrofauna (Bemvenuti, 1992). Em seguida, estas amostras foram levadas "*in natura*" imediatamente para o laboratório. Depois de identificados com microscópios estereoscópio, os organismos foram separados em vivos e mortos, quantificados e suas densidades transformadas para número de indivíduos por m². Após este processo, os indivíduos foram conservados em potes plásticos em solução etanol a 70%.



Figura 1. Local onde foram desenvolvidos os experimentos, em vermelho

2.2. Análise dos Dados

O processamento dos dados granulométricos foi efetuado no software de análise estatística e textural Sysgran® 2.4 (Sistema de Análise Granulométrica). A determinação das proporções de areia, silte e argila nos sedimentos foram feitas por peneiramento de material grosseiro (diâmetro > 0,062), como proposto por Suguio (1973).

No experimento de campo, para identificar possíveis diferenças entre as densidades do macrozoobentos nos três (Controle, Controle com Artefato e Impactado) para cada espécie encontrada, os dados foram submetidos a testes de Análise de Variância (ANOVA) realizados com o auxílio do programa Statistica®. Também foram verificados os pré-requisitos para a análise de variância (Normalidade, Homocedasticidade e Relação Média-Variância). Os dados foram transformados em Log (X+1). As análises estatísticas foram feitas com os dados em percentagem. Para facilitar estas análises, somente foram incluídas as espécies registradas em, no mínimo, duas réplicas para cada tratamento.

2.3. Análise da Distribuição Vertical do Óleo

Para verificar a profundidade atingida pelo óleo nos estratos de sedimento, foram obtidas três amostras de sedimento com óleo cru (5 horas de exposição), com o auxílio de testemunhos de PVC de 25cm de comprimento e 4,5cm de diâmetro (área 0,00158m²). Estas amostras foram obtidas em cada um dos 2 experimentos de campo. Esses testemunhos foram enterrados dentro dos tubos utilizados no experimento de campo. Depois de coletados, os testemunhos foram congelados até o momento de sua abertura. Após a abertura, o sedimento foi exposto a luz ultravioleta para a detecção do óleo. O petróleo absorve a luz U.V., ficando com uma coloração próxima a um verde em tom pastel, assim, o sedimento contaminado foi facilmente identificado (Demore, 2001).

2.4. Experimento de Análise de Hidrocarbonetos Alifáticos

Também foi feita uma simulação de derrame de petróleo em laboratório com o intuito de verificar, ao longo de um determinado tempo, o comportamento dos hidrocarbonetos alifáticos, através da verificação da variação de suas concentrações. É fundamental conhecer quais os compostos de hidrocarbonetos que estão atuando sobre os macroinvertebrados bentônicos ao longo do tempo de um derrame de petróleo, e relacionar com a resposta que o organismo está apresentando quando exposta ao derrame, seja por modificações no comportamento ou mesmo pela morte desta espécie (Kennish, 1996).

Para a simulação deste derrame, foram utilizados quatro aquários com 28,5 cm de comprimento, 28,5 cm de largura e 25 cm de altura, totalizando um volume de 20 litros. Cada aquário foi preenchido com aproximadamente metade do volume com sedimento, proveniente da praia do Cassino e, em seguida, foi adicionada água marinha até 5 cm acima do nível de sedimento. Cada aquário recebeu 575 mL de petróleo sendo submetido a diferentes tempos de exposição: 5h, 24h e 48h, além do tempo zero, que serviu como referência. O volume de óleo utilizado mantém a mesma proporção da simulação do derrame desenvolvida em campo. Para evitar contaminação por hidrocarbonetos, as amostras foram coletadas com colher de alumínio, limpa com n-Exano. As amostras foram acondicionadas em bandejas de alumínio, previamente limpas e calcinadas em forno mufla a 400°C durante 4 horas a fim de garantir a não contaminação por compostos orgânicos, sendo mantidas sob refrigeração até o momento da extração.

Os resultados das concentrações de hidrocarbonetos alifáticos foram obtidos através de cromatografia gasosa. A cromatografia, em resumo, é um processo físico-químico de separação dos constituintes de uma amostra (Rocha, 2002). Os hidrocarbonetos foram extraídos no Laboratório de Oceanografia Geológica da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, e as leituras cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Cromatografia do Departamento de Química Orgânica do Instituto de Química e Geociências da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

3. Resultados

3.1. Experimento de Campo

3.1.1. Parâmetros Abióticos

Os dados de salinidade, temperatura da água e do ar, além da direção e intensidade do vento encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. valores das variáveis ambientais encontrados nos experimentos 1 e 2

Variável	Experimento 1	Experimento 2
Salinidade	28	26
Direção do Vento	Sudeste	Nordeste
Intensidade do Vento	8/ms	7m/s
Temperatura Água	25°C	25°C
Temperatura do Ar	27°C	26°C

As análises granulométricas mostraram que o tamanho de grão que caracterizou as amostras foi areia fina a média. Os teores de matéria orgânica foram menores que 1% em todos os experimentos (Tabela 2).

Tabela 2. Granulometria e matéria orgânica do sedimento encontrados nos experimentos 1 e 2

Tamanho do Grão (%)				Matéria Orgânica (%)
Areia				
Experimento	média	Fina	Muito Fina	
E1	13,997	77,907	7,847	0,92
E2	11,523	77,353	10,587	0,35

3.2. Detecção da profundidade atingida pelo óleo

Houve pouca penetração do óleo no sedimento. Esta penetração variou de 2cm (Experimento 1) a um máximo de 5cm de profundidade no Experimento 2

3.3. Experimento de Análise de Hidrocarbonetos Alifáticos

Nos cromatogramas foram detectados compostos no intervalo entre C13 e C36, não detectando os compostos de cadeias menores provavelmente devido ao processo de intemperização prévia.

Foi verificado que as alturas dos picos dos cromatogramas diminuíram com o tempo das amostragens, indicando que a concentração dos compostos também diminuiu, uma vez que a área do pico está diretamente relacionada a este fator. Este decaimento das concentrações também é confirmado através da variação do somatório dos hidrocarbonetos estudados. Considerou-se a concentração obtida no tempo zero equivalente a 100%. No tempo 5h, observa-se um decaimento de 61,52% dos hidrocarbonetos, e após 24 horas, este decaimento atingiu 77,13%, chegando a totalizar uma redução de 89% no tempo 48 horas.

Observou-se um maior decaimento na concentração dos compostos de tamanho intermediário, de C13 a C16, demonstrando maior suscetibilidade aos processos de intemperização. Com relação aos compostos de cadeias carbônicas maiores (C17 a C28) o decaimento apresentou-se muito semelhante e provavelmente eles respondam da mesma forma aos processos de intemperização sofridos, independentemente do seu tamanho.

3.4. Parâmetros Biológicos

3.4.1. Experimento 1

O poliqueta *Euzonus furciferus* representou 44% dos organismos encontrados, seguido pelo anfípode *Platyschnopidae* com 25%. Foram amostradas 10 espécies da macrofauna, compostas por Amphipoda (04), Decapoda (01), Isopoda (01), Mollusca (02) e Polychaeta (02). Foi encontrado um total de 11.855 ind./m², com 2.638 ind./m² no tratamento TC, 3.964 ind./m² no tratamento TA e 5.253 ind./m² no tratamento TI. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos TC, TA, e TI para as espécies mais abundantes encontradas neste experimento (ANOVA - $p < 0,05$) (Figura 2).

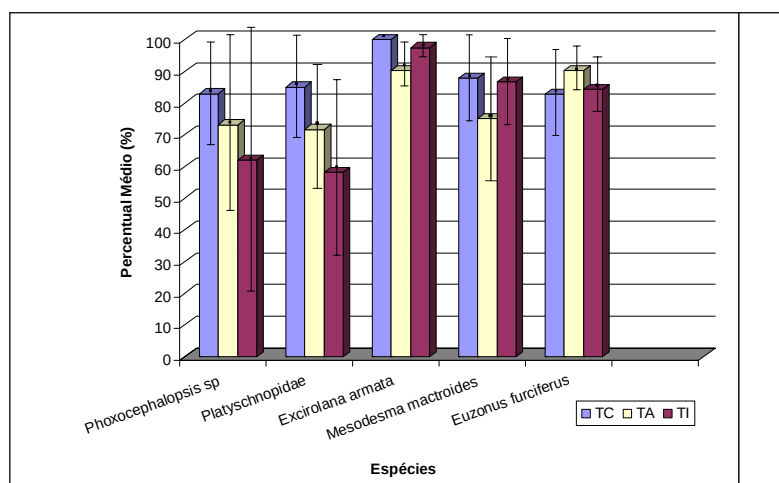


Figura 2: Percentual médio de organismos vivos das espécies mais abundantes no experimento 2, encontrados nos tratamentos controle (TC), artefato (TA) e impactado (TI)

3.4.2. Experimento 2

Este experimento foi dominado pelo isópode *Excirolana armata* (52%) e pelo poliqueta *Euzonus furciferus*, com 44% do total de organismos. Foram encontradas 07 espécies da macrofauna, constituídas por 01 espécie de Amphipoda, 01 de Decapoda, 01 de Isopoda, 02 de Mollusca e 02 de Polychaeta. A densidade total de organismos foi 8.602 ind./m², sendo 4.105 ind./m² no tratamento TC, 2.666 ind./m² no tratamento TA e 1.831 ind./m² no tratamento TI.

Não foi encontrada diferença significativa na mortalidade para as duas espécies mais representativas deste experimento: *Excirolana armata* e *Euzonus furciferus* ($p < 0,05$) (Figura 3).

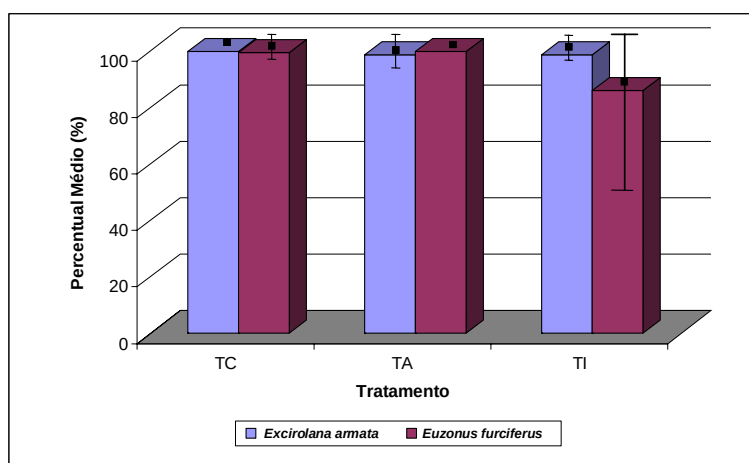


Figura 3: Percentual médio de organismos vivos das espécies de *Excirolana armata* e *Euzonus furciferus* encontrados nos tratamentos controle (TC), artefato (TA) e impactado (TI)

4. Discussão

De acordo com os resultados apresentados, o que podemos observar, é que não houve diferença significativa entre os tratamentos TC, TA, e TI (ANOVA - $p < 0,05$). Apesar de não ter sido observado efeito prejudicial significativo do óleo sobre os organismos macrobentônicos, foi possível identificar uma tendência de um maior percentual de anfípodes mortos na área impactada (TI), particularmente nas espécies de *Platyschnopidae* e *Phoxocephalopsis sp.* Diversos autores registram também efeitos negativos do óleo em anfípodes, como os trabalhos de Sanders et al. (1980), Jewett et al. (1999) e Gesteira & Dauvin (2000), onde os autores verificaram impactos negativos evidentes nestes organismos, especialmente na família *Phoxocephalidae* e na espécie *Ampelisca sp.*, enquanto que Nikitik & Robinson (2003) consideram o grupo como um bom indicador da poluição por óleo.

Outra espécie que também apresentou tendência de uma maior mortalidade nos experimentos de campo no TI foi o molusco *Mesodesma mactroides*. Os bivalvos suspensívoros, no qual faz parte *M. mactroides*, geralmente dominam as praias arenosas (McLachlan, 1983). Um derrame de óleo de grandes proporções pode dizimar populações inteiras de moluscos rapidamente através do entupimento das brânquias nos suspensívoros, levando a asfixia (Nybbaken, 1993, NRC, 2003).

Também foi observado que o poliqueta *Euzonus furciferus* apresentou resistência aos efeitos do óleo. Os poliquetas, de uma maneira em geral, parecem ter resistência a altos níveis de hidrocarbonetos no sedimento (Gesteira & Dauvin, 2000), sendo que algumas espécies podem até se beneficiar com a presença do contaminante, como é o caso do oportunista do gênero *Capitella* (Hutchings, 1998). Uma das hipóteses da ausência do efeito do óleo sobre *E. furciferus* seria a profundidade que a mesma se encontra. Nossos estudos mostraram que esta espécie prefere estratos mais profundos, em torno de 10cm (observação pessoal). Nesta profundidade não houve a penetração do óleo. Os experimentos da detecção da profundidade atingida pelo óleo através da exposição à radiação ultravioleta mostraram que o máximo de profundidade que o óleo atingiu foi de 5cm no sedimento. McLachlan & Harty (1982) também verificaram a baixa penetração do óleo em praias de areia fina, não ultrapassando 5cm no sedimento. Sedimentos de areia fina, característicos da praia do Cassino (Figueredo, 2005), possuem uma capacidade de retenção do óleo na superfície do sedimento maior do que em praias com granulometria grosseira, ou seja, quanto mais fino o sedimento, maior será a capacidade de reter os contaminantes na superfície (Yen, 1977)..

A variação da concentração na composição original dos hidrocarbonetos alifáticos desenvolvida em laboratório foi semelhante àquela que ocorrem em derrames de petróleo reais. Assim que o óleo é derramado, inicia o processo de intemperismo do mesmo, ocasionado pela combinação de processos físicos, químicos e biológicos, como espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução. A velocidade deste processo não é constante, mas sendo mais efetiva nos períodos iniciais de um derrame (Cetesb, 2002). Isto foi observado também no laboratório, onde em 5h houve o decaimento de 61,52% na concentração de hidrocarbonetos, atingindo 77,13% em 24 horas, chegando a ter uma redução de 89% em apenas 48 horas após o início do experimento. NRC (2003) verificaram que o óleo cru perdeu cerca de 75% dos seus compostos em poucos dias seguintes ao derrame. Já Kingston (2002) observou que os componentes voláteis de óleo cru rapidamente evaporam depois de um derrame. Isto inclui a maioria dos compostos tóxicos, tendo, como exemplo, a perda de 30% do óleo derramado pelo navio Exxon Valdez.

A rápida perda dos compostos tóxicos para o ambiente junto com a pouca capacidade de retenção de óleo característico em praias arenosas, permite sugerir, que em geral, praias arenosas expostas poderiam apresentar uma

recuperação mais rápida do que, por exemplo, praias abrigadas. Kingston (2002) adiciona também a ação das ondas, que promove a remoção do contaminante e os animais e plantas tendem a ser mais efêmeros e desse modo são capazes de recolonizar a costa mais rapidamente, após um derramamento de petróleo.

5. Agradecimentos

Ao PRH-027 FURG-ANP/MCT pelo financiamento do projeto, a Ipiranga pelo fornecimento do óleo, ao Técnico Marcos do Laboratório de Cromatografia/DQO/IQG/UFPel e a Priscila (Curso de Tecnologia Ambiental – CEFET-RS).

6. Referências

- CETESB. Curso Derrames de Óleo e os Ecossistemas Costeiros. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. CETESB. SP. 270p, 2002.
- DEMORE, J. P. Aspectos Sedimentares do Estuário da Lagoa dos Patos e sua Interação com a Poluição por Petróleo: Subsídios para um Plano de Contingência. Monografia de Graduação. FURG, 2001.
- GESTEIRA, J. L., DAUVIN J. C. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Marine pollution Bulletin*. 40, 1017-1027, 2000.
- GRIEP, G.H., CALLIARI, L.J., KRUG, L.C. Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor do Óleo e Gás PRH – ANP/MME/MCT na FURG. Anais da XIV Semana Nacional de Oceanografia. CD-ROM.
- FIGUEREDO, S. A. 2005. Sedimentologia e morfodinâmica nas adjacências das desembocaduras lagunares e fluviais da costa do RS. Dissertação de Mestrado. FURG, 2001
- HYLAND, J.D., 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 environmental conditions. *Oil and Chemical Pollution*, 6, 195-240, 1990
- HUTCHINGS, P. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation* 7, 1133 -1145, 1998
- JEWETT, S. C., DEAN, T. A., SMITH, R. O., BLANCHARD, A. 'Exxon Valdez' oil spill: impacts and recovery in the soft-bottom benthic community in and adjacent to eelgrass beds. *Marine Ecology Progress Series*. 185, 59-83, 1999
- KENNISH, M.J. Practical handbook of estuarine and marine pollution. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, 1996
- KINGSTON, P. F. Long-term Environment Impact of Oil Spills. *Spill Science & Technology Bulletin*. 7, 53-61, 2002
- LANA, P. C.. Bentos. In: Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil. Petrobrás. vol. 6, 1992.
- MCLACHLAN, A. Sandy Beach Ecology. In McLachlan, A. and Erasmus, T. (eds), *Sandy Beaches as Ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 413–419, 1983
- MCLACHLAN, A., HARTY, B. Effects of crude oil on the supralittoral meiofauna of a sandy beach. *Marine Environmental Research*. 7, 71-79, 1982
- NYBAKKEN, J. W. *Marine Biology. An Ecological approach*. Harper Collins College Publishers, 1993.
- NIKITIK, C. C. S & Robinson, A. W. Patterns in benthic populations in the Milford Haven waterway following the Sea Empress oil spill with special reference to amphipods. *Marine Pollution Bulletin*. 46, 1125–1141, 2003
- NRC. Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council, 2003
- ROCHA, A.C. Caracterização dos Hidrocarbonetos e Estudo de um derrame de Petróleo Controlado no Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande/RS. Monografia de Graduação – FURG, 2002
- SANDERS, H.L., J.F., GRASSLE, G.R., HAMPSON, L.S., MORSE, S., JONES, C. C. Anatomy of an oil spill: long term effects from the grounding of the barge Florida off West Falmouth, Massachusetts. *J. Marine Res.* 38:265-380, 1980
- SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo, Edgard Blücher, Universidade de São Paulo, 1973
- YEN, T. F. Chemistry of marine sediments. Ann Arbor Science Publishers, 1977
- WARWICK, R.M. A new method for detecting pollution effects macrobenthic communities. *Mar. Biol.* 92: 557-562, 1986