



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

USO DO PSAMOBENTOS EM ESTUDOS DE ECOTOXICOLOGIA MARINHA NO BRASIL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA COM ÊNFASE EM SUBSTÂNCIAS DE PETRÓLEO

Rodrigo A. Brendolan¹, Abílio Soares Gomes²

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Marinha, Campus do Valonguinho, CEP: 24210-150, C.P. 100664, Niterói/RJ. E-mail: 1gbmrabpg@vm.uff.br 2abiliosg@vm.uff.br

Resumo – Os sedimentos são repositórios importantes dos poluentes no mar. Comparado à água, os poluentes tornam-se altamente enriquecidos nos sedimentos, a razão para isso está na adsorção física e química do produto químico que ocorre entre os poluentes e os constituintes do sedimento. Entre habitats marinhos, o bentos mostra alta biodiversidade, e seus componentes são importantes como recursos vivos ou alimentar para espécies pelágicas economicamente exploradas. Estes contaminantes podem potencialmente causar danos à produção pesqueira local, entre outras conseqüências ambientais. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre estudos em ecotoxicologia marinha, com ênfase em espécies de psamobentos utilizadas e com potencial para serem utilizadas como organismos-teste tendo substâncias de petróleo como contaminante. A revisão mostrou que os testes ecotoxicológicos realizados com psamobentos são ainda escassos no Brasil. Os grupos atuais de pesquisa em ecotoxicologia no Brasil testaram somente cinco espécies psamobênticas, e nenhuma delas foi adotada como espécie padrão por agências ambientais locais. A busca de outras espécies relevantes, para o uso em testes em ecotoxicologia é urgente. Um número maior de espécies é mais representativo da diversidade natural do bentos, de modo que testando-se mais espécie, pode-se obter uma melhor avaliação do impacto real dos poluentes na estrutura e na função dos ecossistemas.

Palavras-Chave: Ecotoxicologia, impacto ambiental, psamobentos, água intersticial, fase sólida.

Abstract – This study aims to make a bibliographical revision on studies about marine ecotoxicology in Brazil. The emphasis is on psamobenthos species used as test-organisms and petroleum substances as toxicants. Sediments are important repositories of pollutants in the sea. Compared to the overlaying water, pollutants become highly enriched in sediments, the reasons for this are physical adsorption and chemical bonding that occurs between the pollutants and sediment constituents. Among marine habitats, the benthos shows the highest biodiversity, and their components are important as living resources themselves or as food for economically exploited pelagic species. These contaminants could potentially cause damages to local fishing production, among other environmental consequences. These review shows that ecotoxicological tests carried out with psamobenthos are still scarce in Brazil. The current Brazilian research groups on ecotoxicology have tested only five psamobenthic species, and none of them is a standard species adopted by local environmental agencies. The search for other relevant psamobenthic species for use in ecotoxicological tests is urgent. A larger number of species could be more representative of the natural diversity of benthos, in way that testing more species, one could get a better assessment of the actual impact of pollutants on the structure and function of ecosystems.

Keywords: Ecotoxicology, Environment impact, psamobenthos, interstitial water, solid phase

1. Introdução

As medidas de impacto ambiental podem ser realizadas nos diversos níveis de organização dos seres vivos: subcelular, celular, populacional e ao ecossistema. Impactos observados em níveis inferiores de organização podem ter implicações nos níveis superiores. Os efeitos observados a nível subcelular, celular e populacional refletem na estrutura das comunidades bióticas, podendo-se observar uma diminuição da biodiversidade e uma deterioração do patrimônio genético local. Entretanto, nem todo impacto observado a nível fisiológico, subcelular e celular irá refletir-se ao nível das populações (Underwood e Peterson, 1988).

Existem várias metodologias que visam determinar a existência de impactos ambientais: os biomarcadores, a mensuração de concentrações de poluentes no meio físico (água e sedimento) e biótico (bioacumulação); os estudos de laboratório que visam estabelecer a existência de respostas dos organismos aos poluentes; e os estudos de campo sobre modificações na estrutura e processos dos ecossistemas. Segundo Chapman et al (2002), para tentar obter uma compreensão mais completa dos efeitos na contaminação do sedimento, foi desenvolvida a tríade de qualidade de sedimentos (TQS), que consiste da análise química, toxicidade do sedimento e análise da estrutura bêntica da comunidade. A aproximação da tríade é baseada na observação que cada componente complementa a informação fornecida pelos outros dois, com a finalidade de fornecer uma avaliação integrada da degradação induzida pela poluição. A hipótese subjacente deste conceito é que nenhum componente individual da tríade pode ser usado separadamente para prever os resultados de medida dos outros dois componentes.

Os estudos ecotoxicológicos realizados com sedimentos pretendem fornecer subsídios para tomada de decisões e análises de ambientes críticos ou sobre risco. Assim, este trabalho tem como finalidade, realizar uma revisão bibliográfica sobre estudos em ecotoxicologia marinha no Brasil e no mundo, utilizando psamobentos, dando ênfase às substâncias de petróleo.

2. Ecotoxicologia

A ecotoxicologia vem estudando o comportamento e as transformações de agentes químicos no ambiente, assim como seus efeitos e respostas sobre a biota (Bertoletti, 1990). De acordo com Sinderman et al (1996), as respostas da biota aos poluentes são distribuídas no tempo, algumas ocorrendo imediatamente após o evento poluidor ou respondendo a um estímulo que continua por longo tempo. Em função deste conhecimento, são realizados testes de toxicidade aguda, que verificam os efeitos observados de curta duração, que se manifesta rápida e severamente, causando a letalidade ou alguma outra manifestação do organismo, num intervalo de 0 a 96 horas. Também são realizados testes de toxicidade crônica, que avalia o efeito de longa duração relatado como mudança no metabolismo, crescimento, reprodução, mutações e até mesmo morte dos organismos teste.

Os organismos bentônicos que vivem em sedimentos contaminados estão expostos não somente aos contaminantes associados à fase sólida (o sedimento propriamente dito), como também aos dissolvidos na fase líquida (ou água intersticial). Os métodos utilizados tanto em água intersticial quanto em sedimento, que podem fornecer uma compreensão de efeitos biológicos dos contaminantes serão apresentados a seguir.

3. Água Intersticial

Segundo Carr (1998), atualmente, os testes de água intersticial, são geralmente conduzidos nos estágios de vida inicial dos organismos marinhos e estuarinos, tais como gametas e embriões de equinodermos, embriões dos moluscos, copépodos, poliquetos ou mesmo embriões ou larvas de peixes.

A importância de pesquisas ecotoxicológicas com substâncias de petróleo em água intersticial está ligada diretamente aos compostos altamente tóxicos (hidrocarbonetos, tolueno, xileno, ésteres, entre outros) que formam o petróleo. Estes compostos podem causar prejuízos na produção pesqueira de espécies economicamente importantes. Segundo a abordagem realizada por Chapman et al (2002), devido a elevada sensibilidade aos contaminadores disponíveis na fase líquida do sedimento, os resultados devem ser interpretados como um sinal de advertência, adiantando potenciais impactos de contaminantes na biota bentônica.

4. Sedimento

Diferentemente dos testes realizados em meio aquoso, testes de toxicidade com sedimento são comumente conduzidos utilizando macro-invertebrados, tais como anfípodos (Emery et al., 1997), poliquetos (Dillon et al., 1993) e bivalves (Burgess e Morrison, 1994), na fase adulta ou juvenil.

A importância do ambiente bentônico não está somente relacionada com a sua biodiversidade, ou a sua importância trófica, mas principalmente, ao fato deste ser o maior depositário de substâncias tóxicas do ambiente marinho, onde os hidrocarbonetos poliaromáticos podem acumular em até 1000 vezes ou mais que a concentração

encontrada na coluna d'água. Portanto, é necessário ampliar conhecimentos a respeito dos riscos ecológicos associados à presença de contaminantes em sedimentos para assegurar a proteção ambiental de ecossistemas aquáticos.

5. Critérios para Escolha de Espécies Teste

A escolha das espécies a serem utilizadas em testes de ecotoxicologia deve basear-se em critérios, tais como a disponibilidade e abundância na natureza, a capacidade de adaptação a condições de laboratório, tamanho conveniente para manipulação e observação, além de informações relativas a biologia das espécies, como a duração do ciclo de vida, hábitos alimentares, longevidade e mortalidade natural.

6. Psamobentos e a ecotoxicologia no Brasil e no Mundo

Devido à sensibilização do público e interesse governamental crescente, tanto quanto às pesquisas nos centros universitários, órgãos privados e laboratórios industriais, enaltecem a ecotoxicologia nas décadas de 80 e 90. Esses e outros fatos proporcionaram em todo mundo, aumento significativo no número de revistas e livros relacionados ao assunto em questão, além da presença de um crescente número de pesquisadores em reuniões científicas.

Apesar da extensão do litoral brasileiro, os estudos ecotoxicológicos são recentes no Brasil. E existem ainda, relativamente poucos grupos de pesquisa voltados para a avaliação de impactos biológicos de poluentes quando lançados ao mar, visando à compreensão de modo que hoje temos grupos trabalhando em diversos estados costeiros brasileiros.

A Tabela 1 ilustra as diferentes espécies utilizadas, e aquelas que possuem potencial para serem utilizadas em testes ecotoxicológicos tendo petróleo como contaminante. A tabela ilustra também o grupo pertencente de cada espécie, assim como os componentes de petróleo testados (quando testados), as condições previstas aos testes, o tipo de resposta observado no organismo, se o teste ocorreu no Brasil, juntamente com referências bibliográficas.

Tabela 1. Espécies de psamobentos utilizadas e com potencial para serem utilizadas em testes ecotoxicológicos no Brasil e no Mundo, e suas respectivas denominações.

Espécie	Grupo	Substância Testada	Condições Testadas	Tipo de Resposta	Ocorrência no Brasil	Referência
<i>Ampelisca abdita</i> *	anfípoda	X	X	X	Não	Nipper, et al., (2002)
<i>Amphiporeia virginiana</i> *	anfípoda	X	X	X	Não	Bousfield, E.L. (1990)
<i>Corophium volutator</i> *	anfípoda	X	X	X	Não	Bat et al. (1998)
<i>Gammarus aequicauda</i> *	anfípoda	X	X	X	Sim	César et al. (1997)
<i>Gammarus locusta</i> *	anfípoda	X	X	X	Não	Costa et al. (1996)
<i>Hyalella azteca</i> *	anfípoda	X	X	X	Sim	Zamboni, et al. (1998)
<i>Leptocheirus plumulosus</i> *	anfípoda	X	X	X	Não	Emery, et al. (1997)
<i>Tiburonela viscana</i> *	anfípoda	X	X	X	Sim	Abessa, et al. (1998)
<i>Emerita análoga</i> *	anomura	X	X	X	Não	Hernández et al., (2000)
<i>Emerita brasiliensis</i>	anomura	X	X	X	Sim	Otegui (2003)
<i>Chlamys hericus</i>	bivalve	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Moles et al (1994)
<i>Artemia salina</i> *	braqueópoda	X	X	X	Sim	Veiga, et al. (1989)
<i>Callinectes sapidus</i>	decápoda	Óleo cru	CL ¹ 50-96 hr	Sobrevivência	Não	Fucik et al (1995)
<i>Evasterias trochelli</i>	decápoda	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Moles et al (1994)
<i>Hemigrapsus nudus</i>	decápoda	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Moles et al (1994)
<i>Palaemon serenus</i>	decápoda	Óleo cru	CE ² 50-10dias	Comportamento	Não	Gulec and Holdway (2000)

<i>Pandalus hypsinotus</i>	decápoda	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Moles et al (1994)
<i>Paratithoodes amtschaticus</i>	decápoda	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Moles et al (1994)
<i>Penaeus aztecus</i>	decápoda	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Fucik et al (1995)
<i>Penaeus setifecus</i>	decápoda	Óleo cru	CL50-96 hr	Sobrevivência	Não	Fucik et al (1995)
<i>Costoanachis sertulariarum*</i>	gastrópoda	X	X	X	Sim	Sousa e Tommasi (1997).
<i>Arenicola marina*</i>	poliqueta	X	X	X	Não	Bat, et al.(1998)
<i>Dinophilus gyrociliatus*</i>	poliqueta	X	X	X	Não	Nipper, et al., (2002)
<i>Neanthes arenaceodentata*</i>	poliqueta	X	X	X	Não	McPherson et al (2002)
<i>Kalliapseudes schubartii*</i>	tanaidáceo	X	X	X	Sim	Costa e Zamboni, (1998)

1 Concentração do contaminante que é letal para 50% dos organismos expostos.

2 Concentração do contaminante que causa efeito subletal a 50% dos organismos expostos.

* Espécies adequadas em laboratório, com potencial para utilização em testes ecotoxicológicos tendo petróleo como contaminante.

7. Estado de arte no Brasil

Um extenso levantamento bibliográfico foi realizado para apontar as espécies e grupos de psamobentos utilizados com maior frequência nos laboratórios, demonstrando quais espécies já foram conduzidas e aquelas que possuem potencial para estudos ecotoxicológicos com substâncias de petróleo. As bases de dados utilizadas foram o Current Contents, Web of Science, Dédalus e Portal CAPES. Além disso, foram feitas visitas as bibliotecas do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, da Fundação Instituto Oswaldo Cruz e do Museu Nacional. Outras fontes importantes de informação bibliográfica foram endereços eletrônicos da Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) e da Agência Canadense de Meio Ambiente (Environmental Canadá).

Não foi encontrada no Brasil, espécies psamobênticas utilizadas em testes ecotoxicológicos tendo o petróleo como contaminante, e somente as espécies *Emerita brasiliensis* (anomura), *Costoanachis sertulariarum* (gastrópoda), *Artemia salina* (braqueópoda), *Hyalella azteca*, *Tiburonella viscana*, *Gammarus aequicauda* (anfípodas), *Kalliapseudes schubartii* (tanaidáceo), possuem potencial para serem utilizadas com o objetivo proposto, porém, nenhuma delas é uma espécie padrão adotada por agências ambientais locais.

Em outros países, a potencialidade é observada com os anfípodas *Gammarus locusta*, *Amphiporeia virginiana*, *Ampelisca abdita*, *Leptocherus plumulosus* e *Corophium volutator*, os poliquetas *Arenicola marina*, *Neanthes arenaceodentata* e *Dinophilus gyrociliatus*, o anemura *Emerita analoga*.

Verificou-se que todos os testes ecotoxicológicos utilizaram como substância de referência, o óleo cru. E de um total de nove experimentos, oito foram conduzidos com o objetivo de verificar a taxa de sobrevivência dos organismos (testes agudos (LC50-96 hs)), e somente um experimento foi conduzido observando mudanças comportamentais (testes crônicos (EC50-10dias)).

É grande a diferença observada entre o Brasil e o restante do mundo quanto às espécies utilizadas nos testes ecotoxicológicos. Essa diferença pode ser devido às diferenças quanto à biodiversidade de cada local, porém, independentemente da localidade, é de extrema importância seguir rigorosamente todos os critérios de escolha da espécie teste. Sendo que a análise conjunta de dados obtidos em bioensaios, as proporcionadas através das respostas populacionais, além das análises químicas de amostras ambientais, devem condizer no auxílio de uma previsão de impacto e/ou estabelecimento de limites de lançamento de dados produtos ao mar.

O ambiente marinho, principalmente o bentônico, é amplamente biodiversificado, necessitando de testes ecotoxicológicos não somente com uma única espécie e/ou de um único grupo de organismos. Necessitam-se estudos com maior número possível de espécies psamobênticas do ambiente que se deseja analisar, possibilitando assim, uma melhor caracterização do grau de toxicidade do efluente, corpo receptor, ou amostra em geral, e principalmente para prever efeitos em populações reais. Tendo como finalidade fornecer uma avaliação abrangente dos níveis de impacto a que um dado ecossistema marinho é submetido pelo lançamento de poluentes, e para permitir o desenvolvimento de estratégias para sua preservação e/ou recuperação.

8. Referências Bibliográficas

ABESSA, D.M.S., SOUSA, E.C.P.M., RACHID, B.R.F. et al. 1998. Use of the burrowing amphipod *Tiburonella viscana* as an in marine sediments contaminant assessment. Braz. Archs Biol. Technol., v.41, n.2, p.225-230.

- BAT, L., RAFFAELLI, D., MARR, I.L. 1998. The accumulation of copper, zinc e cadmio by the amphipod *Corophium volutator* (Pallas). J. exp. Mar. Biol. Ecol., v.223, p.167-184.
- BERTOLETTI, E., 1990. Toxicidade e Concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais. Revista Ciência e Cultura. 43 (3/4): p.271-277.
- BOUSFIELD, E. L., 1990. Report on species of marine amphipod crustaceans suitable for toxicity testing at marine laboratories on the Atlantic and Pacific Coast of Canadá. Unpublished report prepared for MacLeay Associates Ltd., West Vancouver, B.C.
- BURGESS, R.M., MORRISON, G.E. 1994. A short exposure, sublethal, sediment toxicity test using the marine bivalve *Mulinia lateralis* – satatistical desing and comparative sensitivity. Environ. Toxicol. Chem., v.13, p.571-580.
- CARR, R.S., 1998. Marine and estuarine porewater toxicity testing. In: Wells, P.G., Lee, K. and Blaise, C., Editors, 1998. Microscale Testing in Aquatic Toxicology: Advances, Techniques, e Practice, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 523–538.
- CÉSAR, A., SILVA, S. L. R., SANTOS, A. R., 1997. Testes de Toxicidade Aquática no Controle da Poluição. Universidade Santa Cecília, Apostila, 4a edição, pág.9.
- CHAPMAN, P. M., WANG, F., GERMANOC, J. D., BATLEY, G., 2002. Pore water testing and analysis: the good, the bad, and the ugly. Mar. Poll. Bull., Vol. 44, cap 5, Pages 359-366.
- COSTA, F.O., CORREIA, A.D., COSTA, M. H. 1996. Acute Marine Sediment Toxicity: A Potential New Test with the Amphipod *Gammarus locusta*. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 40, Issues 1-2 , May 1998, Pages 81-87.
- COSTA, J.B., ZAMBONI, A.J., 1998. *Kalliapseudes schubartii* (Crustacea: Tanaidacea) como organismo-teste potencial para ensaios de toxicidade de sedimentos estuarinos. Anais do 5º Encontro Brasileiro de Ecotoxicologia, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil, p. 79.
- DILLON, T.M., MOORE, D.W., GIBSON, A.B. 1993. Development of chronic sublethal biomassay for evaluating contaminated sediment with the marine polychaete worm *Nereis (Neanthes) arenaceodentata*. Environ. Toxicol. Chem., v.12, p.589-605.
- EMERY, V.L., MOORE, D.W., GRAY, B.R. 1997. Development of a chronic sublethal sediment biomassay using the estuarine amphipod, *Leptocheirus plumulosus* (Shoemaker). Environ. Toxicol. Chem., v.16, p.1912-1920.
- FUCIK, K.W., CARR, K.A., BALCOM, B.J., 1995. Toxicity of oil and dispersed oil to the eggs and larvae of seven marine fish and invertebrates from the Gulf of Mexico. The use of chemicals in oil spill response, ASTM STP 1252.
- GULEC, I. and HOLDWAY, D.A. 2000. Toxicity of crude oil and dispersed crude oil to ghost shrimp *Palaemon serenus* and Australian bass larvae *Macquaria novemaculeata*. Environ. Toxicol. 15 2, pp. 91–98.
- HERNÁNDEZ, C., YAÑEZ, R., RUDOLPH, A. 2000. Toxicit response of *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) collected from beaches of South Central Chile. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 65:567-572.
- MCPHERSON, C.A. TANGA, A., CHAPMAN, P.M. TAYLOR, L.A., GORMICAN, S.J. 2002 Toxicity of 1,4-dichlorobenzene in sediments to juvenile polychaete worms. Marine Pollution Bulletin, V. 44, Issue 12, December 2002, Pages 1405-1414
- MOLES, A., RICE S. and NORCROSS, B.L. 1994. Non-avoidance of hydrocarbon laden sediments by juvenile flatfishes. Neth. J. Sea Res. 32 3/4, pp. 361–367.
- NIPPER, M. G., CARR, R. S., BIEDENBACH, J. M., HOOTEN, R. L., MILLER, K., 2002. Toxicological and chemical assessment of ordnance compounds in marine sediments and porewaters. Marine Pollution Bulletin, Volume 44, Issue 8, August 2002, Pages 789-806.
- OTEGUI, A.C.P., 2003. Desenvolvimento in vitro de *Emerita brasiliensis* SCMITT, 1935 (Decapoda: Hippidae): Implicações para o uso da espécie em testes de toxicidade. Dissertação de mestrado do Programa de pós-graduação em Biologia Marinha da UFF, RJ, Brasil.
- SINDERMAN, C.J., 1996. Ocean pollution. Effects on living resources and humans. CRC Press, Boca Raton, 275 p.
- SOUSA, E. C. P. M., TOMMASI, L. R., 1997. Toxicidade do efluente derivado do terminal marítimo da Petrobrás sobre o gastrópoda *Costoanachis sertulariarum*. Rev. Bras. Oceanogr. 45, pp. 95–99.
- UNDERWOOD, A.J. & PETERSON, C.H., 1988. Towards an ecological framework for investigating pollution. Marine Ecology Progress Series, 46: 227-234.
- VEIGA, L.F., VITAL, N.A., PORTELA, M.R.A.F. et al. 1989. Avaliação da faixa de sensibilidade de *Artemia salina* ao sulfato de sódio. Rio de Janeiro, Petrobrás-Cenpes/Supesq/Diter.
- ZAMBONI, A.J., DUTRA, A., GAMA, A.M., MAURENTE, N., MEDZEDOVSKY, I.G., MONTU, M., 1998. O acidente com o navio Bahamas' no porto de Rio Grande, RS: avaliação ecotoxicológica do lançamento de ácido sulfúrico às águas do estuário da Lagoa dos Patos. Anais do 5º Encontro Brasileiro de Ecotoxicologia. Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil, p. 10.