







**O** empreendimento que dará origem ao Estaleiro e Base Naval para a Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear da Marinha do Brasil localizado no município de Itaguaí (RJ), gerou uma série de compromissos e ações para satisfazer às exigências da legislação ambiental brasileira.

Dentre as diferentes ações, continuadas ou não, que acompanham as fases de licenciamento da obra e a sua consecução, estão algumas atividades coordenadas pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) como, por exemplo, o diagnóstico da saúde do ambiente marinho na região adjacente ao empreendimento por meio de um amplo Programa de Monitoramento Ambiental.

Iniciado em janeiro de 2011, este programa se desenvolve a partir de um contrato estabelecido entre a Construtora Norberto Odebrecht e a Empresa Gerencial de Projetos Navais, e compreende dois Subprojetos que integram informações pro-

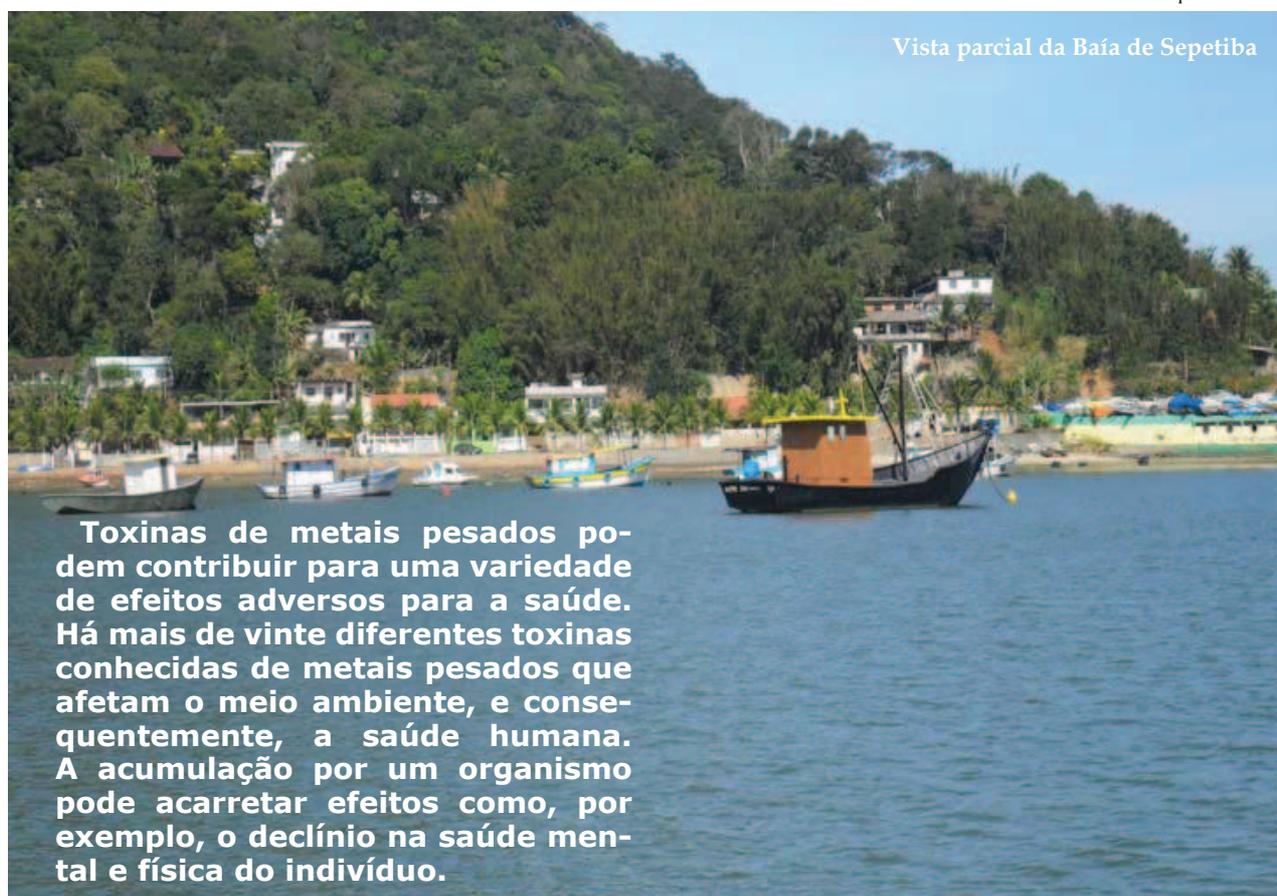
venientes de estudos de distribuição e abundância dos organismos que compõem a Biota Aquática, assim como os resultados das análises que acompanham a Qualidade de Água.

Entre as ações estabelecidas no Subprojeto de Monitoramento da Biota Aquática, cabe ressaltar o monitoramento dos níveis das concentrações de metais pesados encontrados em algumas espécies de peixes marinhos consumidos na região, cujos resultados parciais serão apresentados a seguir.

### **Ambiente impactado**

A Baía de Sepetiba é uma corpo d'água semi-fechado com 520 km<sup>2</sup> de área e 170,5 km de perímetro, localizada a cerca de 60 km da cidade do Rio de Janeiro. A bacia da Baía de Sepetiba abrange 12 municípios fluminenses, dentre eles: Itaguaí, Seropédica, Mangaratiba, Queimados, Japeri e Paracambi, que estão totalmente inseridos na bacia

Arquivo IEAPM



Vista parcial da Baía de Sepetiba

**Toxinas de metais pesados podem contribuir para uma variedade de efeitos adversos para a saúde. Há mais de vinte diferentes toxinas conhecidas de metais pesados que afetam o meio ambiente, e consequentemente, a saúde humana. A acumulação por um organismo pode acarretar efeitos como, por exemplo, o declínio na saúde mental e física do indivíduo.**

(SEMADS, 2001a) (Fig. 1).

De maneira geral, a região da Baía de Sepetiba é um exemplo de ambiente aquático que vem sendo severamente impactado pela ocupação humana e atividades industriais ao longo de sua bacia durante os últimos 30 anos (Molisani et al., 2004).

A região é importante, pelos aspectos turístico e pesqueiro e também pelo desenvolvimento industrial no seu entorno, constituindo-se num dos maiores pólos industriais do Estado do Rio de Janeiro. Sendo assim, além dos despejos domésticos, existe também o agravamento da poluição

local proveniente dos efluentes líquidos e sólidos oriundos de possíveis acidentes na atividade industrial (SEMADS, 2001b).

Vários autores, dentre eles Lacerda et al., 1989; Barcellos et al., 1991; Amado Filho et al., 2003; Molisani et al., 2004; Lacerda e Molisani, 2006, destacam um processo de contaminação histórico na Baía de Sepetiba, principalmente pelo Cádmiio (Cd) e pelo Zinco (Zn) provenientes de uma grande fábrica de processamento de Zinco, fechada em 1996, assim como cerca de 400 outras indústrias, a maioria ligada à metalurgia.



Figura 1: Mapa da Baía de Sepetiba (modificado de Amado Filho et al., 2003).

“ A bacia da Baía de Sepetiba abrange 12 municípios fluminenses, dentre eles: Itaguaí, Seropédica, Mangaratiba, Queimados, Japeri e Paracambi, que estão totalmente inseridos na bacia.

“ De maneira geral, a região da Baía de Sepetiba é um exemplo de ambiente aquático que vem sendo severamente impactado pela ocupação humana e atividades industriais ao longo de sua bacia durante os últimos 30 anos (Molisani et al., 2004).



**Figura 2:** Imagem de parte da Baía de Sepetiba destacando as futuras instalações do Estaleiro e Base Naval de Submarinos e as quatro áreas de captura de pescado (P1, P2, P3 e P4) para o monitoramento de metais pesados.



Para o monitoramento dos níveis de metal pesado no pescado, peixes de fundo que apresentam hábitos demersais e/ou bentônicos vem sendo capturados utilizando-se redes de arrasto do tipo "otter trawl" em quatro áreas no interior da Baía, próximas à Ilha do Gato (P1), Ilha de Itacuruçá (P2), Ilha do Martins (P3) e Coroa Grande (P4) (Fig. 2).

Durante as amostragens, são selecionados indivíduos adultos de 03 espécies pertencentes a 03 famílias de peixes marinhos: Ariidae, Sciaenidae e Gerreidae, para a retirada do material para a determinação das concentrações de metais pesados.

As espécies escolhidas para o acompanhamento são; o bagre-urutú *Genidens genidens* (GEGE) (Fig. 3), peixes que pertencem à família Ariidae e apresentam hábitos carnívoros, a carapeba *Diapterus rhombeus* (DIRH) (Fig. 4), espécie onívora, da família Gerreidae e a corvina *Micropogonias furnieri* (MIFU) (Fig. 5), espécie de hábito onívoro, pertencente à família Sciaenidae. A escolha dessas espécies para a realização do estudo deveu-se ao fato das três serem abundantes, freqüentes e consumidas pelos moradores e turistas da região.

Ao final de cada arrasto, apenas o número necessário de exemplares de cada nível trófico (carnívoro ou herbívoro) por ponto é selecionado para a retirada de material para as análises. Os exemplares selecionados são mantidos resfriados, em caixas de isopor com gelo, até a chegada ao laboratório onde cada exemplar é medido, pesado e eviscerado para a retirada das amos-



**Figura 3:** O bagre-urutú *Genidens genidens* (GEGE).



**Figura 4:** A carapeba *Diapterus rhombeus* (DIRH).



**Figura 5:** A corvina *Micropogonias furnieri* (MIFU).

tras de músculo (carne do peixe), fígado e brânquias que serão analisadas. As amostras, em triplicatas, são etiquetadas e acondicionadas em potes de vidro onde são congeladas em freezer para posterior análise e determinação dos teores de metais pesados em laboratório especializado.

Os elementos analisados, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Ni, Zn e Sn são quantificados de acordo com as seguin-

tes referências metodológicas para metais (ICP-OES): POP PA 035 / SMWW 3120 B, USEPA 6010.

Os resultados das análises são apresentados em mg/kg e comparados com as máximas concentrações permitidas - MPC - (Maximum Permissible Concentration) de acordo com as instruções do CONAMA, 2004. DECRETO 99.274 RES. 344 DOU: 25/março/2004.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados parciais das análises do material coletado após a realização de cinco campanhas, no período de janeiro de 2011 a março de 2012.

A tabela abaixo apresenta os valores mínimos e máximos em mg/kg das concentrações de metais encontradas em todas as amostras analisadas nas três espécies de peixes estudadas.

mg/kg	JANEIRO/2011		MAIO/2011		SETEMBRO/2011		DEZEMBRO/2011		MARÇO 2012	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Cd	0,01	1	0,1	3	0,2	4,2	0,005	0,05	0,01	0,36
Pb	0,04	3,5	0,5	8,3	1,2	156,9	0,05	2,2	0,1	3,9
Cu	0,2	20,8	0,1	71,1	0,3	34,3	0,07	33	0,1	13
Cr	0,01	5,7	0,2	162,2	0,3	190,7	0,05	1,1	0,1	1,8
Sn	0,1	2,7	X	X	X	X	X	X	0,1	78
Fe	3,9	2757,9	5	2886	7	3204,5	0,09	1513	2,64	1116
Ni	0,1	2,5	0,5	2,5	1,4	208,7	0,05	0,5	0,1	1,14
Zn	4,4	935,9	3,4	6984,2	5,1	1140,8	0,09	601	2,5	920
Se	X	X	X	X	X	X	0,05	6,6	X	X

Tabela 1: Valores mínimos e máximos das concentrações de metais nos peixes coletados na Baía de Sepetiba.

Ao compararmos os valores de MPC encontrados nas amostras analisadas (Tab. 1) aos disponíveis em algumas publicações, podemos observar a grande amplitude dos nossos resultados com relação aos valores de referência citados (Tab. 2). Os valores mais elevados de MPC, que superaram aqueles citados na literatura estão realçados em vermelho (Tab. 1).

O Cr é reconhecido como um elemento traço essencial e não é encontrado livre na natureza (Hughes et al., 1994). Porém, este metal é altamente tóxico em sua forma hexavalente, apresentando características carcinogênicas e ulcerativas (Magioli, 1980). Valores muito elevados para esse metal já haviam sido constatados anteriormente por Lacerda et al. (1989) na Baía de Sepetiba.

De acordo com Rezende et al. (1991), os resultados de um estudo sobre a evolução da contaminação de metais nas praias de Sepetiba entre 1980 e 1989 revelaram que os padrões para o Pb, Mn e o Cr mantiveram-se similares. Entretanto, naquele

período, foi constatado um aumento de até quatro vezes nas concentrações de Zn na região.

Nossos resultados corroboram os obtidos por Rezende et al. (1991) uma vez que o Zn é o elemento que vem apresentando as taxas mais preocupantes desde a primeira campanha. Entretanto, na biota vem apresentando uma grande diminuição nas concentrações, embora os valores mais elevados de MPC continuem superiores a 100mg/kg nas áreas estudadas.

Segundo Lima Junior et al. (2002) as mais altas concentrações de Zn ocorrem em peixes que vivem associados ou se alimentam no substrato, como por exemplo, os bagres e as carapebas capturadas nas áreas estudadas. Segundo Molisani et al. 2004 e Lacerda et al. 2006, os valores muito elevados nas amostras de Zn na Baía de Sepetiba ainda podem ser oriundos do despejo e do rejeito tóxico contendo metal pesado da Companhia Industrial Mercantil Ingá na década passada.



Entretanto, se considerarmos os valores de referência para as máximas concentrações permitidas (MPC) contidas no documento do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), podemos verificar que, as concentrações de metais pesados podem ser classificadas em dois níveis. Considerando-se no Nível 1, verificamos que em algum momento, os valores máximos encontrados estiveram acima dos limiares estabelecidos, indicando alguma probabilidade de efeitos adversos à biota (Tab. 2).

Por outro lado, se considerarmos o Nível 2, quando é mais provável um efeito adverso à biota, verificamos que dentre os valores máximos observados nas amostras analisadas o Ni e especialmente o Zn, destacados em vermelho, são aqueles que apresentam concentrações mais preocupantes para a biota aquática (Tab. 2).

Informações sobre os valores de MPC para o Fe, não estão disponíveis nas bibliografias consultadas, constando como não determinados (n.d.) na tabela 2. Entretanto, cabe ressaltar que o Fe é considerado um metal essencial, atuando na composição de

várias enzimas e está associado com a hemoglobina (proteína), que tem como função o transporte de oxigênio. Os valores elevados para esse metal na região podem ser provenientes de efluentes industriais.

Metais	Valores de referência		
	ANVISA e outros MPC <sup>1</sup> (mg/kg)	CONAMA, 2004 Nível 1	CONAMA, 2004 Nível 2
Cd	1	1,2	9,6
Pb	8	46,7	218
Cu	30	34	270
Cr	0,1	81	370
Fe	n.d.	n.d.	n.d.
Ni	5	20,9	51,6
Zn	50	150	410

Tabela 2: Valores de referência extraídos de diferentes publicações. MPC = "Maximum Permissible Concentration" (mg/kg). Segundo Decreto 55.871/65; Portaria ANVISA 685/98; Molisani et al., 2004 e CONAMA, 2004, onde o Nível 1 indica: Limiar abaixo dos valores, baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e o Nível 2: Limiar acima dos valores, provável efeito adverso à biota.

Segundo Lacerda e Molisani (2006), as políticas de controle para a emissão de poluentes na Baía de Sepetiba resultaram em uma diminuição de cerca de 55% de Cd e 13% de Zn nos despejos anuais no solo e nos corpos de água da região.

Até o momento, as análises estatísticas (ANOVA – mono fatorial e teste de Tukey, HSD) realizadas, considerando-se as concentrações de cada metal (Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Ni e Zn), nas amostras

de brânquias, fígados e músculos das três espécies de peixes e os quatro locais de coleta não indicaram diferenças altamente significativas (espacial e/ou temporal) entre os resultados obtidos.

Entretanto os resultados obtidos para as concentrações nas brânquias, fígados e músculos nas três espécies estudadas sempre apresentam valores mais elevados, especialmente para o Cr e o Zn nas amostras de fígado analisadas (Fig. 6).

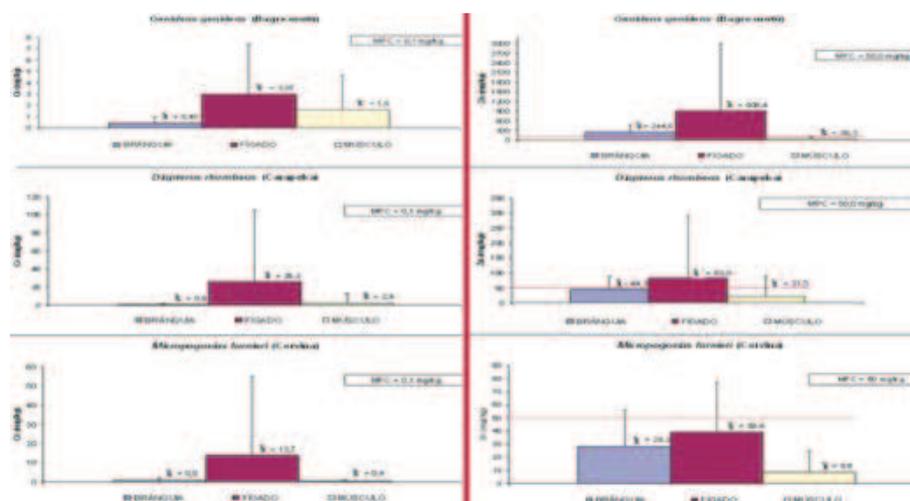


Figura 6: Distribuição das concentrações de Cr e Zn encontradas nas brânquias, fígados e músculos dos peixes, em relação aos valores de MPC.

De acordo com o estudo de Mhadhbi *et al.* (2012), concentrações mais elevadas de Cd, Cu, Pb e Zn foram observadas nas vísceras (fígados e rins) dos peixes coletados. Entretanto, os autores ressaltam que as concentrações variaram de acordo com o local de coleta e a amostra do tecido examinado.

## Considerações gerais

A detecção de metais pesados na água dependerá da forma como estes se comportam no meio aquático. Alguns tendem a uma rápida adsorção ao particulado em suspensão, e outros permanecem por mais tempo no meio aquático, tendo uma mobilidade maior no ambiente, sofrendo ainda, influência da hidrodinâmica - correntes e movimento das marés, e do tipo de granulometria do material em suspensão na coluna d'água (SEMADS 2001a).

Segundo Lima Junior *et al.* (2002), certos metais em pequenas quantidades são necessários para os processos metabólicos individuais, sendo assimilados por organismos marinhos. Contudo, a capacidade dos metais de formar complexos com as substâncias orgânicas pode atingir concentrações até 1.000 vezes mais elevadas do que a sua assimilação e a sua fixação nos tecidos pode se tornar tóxica para os organismos.

Considerando-se os músculos como a parte comestível dos peixes, verificamos que as concentrações médias, especialmente de Cr e Zn, detectadas nas amostras desse tecido, estão abaixo daquelas encontradas nas brânquias e nos fígados, raramente utilizados na alimentação humana.

De acordo com o Programa Setorial de Aquicultura e Pesca (2007/2010) o consumo mínimo de pes-

cado recomendado pela FAO/ONU, deve ser de 12 kg/hab/ano e o Brasil consome, em média, apenas 6,8 kg/hab/ano. Por outro lado, dados do Boletim Estatístico da Pesca revelam o aumento do consumo de 7,6 kg/hab/ano em 1996 para 9 kg/hab/ano em 2009, e um crescimento médio no consumo de 6%/ano entre 2003 e 2009 sendo 69,4% de pescado, incluindo-se na lista além de peixes, moluscos e crustáceos, produzidos no Brasil (MPA, 2010).

Quando analisadas em nível nacional, essas informações sobre o consumo tornam-se interessantes. Entretanto, para a região da Baía de Sepetiba, incluindo-se as localidades de Itacuruçá, Ilha da Madeira, Jaguanum, Mangaratiba, Barra de Guaratiba, Pedra de Guaratiba e Sepetiba as informações de produção são incipientes, o que não permite obter informações precisas sobre o consumo de pescado pela população local.

Avaliando os resultados obtidos até o momento, devemos ressaltar que os padrões na distribuição espacial e temporal desses metais são dinâmicos, e mesmo para os elementos que ainda se encontram dentro das concentrações permitidas a sua contínua deposição e/ou acúmulo pode acarretar impactos indesejáveis ao ecossistema, cabendo assim um contínuo monitoramento da biota aquática na Baía de Sepetiba, ou a adoção de medidas para mitigar a entrada de metais no ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AMADO FILHO, G.M.; BARRETO, M.B.B.B.; MARINS, B.V.; FELIX, C.; REIS, R.P. 2003. Estrutura das comunidades fitobentônicas do infralitoral da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, 26 (3), 329-342.
- BARCELLOS, C.; REZENDE, C.E.; PFEIFFER, W.C. 1991. Zn and Cd production and pollution in a Brazilian coastal region. *Marine Pollution Bulletin*, 22 (11): 558-561.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Decreto no 55.871 de 26 de março de 1965 do Ministério da Saúde. Estabelece limites máximos para contaminantes inorgânicos em alimentos. *Diário Oficial*, Brasília, DF, de 29 de maio de 1965.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Portaria no 685 de 27 de agosto de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. *Diário Oficial*, Brasília, DF, de 24 de setembro de 1998.
- HUGHES, K.; MEEK, M.E.; SEED, L.J.; SHEDEEN, J. 1994. Chromium and compounds evaluation of risk to health from environmental exposure in Canada. *Environ. Carcino & Ecotox. Revs.*, 2: 237-255 pp.
- LACERDA, L.D.; CARVALHO, C.E.V.; GOMES, M.P. 1989. Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. *Revista Brasileira de Biologia*, 49 (3): 847 - 849 pp.
- LACERDA, L.D.; MOLISANI, M.M. 2006. Three decades of Cd and Zn contamination in Sepetiba Bay, SE Brazil: Evidence from the mangrove oyster *Crassostrea rhyzophorae*. *Baseline / Marine Pollution Bulletin* 52 974-977.
- LIMA JUNIOR, R.G.S.; ARAUJO, F.G.; MAIA, M.F.; PINTO, A.S.S.B. 2002. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande bays Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Research Section A* 89, 171-179.
- MAGIOLI, R.C.P. 1980. Levantamento de metais pesados no estado do Rio de Janeiro. *Depol Feema (Relatório Preliminar)*, 26 pp.
- MHADHBI, L.; PALANCA, A.; GHARRED, T.; BOUMAIZA, M. 2012. Bioaccumulation of Metals in Tissues of Solea Vulgaris from the outer Coast and Ria de Vigo, NE Atlantic (Spain). *Int. J. Environ. Res.*, 6(1):19-24.
- MOLISANI, M.M.; MARINS, R.V.; MACHADO, W.; PARAQUETTI, H.H.M.; BIDONE, E.D.; LACERDA, L.D. 2004. Environmental changes in Sepetiba Bay, SE Brazil. *Reg Environ Changes*, 4:17-27.
- MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura) 2010. *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, Brasil 2008-2009*, Brasília, 99p.
- PROGRAMA SETORIAL DE AQUICULTURA E PESCA 2007/2010. *Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e Pesca*. 24p.
- RESOLUÇÃO CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004. Publicada no DOU no 87, de 7 de maio de 2004, Seção 1, páginas 56-57.
- REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D.; PFEIFFER, W.C. 1991. Evolution of heavy metal contamination (1980-1989) of the Sepetiba bay determined by using beach sand as monitors. *Ciência e Cultura*, 43(1): 61-63.
- SEMADS (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável), 2001a. *Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental Rio de Janeiro: SEMADS*, 73p.
- SEMADS (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável), 2001b. *Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba*. Rio de Janeiro: SEMADS, 79p.