

Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, água e em *Leucopternis lacernulata* (gavião-pomba). Estudo de caso: Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro

Aldo Pacheco Ferreira¹

Resumo

O acúmulo de alguns metais pesados como cromo (Cr), cádmio (Cd), zinco (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni) e chumbo (Pb) em gavião pomba (*Leucopternis lacernulata*), água e sedimentos coletados em sete estações ao longo da Baía de Sepetiba foi estudado. Esta baía recebe descargas de efluentes de áreas altamente industrializadas e regiões densamente povoadas. Amostras de água, sedimentos e gavião-pomba foram processadas e analisadas para metais pesados e os resultados mostraram que a concentração de metais pesados no sedimento foi maior que da água, enquanto o gavião-pomba acumulou mais destes metais que o sedimento. Os dois compartimentos analisados com mais um representante da avifauna local demonstrou a elevada exposição e da persistência de metais pesados no local estudado, impactando significativamente a saúde pública, e explica o incremento preocupante dos casos de câncer observados na população, na última década.

Palavras-chave: poluição, contaminação ambiental, avifauna, saúde pública

Abstract

ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN SEDIMENT, WATER AND IN THE WHITE-NECKED HAWK, *LEUCOPTERNIS LACERNULATA*. A CASE STUDY: SEPETIBA BAY, RIO DE JANEIRO. The accumulation of heavy metals such as chromium (Cr), cadmium (Cd), zinc (Zn), copper (Cu), nickel (Ni) and lead (Pb) in White-necked Hawk (*Leucopternis lacernulata*), water and sediment collected from seven stations along Sepetiba Bay was studied. This bay receives effluent discharges from heavily industrialized and highly populated settlements. Samples of water, sediment and White-necked Hawk were processed and analyzed for heavy metals. The results showed that the sediment concentrated more heavy metals than the water, while the white-necked hawk accumulated more of these metals than the sediment. The two physical compartments analyzed and a representative of local avifauna, demonstrated the high exposure and persistence of heavy metals in the studied area, impacting the public health significantly, and possibly causing an increment of cancer cases in the local population in the last decade..

Keywords: pollution, environmental contamination, avifauna, public health

Introdução

A contaminação de sistemas aquáticos deve-se não só a causas naturais, mas, sobretudo a atividades humanas, como sejam, as descargas de efluentes domésticos ou industriais, a lixiviação de pesticidas em áreas agrícolas, dentre outras (Förstner & Wittmann, 1981). Sendo assim, as regiões costeiras e estuarinas recebem esses efluentes, na maioria das vezes sem tratamento adequado, ficando contaminadas por metais pesados, compostos químicos orgânicos e nutrientes, expondo, por conseguinte toda a vida marinha. Nesse contexto insere-se a baía de Sepetiba, que juntamente com suas áreas de mangue e zonas estuarinas constitui criadouro natural para as diversas espécies de aves, moluscos, crustáceos e peixes (Machado, 1996).

Como processo indutivo da poluição hídrica destaca-se o gradativo aumento da industrialização e expansão urbana potencializando a introdução de quantidades indesejáveis de poluentes no ambiente (Moraes & Jordão, 2002). Além do processo de expansão industrial, a Baía de Sepetiba está submetida a outras pressões ambientais, como: esgotos domésticos, efluentes da atividade agropecuária e atividade de extração de areia (Copeland et al., 2003). Porém, essas atividades têm menor relevância quando comparadas aos riscos potenciais de contaminação que são gerados pela atividade industrial, que afetam a qualidade dos ecossistemas dessa região, oferecendo riscos potenciais aos organismos e a uma parte importante da população local que depende dos recursos pesqueiros como fonte de renda e de alimentação (Coimbra, 2003).

¹ CESTEH/ENSP/FIOCRUZ Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Rua Leopoldo Bulhões 1480, Manguinhos, 21041-210 Rio de Janeiro RJ, Brasil. aldoferreira@ensp.fiocruz.br

Os metais pesados são transportados para os ecossistemas costeiros associados ao material particulado em suspensão, dissolvidos na coluna d'água ou por deposição atmosférica (Pereira & Ebecken, 2009). Tais compostos vem atingindo a Baía de Sepetiba através do transporte fluvial, sendo, então, transportados pelas correntes litorâneas onde são depositados e acumulados (Lacerda & Molisani, 2006).

Ainda que o termo metal pesado seja de conhecimento difundido, não possui uma definição própria, comum e consensuada a todos. Em função do ramo em que se atua, significados díspares podem ser relacionados ao termo. E, pelo fato destes metais serem comprovadamente tóxicos, associa-se a qualquer metal tóxico, independentemente de sua densidade relativa, como metal pesado. Em suma, metais pesados são aqueles cuja densidade relativa apresenta-se maior que seis; estando relacionados à poluição e a alto caráter tóxico. Nos últimos anos, efeitos tóxicos de metais pesados em organismos vivos, principalmente como resultado da sua contínua mobilização antropogênica no ambiente, têm atraído considerável atenção mundial. Metais são comuns em ecossistemas aquáticos urbanos e, ao contrário da maioria dos poluentes, não são biodegradáveis e, assim, persistentes no ambiente (Seebaugh et al., 2005; Schmitt-Jansen et al., 2008).

Os ecossistemas marinhos são altamente complexos, dinâmicos e sujeitos a muitos relacionamentos internos e externos que estão factíveis a mudanças ao longo do tempo. Os poluentes que entram nas águas costeiras e estuários criam problemas graves que causam sérios prejuízos para a vida e as atividades marinhas. Como ponto de investigação, as aves vêm sendo usadas como indicadores da condição ambiental porque são particularmente sensíveis a mudanças de origem antrópica (Bost & Lemaho, 1993). Segundo Dale & Beyeler (2001), se apresentam como excelentes ferramentas para avaliação de perturbações em diversos ambientes porque sua ligação com o ambiente e outros táxons é bem conhecida, além de se encontrarem em diferentes níveis da pirâmide ecológica. O Gavião-pomba, *Leucopternis lacernulata* (Temminck, 1827) vive em florestas de baixa altitude, ocorrendo ao longo da faixa litorânea do Brasil Oriental, de Alagoas a Santa Catarina (Amaral & Cabanne, 2008).

Consequências relacionadas a altos níveis de contaminação têm sido demonstradas em muitas aves aquáticas. A literatura registra que o fígado e o rim são substratos mais amplamente empregados no diagnóstico de contaminação ambiental por metais pesados (Furness & Camphuysen, 1997; Diamond & Devlin, 2003). Organismos aquáticos podem absorver e integrar metais diretamente ou indiretamente através da cadeia alimentar. O progressivo e irreversível acúmulo de tais compostos em vários órgãos de organismos marinhos

conduz a doenças relacionadas, a longo prazo, devido à sua toxicidade, pondo assim em risco a biota aquática e de outros organismos na cadeia alimentar (Wanless et al., 2005). Metais essenciais como o zinco são fundamentais para a manutenção orgânica, porém muitos outros não têm aparente função essencial, como o alumínio, cádmio e chumbo. No entanto, ambos os metais essenciais e não essenciais podem ser tóxicos quando presentes acima de certas concentrações limiar. A toxicidade varia entre os organismos, com as propriedades físico-químicas de cada metal e fatores ambientais. Destaca-se dentre os efeitos tóxicos dos metais o rompimento da integridade da membrana celular, acarretando falência de órgãos (Gadd, 1993). Em ambientes aquáticos, organismos podem ser expostos não apenas para um único produto químico, mas também a uma mistura de diversas substâncias, ao mesmo ou quase ao mesmo tempo, e isso pode afetar as comunidades bióticas e os processos ecológicos de uma forma não-previsível (Ross & Birnbaum, 2003).

A ocorrência de elevados níveis de metais-traço em especial nos sedimentos pode ser uma boa indicação de poluição e elevados níveis de metais pesados podem muitas vezes ser atribuídos a influências antropogênicas, ao invés de um enriquecimento natural dos sedimentos geológicos por intemperismo (Jesus et al., 2004). Os sedimentos, por outro lado, integram os contaminantes ao longo do tempo e estão em constante fluxo sobrejacente com a coluna d'água. A análise dos metais pesados nos sedimentos permite a detecção de poluentes que podem até estarem ausentes ou em baixas concentrações na coluna d'água e sua distribuição nos sedimentos costeiros fornece um registro da história espacial e temporal da poluição em uma determinada região ou ecossistema (Davies et al., 2006).

O acúmulo de metais a partir da água sobrejacente ao sedimento depende de uma série de fatores ambientais externos, tais como pH, força iônica, o tipo e concentração de ligantes orgânicos e inorgânicos e da superfície disponível para adsorção causada pela variação da granulometria (Davies et al., 2006; Bonai et al., 2009). A concentração de metais pesados na coluna d'água pode ser relativamente baixa, mas pode a longo prazo aumentar a concentração nos sedimentos como resultado do acúmulo de poluentes (Bonai et al., 2009); uma vez que os metais pesados que são descarregados nas águas costeiras e estuarinas associam-se a partículas e são incluídos na parte inferior sedimentos (Balkis & Cagatay, 2001).

Esta pesquisa intenta analisar a distribuição geoquímica de metais pesados na coluna d'água, sedimento e no gavião-pomba como indicador da avifauna local, buscando obter e avaliar os níveis de metais pesados; possibilitando uma melhor compreensão da baía de Sepetiba e fornecer subsídios para mitigar as possíveis contaminações

provocadas pelas atividades industriais, a urbanização sem planejamento adequado e sistemas de esgoto.

Material e métodos

A metodologia empregada no sentido de alcançar os objetivos estabelecidos foi dividida nas seguintes etapas: definição dos pontos amostrais, amostragem e medições em campo e análises em laboratório.

Local de Estudo

A baía de Sepetiba localiza-se no Estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22°55' e 23°05'S e as longitudes 43°40' e 44°40'W, com área de aproximadamente 450 km². Apresenta forma alongada, limitando-se a norte e a leste pelo continente, ao sul pela Restinga de Marambaia e a oeste pela Baía de Ilha Grande. Seu maior comprimento é de 42,5 km no sentido leste-oeste e sua maior largura é de 17,2 km no sentido norte-sul, com perímetro de 122 km.

A bacia hidrográfica contribuinte à baía de Sepetiba tem duas origens: a vertente da serra do Mar e uma extensa área de baixada, recortada por inúmeros rios, composta de 22 sub-bacias. Os principais rios da região hidrográfica da Baía de Sepetiba são os rios Guandu (chamado de canal de São Francisco na porção final, próximo à baía), da Guarda, canal do Itá (interligado com o rio Guandu-Mirim), Piraquê, Portinho, Mazomba e Cação. Os demais rios são cursos d'água com bacias bem menores, com baixíssimas vazões. O rio Guandu é o mais importante da bacia de contribuição. Responsável

pelo abastecimento de água para várias cidades forma o principal manancial da cidade do Rio de Janeiro. As **vazões médias dos rios citados são: 89.0 m³.s⁻¹, 6.8 m³.s⁻¹, 3.3 m³.s⁻¹, 2.5 m³.s⁻¹, 8.8 m³.s⁻¹, 0.5 m³.s⁻¹ e 1.1 m³.s⁻¹, respectivamente.**

Atualmente, a bacia da baía de Sepetiba possui uma população estimada de 1.295.000 habitantes, os quais geram uma produção de esgotos sanitários da ordem de 286.900 m³/dia. A grande parte dos municípios, compreendidos nesta bacia não conta com serviços de coleta de resíduos sólidos e mais precária ainda, é a situação de disposição final desses resíduos, sendo comum o lançamento em lixões, que em grande parte estão localizados às margens dos rios e em encostas e próximos a aglomerações urbanas, resultando em uma grave degradação ambiental. O aumento desordenado da população, sem a correspondente ampliação da infraestrutura de saneamento adequada, o grande volume de resíduos industriais e o uso, ainda que moderado, de agrotóxicos nas atividades agrícolas, representam fontes poluidoras para as águas da bacia. Pode-se considerar uma concentração populacional, localizada principalmente na área urbana, de cerca de 1,7 milhões de habitantes.

Sítios de Amostragem

A área de coleta de amostras é composta por sete estações na baía de Sepetiba conforme identificadas na Figura 1, com as seguintes coordenadas devidamente registradas com o auxílio de um GPS (Global Positioning System): P1 - 23°00'42''S / 43°79'45''W, P2 - 23°01'51''S / 43°50'33''W, P3 - 22°56'22''S / 43°53'22''W, P4 - 22°56'42''S / 43°57'01''W, P5 - 22°57'20''S /

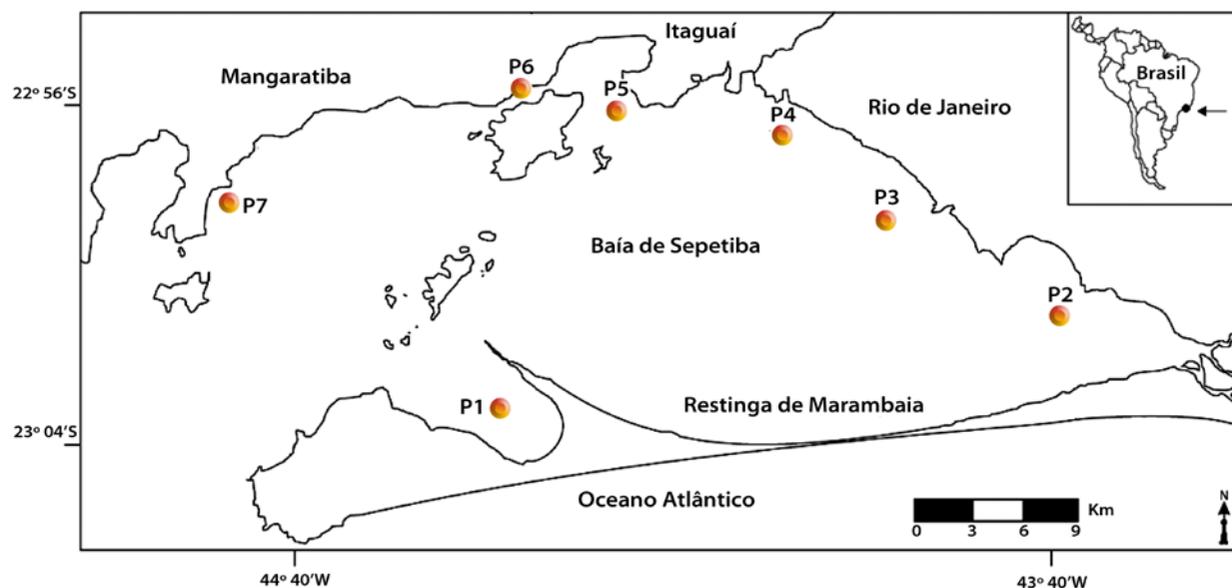


Figura 1. Área de estudo (Baía de Sepetiba), com pontos de amostragem em destaque.

43°62'35"W, P6 - 22°58'41"S / 43°69'18"W (local de obtenção das aves) e P7 - 22°55'30"S / 44°38'03"W.

Procedimentos de coleta e preparo de amostras para análise

Foram coletadas amostras de água superficial e sedimento em 3 campanhas de campo, nos meses de setembro e dezembro de 2008, e no mês de maio de 2009, nos pontos de coleta identificados (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).

Para avaliar a qualidade da água foi realizado a medição de alguns parâmetros físicos e químicos com uma sonda multiparâmetros HORIBA modelo U-22 (Water Quality-Checker), calibrada previamente a cada coleta. Leituras foram feitas a profundidade de 1,0 m. Parâmetros medidos: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez.

Para análise de metais na água, a coleta de amostras foi feita com garrafa de Van Dorn. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em gelo e transportadas até o laboratório. Precedeu-se a filtragem das amostras d'água em filtro Milipore tipo ME 25/21 (0,45 µ), com o uso de bomba a vácuo. Em seguida foram retirados 100 ml de cada amostra, adicionando-se 20 ml de ácido nítrico P.A. e levando ao aquecimento em chapa até evaporar 60 ml da solução. Após atingir a temperatura ambiente, foram adicionados 40 ml de água-régia (HNO₃ e HCl, na proporção de 1:3, em volume), a fim de obter uma solução final de 100 ml de amostra.

Para análise de metais no sedimento, as amostras foram coletadas com um amostrador pontual (busca-fundo) do tipo Van Veen. Foram identificadas, colocadas em sacos plásticos e mantidas refrigeradas a 4°C até processamento. Em laboratório os sedimentos foram secos à 60°C e depois peneirados em malha de 0,63 mm (Granutest) a fim de uniformizar a granulometria e retirar fragmentos de conchas e grãos maiores. As amostras foram liofilizadas e a estocagem final foi feita em frascos plásticos herméticos, ao abrigo do calor e luz até o início das análises laboratoriais.

Carcaças de gavião-pomba foram coletadas, identificadas e posteriormente armazenadas para uso nesta pesquisa, encontradas a partir de 2007, no sítio de amostragem (P6), que é a área de manguezal de Coroa Grande, baía de Sepetiba, característica região de habitat de várias espécies da avifauna local. Neste experimento foram selecionadas somente aves adultas. Para análise dos órgãos das aves, foram coletados (fígado, rim), pesados e mantidos congelados (-20°C). No laboratório, foram preparadas amostras dos órgãos coletados, de peso de 15 g cada. Cada amostra de órgão foi direcionada para análise laboratorial. As concentrações parciais dos metais foram obtidas a partir da digestão da amostra seca, digeridas em erlenmeyers de 125

ml, fechadas com dedo frio, contendo 20 ml de água-régia diluída (50%) em banho-maria na faixa de 70 – 80°C, por 2 horas (Carvalho et al., 2008).

Determinação do teor de metais nas amostras

A determinação dos elementos (cromo, cobre, níquel, chumbo, zinco e cádmio) foi realizada pelo método de espectrofotometria de emissão ótica em plasma induzido (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, ICP) com chama física de argônio. Para definição dos comprimentos de onda no ICP foram testadas, inicialmente, todas as possibilidades disponibilizadas pelo aparelho, tanto no plano de visão axial quanto no plano radial. Procedeu-se então, para cada elemento, ao traçado do espectro de uma solução contendo apenas a espécie química a ser determinada, a fim de identificar e ajustar o pico de emissão do elemento. Os comprimentos de onda dos metais pesquisados foram: Cr 267,716 nm; Cu 324,754 nm; Ni 231,604 nm; Pb 220,353 nm; Zn 213,856 nm e Cd 226,502 nm. Posteriormente, fez-se a leitura do branco, de uma amostra e do ponto máximo da curva de calibração, a fim de verificar possíveis interferências espectrais e, se possível, minimizá-las, fazendo-se ajustes nas linhas de base, delimitando a área do pico. Após esses ajustes, fez-se a leitura da curva de calibração, selecionando-se os comprimentos de onda que apresentaram o coeficiente de determinação do modelo linear (R²) mais próximo de 1 e com o mínimo de interferência espectral.

Para a validação do método empregado, realizou-se o teste de recuperação dos analitos, utilizando-se como material de referência certificado o DORM-2, constituído de tecido muscular liofilizado de peixe (dogfish), produzido pelo National Research Council of Canada (NRCC). As percentagens de recuperação da amostra certificada foram: Cr (99%), Cu (87%), Ni (84%), Pb (88%), Zn (102%) e Cd (93%). A análise estatística foi realizada utilizando o pacote estatístico ORIGIN 7.5 (OriginLab Corporation).

Resultados

Estudo de parâmetros físico-químicos na água

As variáveis físico-químicas são apresentadas na **Tabela 1**. Os parâmetros comparativos para os dados obtidos são analisados frente aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. No geral, os valores de condutividade elétrica permaneceram baixos. No tocante aos outros parâmetros analisados: temperatura, pH e turbidez, os resultados mostraram estarem dentro da faixa preconizada. Porém, contrastando com os parâmetros anteriores, os

dados obtidos quanto às análises de oxigênio dissolvido, os pontos P3, P4 e P5, mostraram-se com razoável oxigenação, mas já caminhando para níveis preocupantes. O ponto de coleta P6 mostrou-se ligeiramente na faixa durante os períodos de chuva, mas apresentou nível mais baixo no período de estiagem. As perdas deste elemento ocorrem devido aos processos de consumo durante a oxidação da matéria orgânica; às perdas para a atmosfera; à respiração dos organismos e à oxidação de íons metálicos.

Estudo de metais na água

Nos estudos de metais na água foi utilizado como referencial a resolução Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que estabelece aos teores máximos permitidos de metais pesados em águas salinas ($\mu\text{g.L}^{-1}$). Os resultados das análises de água e sedimento nas 3 campanhas de campo são apresentados na **Tabela 2** e na **Tabela 3**, respectivamente.

Quanto às concentrações dos metais pesados (Cd, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni) nas amostras de águas, nota-se que algumas concentrações se encontram acima dos valores recomendados para águas de classe 2, segundo a resolução N°357/2005. Os teores de Cd apresentaram-se satisfatórios nos pontos P1, P6 e P7, e ligeiramente comprometido no ponto P2 e acima dos níveis preconizados nos pontos P3, P4 e P5. Os teores de Zn apresentaram-se satisfatórios nos

pontos P1 e P7, e acima dos níveis preconizados nos pontos P2, P3, P4, P5 e P6. Os teores de Cu apresentaram-se satisfatórios nos pontos P1, P2, P3, P6 e P7, e acima dos níveis preconizados nos pontos P4 e P5. Os teores de Pb apresentaram-se satisfatórios em todos os pontos. Os teores de Cr apresentaram-se satisfatórios nos pontos P1, P2, P3, P6 e P7, e ligeiramente comprometidos em algumas coletas nos pontos P4 e P5. Os teores de Ni apresentaram-se satisfatórios nos pontos P1, P6 e P7, e ligeiramente comprometidos em algumas coletas nos pontos P2, P3, P4 e P5.

Quanto às concentrações dos metais pesados nas amostras de sedimento, Os teores de Cd apresentaram-se ligeiramente menores no ponto P1, e com níveis maiores nos pontos P2, P3, P4, P5, P6 e P7. Os teores de Zn foram detectados em todos os pontos. Os teores de Cu apresentaram-se em menores níveis em algumas coletas nos pontos P1, P2, e P7, e em maiores concentrações nos pontos P3, P4, P5 e P6. Os teores de Pb apresentaram-se mais baixo no ponto P7, e mais expressivos nos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Os teores de Cr apresentaram-se baixos nos pontos P1, e em níveis elevados nos pontos P2, P3, P4, P5 e P6. Os teores de Ni apresentaram-se baixos nos pontos P1 e P7, e com níveis maiores nos pontos P2, P3, P4, P5 e P6.

A média geométrica das concentrações de metais pesados para cada órgão foi sumarizada na Tabela 4. As concentrações geométricas médias variaram de 1,45 a 26

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos medidos nos pontos de coleta, baía de Sepetiba

Pontos de coleta	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)			Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			Turbidez (UNT)			pH			Oxigênio Dissolvido (mg/L)		
	Set/08	Dez/08	Mai/09	Set/08	Dez/08	Mai/09	Set/08	Dez/08	Mai/09	Set/08	Dez/08	Mai/09	Set/08	Dez/08	Mai/09
P1	19,11	17,33	18,81	24,5	25,5	24,0	6,1	7,2	7,9	6,5	6,6	6,9	9,5	10,6	10,1
P2	15,78	17,34	19,66	25,0	26,5	25,0	9,4	7,9	8,3	7,6	7,8	7,8	7,1	7,8	6,9
P3	17,30	17,68	11,22	24,5	27,0	25,0	12,3	13,7	16,8	8,1	8,2	7,9	4,3	5,7	5,1
P4	16,11	17,62	10,44	25,5	27,0	25,0	16,6	15,4	16,3	8,7	8,5	8,3	4,9	5,0	4,2
P5	17,30	17,68	16,71	25,5	26,5	25,5	16,2	14,3	13,4	8,2	8,1	7,8	4,6	4,5	4,2
P6	17,24	18,08	12,20	26,0	26,5	25,5	15,6	15,4	16,1	7,7	7,4	7,6	6,4	5,9	4,7
P7	18,90	17,96	15,11	24,5	25,5	24,5	8,9	9,3	10,3	6,8	6,9	6,9	7,9	8,1	8,0

Teores máximos, Conama 357/2005: Turbidez - até 100 UNT; pH - 6,5 - 8,5; OD - não inferior a 6 mg/l

Tabela 2. Resultados dos teores de metais nas análises de água nos pontos amostrados na baía de Sepetiba

Pontos de coleta	Cd ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Zn ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Cu ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Pb ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Cr ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Ni ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		
	set/08	dez/08	mai/09															
P1	0,1	-	0,3	140,1	108,5	82,9	6,4	3,6	8,2	11,2	6,7	10,1	-	-	3,2	4,4	-	6,7
P2	0,8	1,2	1,4	268,5	401,2	361,5	11,5	9,7	16,6	9,3	5,6	8,9	12,3	14,5	22,4	11,2	12,3	33,6
P3	2,1	2,2	1,8	354,5	345,4	253,4	16,3	15,7	19,5	13,4	9,6	10,4	45,4	33,3	41,2	13,5	34,3	26,4
P4	5,7	9,8	11,3	419,2	283,4	605,9	34,5	36,4	49,6	15,5	12,3	10,2	33,4	53,2	56,3	29,8	28,6	45,3
P5	1,5	2,4	2,6	541,1	338,7	609,6	21,0	19,6	45,8	10,1	16,1	11,6	67,8	45,6	77,1	24,5	19,9	28,0
P6	0,5	0,6	0,7	436,0	326,7	229,2	13,3	9,8	17,6	17,2	6,5	13,3	18,9	11,2	19,5	11,1	10,3	18,3
P7	0,2	0,2	0,4	118,8	52,8	98,2	6,5	6,2	7,3	4,2	7,7	10,9	2,4	3,8	1,2	3,3	6,6	5,5

Teores máximos ($\mu\text{g.L}^{-1}$), Conama 357/2005: Cd - 1; Zn - 180; Cu - 20; Pb - 30; Cr - 50; Ni - 25

Tabela 3. Resultados das análises de sedimento nos pontos amostrados na baía de Sepetiba

Pontos de coleta	Cd ($\mu\text{g.g}^{-1}$)			Zn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)			Cu ($\mu\text{g.g}^{-1}$)			Pb ($\mu\text{g.g}^{-1}$)			Cr ($\mu\text{g.g}^{-1}$)			Ni ($\mu\text{g.g}^{-1}$)		
	set/08	dez/08	mai/09															
P1	0,031	0,042	0,092	2,32	5,12	4,43	0,005	0,005	0,121	3,41	4,34	2,33	0,34	0,45	0,67	0,033	0,041	0,009
P2	4,22	6,25	6,04	9,60	8,74	7,89	0,024	0,008	0,232	3,12	2,32	5,67	9,61	6,14	5,58	1,070	2,072	4,111
P3	12,12	10,39	16,85	5,69	9,24	9,01	1,052	0,072	0,645	2,02	4,66	2,34	31,02	25,33	44,17	0,956	1,574	2,004
P4	16,40	22,30	45,65	11,41	7,84	11,25	1,005	0,065	0,406	19,38	17,4	35,54	24,37	22,09	24,56	2,234	3,213	5,078
P5	14,02	9,82	18,73	19,93	18,07	33,24	1,005	0,055	0,377	6,93	5,67	42,07	20,02	18,10	20,23	4,121	8,092	7,070
P6	2,27	2,11	5,41	8,11	8,68	16,72	2,005	1,022	0,221	15,64	24,31	31,23	5,04	9,37	12,66	1,004	5,023	3,115
P7	0,09	0,061	1,02	3,42	2,61	3,32	0,003	2,037	0,170	0,94	0,73	1,23	1,62	2,36	3,62	0,035	0,058	0,060

vezes acima do limite e 1,2 a 21 vezes acima do limite, no rim e no fígado, respectivamente, tendo como base os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pelo Decreto 55871/65 e Portaria 685/98. Os limites estabelecidos para os metais Cd, Pb, Zn, Cr, Cu e Ni, são respectivamente, 1,0; 8,0; 50,0; 0,10; 30,0; 5,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

Tabela 4. Faixas de concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$ metal, w.wt.) nos órgãos (fígado e rim) de *L. lacernulata*

Elemento	VMP ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Órgãos			
		Rim		Fígado	
		Média Geométrica ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Faixa ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Média Geométrica ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Faixa ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Cd	1,0	5,943534	4,42-7,8	7,244513	4,43-12,81
Zn	50,0	75,85816	68,45-82,5	60,56906	56,49-65,2
Cu	30,0	62,09078	45,1-78,4	45,25394	42,15-49,7
Pb	8,0	42,94363	34,3-50,03	41,9491	37,72-46,43
Cr	0,10	2,601636	1,9-3,31	2,137658	1,31-3,4
Ni	5,0	7,229744	5,7-10,78	7,708254	6,15-8,7

VMP = Valor Máximo Permitido

A Tabela 5 aponta a presença dos níveis dos metais pesados pesquisados nas diferentes matrizes ambientais envolvidas nesse estudo, bem como o grau de comprometimento na amostra animal desse estudo (gavião-pombo).

Discussão

Tabela 5. Níveis dos metais pesados pesquisados nas diferentes matrizes ambientais, nos órgãos de *L. lacernulata*, e compatibilização destes nos pontos amostrados

	Metais											
	Cd		Zn		Cu		Pb		Cr		Ni	
	Satisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório
Coluna d'água	P1, P6, P7	P2, P3, P4, P5	P1, P7	P2, P3, P4, P5, P6	P1, P2, P3, P6, P7	P4, P5	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7	-	P1, P2, P3, P6, P7	P4, P5	P1, P6, P7	P2, P3, P4, P5
Sedimento	P1	P2, P3, P4, P5, P6, P7	-	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7	P1, P2, P7	P3, P4, P5, P6	P7	P1, P2, P3, P4, P5, P6	P1	P2, P3, P4, P5, P6, P7	P1, P7	P2, P3, P4, P5, P6
Órgão (rim)	-	SIM	-	SIM	-	SIM	-	SIM	-	SIM	-	SIM
Órgão (fígado)	-	SIM	-	SIM	-	SIM	-	SIM	-	SIM	-	SIM

A condutividade elétrica apresenta características importantes, pois através deste parâmetro podem-se obter informações importantes sobre os sistemas aquáticos e sobre os processos que podem estar ocorrendo na bacia de drenagem. Sua determinação está relacionada à decomposição, a compostos dissolvidos e à presença de íons. Os íons diretamente responsáveis são: magnésio, cálcio, potássio e sódio. No geral, os valores de condutividade elétrica permaneceram baixos. Os outros parâmetros analisados: temperatura, pH e turbidez, os resultados mostraram estarem dentro da faixa preconizada; porém, os resultados das análises de oxigênio dissolvido alguns pontos já apresentam valores abaixo da faixa preconizada.

Na sistematização de liberação de metais pesados para o ambiente, numa análise genérica, sabe-se que o cádmio é encontrado nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, como os de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, etc. É também usado como inseticida. Não apresenta nenhuma qualidade, pelo menos conhecida até o presente, que o torne benéfico ou essencial para os seres vivos. É um metal com elevado potencial tóxico e acumula-se em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar (Savinov et al., 2003). A ação sobre a fisiologia na cadeia trófica é semelhante às do níquel, zinco e chumbo (Monteiro et al., 1998). Apresentou-se fora das normas nas análises de

água no período de estiagem no ponto P2, e em todas as coletas nos pontos P3, P4 e P5. Porém, nas análises de sedimentos todas as análises mostraram que todos os pontos apresentaram níveis acima dos preconizados, sendo mais expressivos nos pontos P3, P4 e P5.

Os fatos, a seguir, podem explicar os altos teores encontrados nesta pesquisa. O zinco é um elemento essencial para o crescimento e sua presença é comum nas águas naturais. Os efeitos tóxicos de Zn atuam sobre o sistema respiratório dos animais marinhos e nos representantes do topo de cadeia. É largamente utilizado na indústria, principalmente em galvanoplastias, na forma metálica e de sais, tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. Pode entrar no ambiente através de processos naturais (lixiviação de rochas e solos) e antropogênicos, entre os quais se destaca a produção de ferro e aço e os efluentes domésticos (Carvalho et al., 2008). O chumbo está presente na água devido à lixiviação natural de minerais ou por interferências antrópica, tais como: efluentes industriais, tintas, tubulações, materiais de construção (telhas e chapas), impurezas de fertilizantes, pesticidas. Dentre alguns efeitos potenciais sobre a saúde, a contaminação por chumbo no ser humano pode causar cansaço, irritabilidade, anemia, tontura, dor de cabeça, tremores musculares, transtornos sensoriais, perda de memória e redução das funções neurofisiológicas (Davies et al., 2006; Carvalho et al., 2008). O cobre em concentrações elevadas é prejudicial à saúde, porém, em pequenas quantidades é benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilitando a cura de anemias (Eisler, 2000). O cobre no meio ambiente é proveniente de corrosão de efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial. As águas subterrâneas podem ser contaminadas a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes (Davies et al., 2006; Carvalho et al., 2008).

A chave para a compreensão toxicidade de metais para o ambiente é o entendimento da disponibilidade a exposição de metais em vários ecossistemas. Segundo (Oedekoven et al., 2001), a disponibilidade de metais para organismos é em grande parte determinada pela sua presença em compostos ou espécies, compartimentos ambientais em que ele existe, e os outros constituintes presentes naqueles compartimentos que apresentam grande disponibilidade impactando a vida marinha. Alterações nas condições naturais por atividades humanas freqüentemente alteram a disponibilidade de metais.

O foco da pesquisa na avaliação de metais pesados na avifauna como representante de topo de cadeia ressaltou que apesar de serem espécies sedentárias, o

grau de bioacumulação aos metais pesquisados podem refletir-se, também, nas espécies migratórias devido à exposição. A contaminação a metais em uma área pode ter efeitos lesivos em toda uma região, particularmente nos domínios ativos de alimentação ou reprodução, ou seja, das rotas migratórias e em áreas de estadiamento e reprodução.

Conclusões

O ecossistema aquático tem sido relatado a ser o destinatário final da poluição de metais pesados. Os níveis de metais pesados registrados na água neste inquérito foram inferiores aos níveis para os sedimentos e no gavião-pombo. Os níveis mais elevados nos sedimentos poderiam estar ligados à absorção de partículas nestes, enquanto que os níveis elevados nas aves podem estar ligados a bioacumulação.

O sistema aquático pode ser dividido em três compartimentos principais, tais como, a coluna d'água, o material particulado biótico e abiótico em suspensão e o sedimento. Sabe-se que o material particulado contém uma composição química que é o resultado de processos químicos e físicos que ocorrem na coluna d'água. Porém, na medida em que vai decantando, ou seja, com uma deposição continuada, faz que fiquem registradas no sedimento as variações que o corpo d'água foi submetido. Por isso foi objetivado o estudo na coluna d'água, no sedimento e incorporando um representante de topo de cadeia, por possibilitar uma análise melhor e maior dos níveis individualizados dos principais metais pesados presentes na baía de Sepetiba.

Tal método de análise de metais compatibilizando as variáveis ambientais biótica e abiótica fez uma correlação significativa e, por conseguinte, preocupante. Nos pontos de coleta P1 e P7, onde se observa um maior fluxo da entrada de maré que possibilita um maior poder de dissolução e ausência de vazão de rios e entrada de lixiviação de origem antrópica, os teores de metais apresentaram-se em algumas análises não detectadas e/ou em níveis insignificantes. Observação correspondente se deu no P6 que é área de manguezal de Coroa Grande na baía de Sepetiba, onde se detectou níveis maiores que os anteriores por conta da proximidade de áreas de vazão hídrica da bacia e carreamento de alguns compostos metálicos, potencializando comprometimentos a fauna local pela exposição desta na área de convívio e reprodução. Os pontos seguintes (P2, P3, P4 e P5) estão localizados nas encostas de vazão de rios importantes dos municípios componentes da bacia hidrográfica que deságua na baía de Sepetiba, que como relatado anteriormente, por não apresentar melhores condições de saneamento, lixivia teores importantes a baía,

impactando significativamente o meio ambiente. Como esses compostos são persistentes e sem termos políticas públicas claras e imediatas de recuperação dos ambientes marinhos, vemos que de forma silenciosa e preocupante o grau de complexidade dos nossos ecossistemas, problematizando a saúde pública.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de produtividade (306175/2008-8).

Referências

- AMARAL, F.S.R. & CABANNE, G.S. 2008. *Leucopternis lacermulata*. In: MACHADO, A.B., DRUMMONG, G.M., PAGLIA, A.P. (Org.). Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1 ed., Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2: 426-427.
- BALKIS, N. & CAGATAY, M.N. 2001. Factors controlling metal distributions in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Environment International* 27: 1-13.
- BONAI, N.C.; SOUZA-FRANCO, G.M.; FOGOLARI, O.; MOCELIN, D.J.C. & DAL MAGRO, J. 2009. Distribution of metals in the sediment of the Itá Reservoir, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis* 21(2): 245-250.
- BOST, C.A. & LEMAHO, Y. 1993. Seabirds as bio-indicators of changing marine ecosystems - new perspectives. *Acta Oecologica* 14(3): 463-470.
- BRASIL. 2005. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 53, seção 1, 58-63.
- CARVALHO, C.E.V.; DI BENEDITTO, A.P.M.; SOUZA, C.M.M.; RAMOS, R.M.A. & REZENDE, C.E. 2008. Heavy metal distribution in two cetacean species from Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(6): 1117-1120.
- COIMBRA, A.G. 2003. Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das garças, Baía de Sepetiba, Rj. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 72 p.
- COPELAND, G.; MONTEIRO, T.; COUCH, S. & BORTHWICK, A. 2003. Water quality in Sepetiba Bay, Brazil. *Marine Environmental Research* 55: 385-408.
- DALE, V.H. & BEYELER, S.C.. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- DAVIES, O.A.; ALLISON M.E. & UYI, H.S. 2006. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus var radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. *African Journal of Biotechnology* 5(10): 968-973.
- DIAMOND, A.W. & DEVLIN, C.M. 2003. Seabirds as indicators of changes in marine ecosystems: ecological monitoring on Machias Seal Island. *Environmental Monitoring and Assessment* 88: 153-175.
- EISLER, R. 2000. Handbook of Chemical Risk Assessment: Health Hazards to Humans, Plants, and Animals. Vol. 1. Metals. 738 pp. Lewis Publishers. Boca Raton. Chapter 3: Copper. pp. 93-200.
- FÖRSTNER U.E. & WITTMANN, G.T.W. 1981. Metal Pollution in the Aquatic Environment. Springer-Verlag, Berlin, 486p.
- FURNESS, R.W. & CAMPHUYSEN, C.J. 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. *Ices Journal of Marine Science* 54(4): 726-737.
- JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONÇA, A.S.F. & ZANDONADE, E. 2004. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Química Nova* 27(3): 378-386.
- GADD, G.M. 1993. Interactions of fungi with toxic metals. *New Phytologist* 124: 25-60
- 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 rhizophorae*. *Marine Pollution Bulletin* 52(8): 974-977.
- MACHADO, J.C.V. 1996. Estudo do grau de contaminação por hidrocarbonetos nos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, 136p.
- MONTEIRO, L.R.; GRANADEIRO, J.P. & FURNESS, R.W. 1998. Relationship between mercury levels and diet in Azores seabirds. *Marine Ecology Progress Series* 166: 259-265.
- MORAES, D.S.L. & JORDAO, B.Q. 2002. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista de Saúde Pública* 36(3): 370-374.

- OEDEKOVEN, C.S.; AINLEY, D. G. & SPEAR, L.B. 2001. Variable responses of seabirds to change in marine climate: California Current, 1985-1994. *Marine Ecology-Progress Series* 212: 265-281.
- PEREIRA, G.C. & EBECKEN, N.F.F. 2009. Knowledge discovering for coastal waters classification. *Expert Systems with Applications* 36(4): 8604 – 8609.
- ROSS, P. S., BIRNBAUM, L. S. 2003. Integrated human and ecological risk assessment: A case study of Persistent Organic Pollutants (Pops) in humans and wildlife. *Human and Ecological Risk Assessment* 9(1): 303-324.
- SAVINOV, V.M.; GABRIELSEN, G.W. & SAVINOVA, T.N. 2003. Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences. *The Science of the Total Environment* 306(1-3): 133-158.
- SCHMITT-JANSEN, M.; VEIT, U.; DUDEL, G. & ALTENBURGER, R. 2008. An ecological perspective in aquatic ecotoxicology: Approaches and challenges. *Basic and Applied Ecology* 9(4): 337-345.
- SEEBAUGH, D.R.; GOTO D. & WALLACE, W.G. 2005. Bioenhancement of cadmium transfer along a multi-level food chain. *Marine Environmental Research* 59(5): 473–491.
- KAMALA-KANNAN S.; BATVARI B.P.D.; LEE K.J.; KANNAN, N.; KRISHNAMOORTHY, R.; SHANTHI, K. & JAYAPRAKASH, M. 2008. Assessment of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in water, sediment and seaweed (*Ulva lactuca*) in the Pulicat Lake, South East India. *Chemosphere* 71(7): 1233-1240
- WANLESS, S.; HARRIS, M. P.; REDMAN, P. & SPEAKMAN, J.R. 2005. Low energy values of fish as a probable cause of a major seabird breeding failure in the North Sea. *Marine Ecology-Progress Series* 294: 1-8.

