



SETAC – Brazil

Selênio em Tecidos de Organismos Marinhos da Baía de Guanabara, Brasil

T. G. SEIXAS,^{1*} H. A. KEHRIG,² I. MOREIRA¹ & O. MALM²

¹Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, CEP 22453-900, Rio de Janeiro

²Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, CCS, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CEP 21949-900, Rio de Janeiro

RESUMO

Neste estudo foram determinadas as concentrações de selênio total (TSe) no tecido muscular e no fígado de três espécies de peixes e, também, nos tecidos moles de uma espécie de bivalve. As amostras sofreram um tratamento ácido, e o TSe foi determinado por Absorção Atômica com forno de grafite (GF-AAS) equipado com corretor Zeeman. As concentrações de Se no tecido muscular foram mais elevadas no peixe carnívoro. O fígado foi o órgão que apresentou as maiores concentrações de Se para todas as espécies de peixe. Nos peixes, a concentração de Se no tecido muscular apresentou correlação significativa e positiva com o comprimento total. Os mexilhões apresentaram correlação significativa (Spearman) entre a concentração de Se nos tecidos moles e o índice de condição (IC). Todas as espécies estudadas apresentaram concentração de TSe no tecido muscular e nos tecidos moles dentro dos limites aceitáveis pela OMS (1,5 µg.g⁻¹ em peso úmido) para o consumo humano.

Palavras-chave: selênio total, peixes e mexilhão, Baía de Guanabara, hábito alimentar.

ABSTRACT

Selenium in tissues of marine organisms of Guanabara Bay, Brazil

This study assessed total selenium concentrations in the muscle tissues and liver samples of three fish species and also in the soft tissues of a bivalve. The samples were digested with concentrated acid and analyzed by GF-AAS using Zeeman background correction. Concentrations of selenium in the muscle tissue samples were higher in carnivorous fish. The liver samples of all studied fish species presented the highest total selenium concentration. The fish species presented a high positive correlation (Spearman) between their total lengths and total selenium concentration. A significant correlation was observed between the selenium concentration in the mussel soft tissues and the condition index (IC). All studied species presented the selenium concentrations in the muscle tissue and in the soft tissue below the safety limit established by WHO for human consumption (1.5 µg.g⁻¹ in wet weight).

Key words: total selenium, fish and mussel, Guanabara Bay, feeding habit.

INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é conhecido como um micronutriente essencial para a maioria dos animais, porém em concentrações elevadas é considerado tóxico (Chatterjee & Bhattacharya, 2001). Há grande interesse em entender o comportamento do Se nos organismos marinhos devido a sua importância fisiológica e toxicológica. São poucos os trabalhos dedicados ao metabolismo e à acumulação do Se no meio ambiente

aquático, e seu ciclo biogeoquímico é parcialmente conhecido (Pelletier, 1985). Alguns estudos relacionados ao metabolismo do Se nos produtores primários (Fries, 1982; Price *et al.*, 1987) e à acumulação do Se pelos consumidores (Fowler & Benayoun, 1976) forneceram algumas informações básicas a respeito da importância e do papel desse elemento para a biota marinha. Os bivalves e os peixes são reconhecidamente empregados como biomonitores de Se em ambientes aquáticos (Chatterjee & Bhattacharya, 2001). Peters *et al.* (1999) concluíram em

* Corresponding author: Tércia G. Seixas; e-mail: terciar@rdc.puc-rio.br.

seus estudos que a cadeia alimentar bentônica é uma importante fonte de Se para os peixes e que a principal rota para a bioacumulação é via cadeia alimentar. Porém, uma variedade de parâmetros abióticos e bióticos pode influir na eficiência com que os organismos aquáticos acumulam os metais pesados e o selênio em seus tecidos e órgãos (Reinfelder *et al.*, 1998). A concentração de Se nos detritos orgânicos dos sedimentos é mais importante para a contaminação da cadeia alimentar aquática do que a concentração de Se dissolvido na coluna d'água (Peters *et al.*, 1999). Estudos vêm mostrando que a contaminação dos sistemas aquáticos por Se pode causar sérios danos à biota, inclusive a mortalidade de peixes (Gillespie & Baumann, 1986).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as concentrações de selênio total no tecido muscular e no fígado de três espécies de peixes bentônicos com diferentes hábitos alimentares (*Mugil liza* – tainha, peixe planctívoro; *Bagre* spp. – bagre, peixe onívoro; e *Micropogonias furnieri* – corvina, peixe carnívoro) e nos tecidos moles de uma espécie de bivalve (*Perna perna*) coletados na Baía de Guanabara (22°S, 43°W, 400 km²), localizada no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Figura 1).

Segundo a literatura científica, não são encontrados dados a respeito de selênio tanto no ambiente quanto nos organismos desse importante ecossistema brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Durante os anos de 2000 e 2003, foram coletados, na Baía de Guanabara, 31 indivíduos de tainha (peixe planctívoro), 14 indivíduos de bagre (peixe onívoro), 34 indivíduos de corvina (peixe carnívoro) e 40 indivíduos de mexilhão (bivalve filtrador). Os mexilhões foram coletados em três pontos distintos: Marina da Glória (N = 10), Praia da Boa Viagem (N = 10) e Ponte Rio-Niterói (N = 20).

As amostras sofreram digestão ácida (HNO₃) a quente (Deaker & Maher, 1997) em sistema fechado. A concentração de Se total foi determinada por Absorção Atômica com Forno de Grafite (AAS ZEE nit 60, Analytic Jena) equipado

com corretor Zeeman de background, forno de grafite com plataforma PIN e um auto-amostrador AS52. O modificador químico empregado foi o Pd. A precisão e a exatidão do método analítico foram determinadas utilizando-se materiais certificados de referência fornecidos pelo National Research Council Canadá (DORM-2, tecido muscular) e pelo National Institute for Science and Technology (EUA, NIST 2976, tecidos moles de mexilhão). Os resultados obtidos para DORM-2 (N = 26) e NIST 2976 (N = 10) foram $1,39 \pm 0,23 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.s. e $1,91 \pm 0,14 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.s., respectivamente. Sendo os valores certificados de $1,40 \pm 0,09 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.s. para o DORM-2 e $1,80 \pm 0,15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.s. para o NIST 2976. O limite de detecção (3σ) para o método foi de $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, e a quantidade mínima de selênio determinada foi de $0,05 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Análise estatística

Após verificar a não normalidade na distribuição dos dados (teste W; $p = 0,00$), aplicaram-se, então, os testes não paramétricos: análise de variância (Kruskal-Wallis – ANOVA), para testar diferenças na concentração de Se entre as espécies, níveis tróficos e tecidos, e Mann-Whitney (Teste U), para comparar a concentração de selênio nos diversos tecidos dos organismos. Utilizou-se, também, a correlação de Spearman para verificar se há relação entre os parâmetros estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados na Tabela 1 e Figura 2.

As concentrações de Se (em peso úmido) no tecido muscular dos peixes se mostraram significativamente diferentes ($H = 31,90$; $p = 0,00$) e foram mais elevadas na corvina, peixe bentônico carnívoro.

Entretanto, essa espécie de peixe apresentou concentração de Se no fígado similar ($p = 0,88$) à encontrada no mesmo órgão da tainha e significativamente diferente à observada no fígado do bagre ($H = 17,46$; $p = 0,00$). O fígado dos peixes estudados foi o tecido que apresentou a maior concentração de Se quando comparado ao tecido muscular dos mesmos.

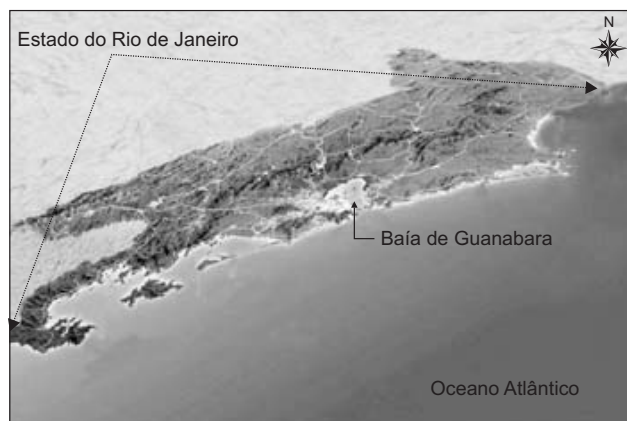
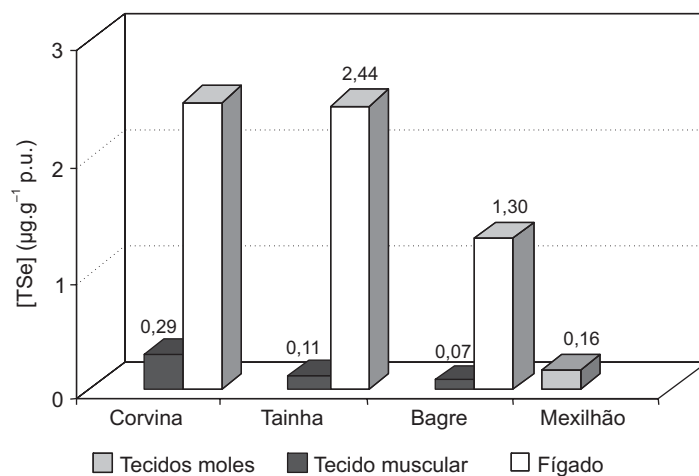


Figura 1 — Localização da Baía de Guanabara no Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 1 — Medianas das concentrações de selênio total nos tecidos e órgãos dos organismos da Baía de Guanabara e seus parâmetros biológicos.

	<i>Micropogonias furnieri</i> (corvina)	<i>Bagre sp.</i> (bagre)	<i>Mugil liza</i> (tainha)	<i>Perna perna</i> (mexilhão)
Comprimento total médio (mm)	390 (340-580)	400 (320-540)	360 (290-500)	63 (45-80)
Peso médio (g)	750 (360-1900)	710 (330-1700)	560 (310-1620)	7,8 (2,69-14,95)
	(N = 34)	(N = 14)	(N = 31)	
Tecido muscular	0,29 (0,12-1,25)	0,07 (0,05-0,12)	0,11 (0,05-0,18)	—
	(N = 14)	(N = 14)	(N = 13)	
Fígado	2,47 (0,39-7,53)	1,30 (1,17-1,71)	2,44 (1,04-13,67)	—
				(N = 40)
Tecidos moles	—	—	—	0,16 (0,12-0,27)
Hábito alimentar	carnívoro	onívoro	planctívoro	filtrador

**Figura 2** — Medianas das concentrações de selênio nos tecidos dos organismos estudados.

O teste H de Kruskal-Wallis-ANOVA mostrou diferença significativa na bioacumulação de Se entre os tecidos ($H = 95,87$; $p = 0,00$).

Foi realizado o teste de Kruskal-Wallis-ANOVA no conjunto de todos os dados com o intuito de verificar, entre o tecido muscular e o fígado dos peixes, qual deles sofre maior influência do hábito alimentar na acumulação de Se. Observou-

se que apenas o tecido muscular apresentou diferença significativa ($H = 31,90$; $p = 0,00$) entre as concentrações de Se nesse tecido e o hábito alimentar dos peixes. Esse fato indica, portanto, que esse tecido aparentemente é o único a ser influenciado pelo hábito alimentar. O fator que provavelmente mais influencia na acumulação de Se pelos organismos aquáticos parece ser sua exposição via água, sedimento e, principalmente,

alimento. Outros fatores que também podem influir são: a espécie de peixe, o hábito alimentar, a posição trófica, o comprimento, o peso e a idade (Besser *et al.*, 1996).

A mediana da concentração de Se obtida para os tecidos moles do mexilhão, 0,16 (0,12-0,27) $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em peso úmido ou 0,71 (0,61-1,33) $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em peso seco, foi similar àquelas encontradas por Baldwin & Maher (1997) (0,7-1,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em peso seco) e inferior àquelas encontradas em moluscos bivalves de ambientes relativamente não poluídos da Austrália, que variavam de 1,3 a 11 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em peso seco (Lobel *et al.*, 1991), e em ambientes da costa indiana (3,94 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em peso seco) (Chatterjee & Bhattacharya, 2001). Porém, quando comparada às concentrações de Se encontradas nos peixes (Figura 2), esta se apresenta inferior àquelas encontradas no peixe carnívoro, contrariando, assim, a seqüência de acumulação de Se observada por outros autores na biota aquática, onde apresentaram que os bivalves acumularam mais selênio do que os peixes (Chatterjee & Bhattacharya, 2001). Tanto nos peixes quanto nos mexilhões, as concentrações de Se encontradas nos tecidos apresentaram-se abaixo do limite recomendável pela OMS (1,5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em peso úmido) para o consumo humano e também apresentaram-se menores e dentro de uma variação habitual quando comparadas às concentrações naturais reportadas em estudos anteriores.

Na Tabela 2 são apresentadas as correlações testadas entre os comprimentos totais (L) e a concentração de Se nos tecidos dos organismos estudados.

Foram observadas correlações significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações de Se no tecido muscular e o comprimento total (L) da corvina e tainha; onde as concentrações apresentaram tendência positiva (Tabela 2). Esses resultados mostraram-se perfeitamente coerentes, uma vez que, com o aumento do comprimento, há o aumento da idade do peixe e, conseqüentemente, o aumento do tempo de exposição do organismo ao Se, através do ambiente em que ele vive e também do alimento. Mackay *et al.* (1975) encontraram relações significativas entre as concentrações de Se e o L no tecido muscular e no fígado de peixes (marlim-negro).

Os mexilhões apresentaram correlação significativa e positiva entre a concentração de Se e o IC. O índice de condição (IC) é um parâmetro utilizado na normalização de dados de acumulação de metais pesados em bivalves (Joiris *et al.*, 2000), pois, através deste pode-se excluir diferenças individuais como tamanho, massa, estágio de vida e ciclo sexual que são efeitos importantes no processo de bioacumulação de metais-traço em mexilhões (Wang, 1987; Cossa, 1989). O teste H de Kruskal-Wallis-ANOVA mostrou diferença significativa na concentração de Se nos tecidos moles dos mexilhões, entre os diferentes locais de coleta na Baía de Guanabara (praia de Boa Viagem, Marina da Glória e Ponte Rio-Niterói) ($H = 5,96$; $p = 0,05$). Indicando, assim, que provavelmente podem existir lançamentos antrópicos desse elemento na Baía de Guanabara, porém essas concentrações são semelhantes às encontradas em ambientes considerados naturais (Lobel *et al.*, 1991; Baldwin & Maher, 1997; Chatterjee & Bhattacharya, 2001).

Tabela 2 — Resultados das análises de regressão linear simples para as concentrações de selênio nos tecidos úmidos dos organismos da Baía de Guanabara e seus comprimentos totais (L).

Tecido	Espécie	Equação de regressão	
Tecido muscular	<i>M. furnieri</i> (N = 34)	[SeT] = 0,041L - 1,251	R = 0,84; p = 0,00**
	<i>Bagre</i> spp. (N = 14)	[SeT] = 0,046L + 0,0005	R = 0,15; p = 0,61 ns
	<i>M. liza</i> (N = 31)	[SeT] = 0,006L - 0,099	R = 0,64; p = 1×10^{-4} **
Fígado	<i>M. furnieri</i> (N = 14)	[SeT] = 0,242L - 5,304	R = 0,28; p = 0,34 ns
	<i>Bagre</i> spp. (N = 14)	[SeT] = 0,007L + 1,057	R = 0,26; p = 0,37 ns
Tecidos moles	<i>M. liza</i> (N = 13)	[SeT] = -0,559L + 21,270	R = -0,29; p = 0,33 ns
	<i>P. perna</i> (N = 40)	[SeT] = 2,25IC ^a - 0,079	R = 0,91; p = 5×10^{-4} **

(ns) – correlação não significativa; (*) – correlação significativa ($p \geq 0,05$); (**) – correlação altamente significativa ($p \ll 0,001$).

^aIC = ((massa de tecidos moles (g))/(comprimento da concha (mm))). O IC foi utilizado para normalizar os dados, uma vez que existia uma diferença grande de tamanho entre os indivíduos coletados na Ponte Rio-Niterói (Joiris *et al.*, 2000).

CONCLUSÕES

Há uma tendência do Se em se acumular em órgãos com atividade metabólica muito intensa (fígado), e esta pode não ser influenciada pelo hábito alimentar, mas sim pelo modo de incorporação do Se (via dieta ou água). A acumulação de Se no tecido muscular parece ser a única que sofre influência direta do hábito alimentar. Esta tende a aumentar com o tempo de exposição do organismo ao ambiente. As concentrações de Se encontradas nos organismos estudados apresentaram-se inferiores aos níveis recomendados pela OMS para o consumo humano ($1,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.u.). Sendo assim, estes, que são uma importante fonte de proteína animal de origem marinha de Se e vitamina E, devem continuar a fazer parte da alimentação da população humana. A Baía de Guanabara parece ser um ambiente não poluído por Se, uma vez que as concentrações encontradas nos tecidos dos organismos foram baixas se comparadas às observadas em outros ecossistemas considerados não poluídos. Porém, muito ainda tem de se estudar para entender o comportamento do Se nos organismos aquáticos e o meio ambiente.

Agradecimentos — Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela CAPES, CNPq e FAPERJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDWIN, S. & MAHER, W., 1997, Spatial and temporal variation of selenium concentration in five species of intertidal molluscs from Jervis Bay, Australia. *Mar. Environ. Res.*, 44(3): 243-262.
- BESSER, J. M., GIESY, J. P., BROWN, R. W., BUELL, J. M. & DAWSON, G. A., 1996, Selenium bioaccumulation and hazards in a fish community affected by coal fly ash effluent. *Ecotoxcol. and Environ. Safety*, 35: 7-15.
- CHATTERJEE, A. & BHATTACHARYA, B., 2001, Temporal and organ-specific variability of selenium in marine organisms from the eastern coast of India. *Adv. Environ. Res.*, 5: 167-174.
- COSSA, D., 1989, A review of the *Mytilus* spp. as quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. *Oceanologica Acta*, 12(4): 417-432.
- DEAKER, M. & MAHER, W., 1997, Low volume microwave digestion for the determination of selenium in marine biological tissues by graphite furnace atomic absorption spectroscopy. *Anal. Chim. Acta*, 350: 287-294.
- FOWLER, S. W. & BENAYOUN, G., 1976, Accumulation and distribution of selenium in mussel and shrimp tissues. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 16: 339-346.
- FRIES, L., 1982, Selenium stimulated growth of marine macroalgae in axenic culture. *J. Phycol.*, 18: 328-331.
- GILLESPIE, R. B. & BAUMANN, P. C., 1986, Effects of high tissue concentrations of selenium on reproduction by bluegills. *Transac. Am. Fish. Soc.*, 115: 208-213.
- JOIRIS, C. R., HOLSBEEK, L. & OTCHERE, F. A., 2000, Mercury in the Bivalves *Crassoatrea tulipa* and *Perna perna* from Ghana. *Mar. Poll.*, 40(5): 457-460.
- LOBEL, P. B., LOGERICH, H. P., JACKSON, S. E. & BELKHODE, S. P., 1991, A major factor contributing to the high degree of unexplained variability of some elements concentrations in biological tissue: 27 elements in 5 organs of the mussel *Mytilus edulis* as a model. *Arc. Environ. Cont. and Toxicol.*, 21: 118-125.
- MACKAY, N. J., KASACOS, M. N., WILLIAMNS, R. J. & LEEDOW, M. I., 1975, Selenium and heavy metals in black marlin. *Mar. Poll. Bull.*, 6: 57-61.
- PELLETIER, E., 1985, Mercury-selenium interactions in aquatic organisms: a review. *Mar. Environ. Res.*, 18: 111-132.
- PETERS, G. M., MAHER, W. A., KRIKOVA, F., ROACH, A. C., JESWANI, H. K., BARFORD, J. P., GOMES, V. G. & REIBLE, D. D., 1999, Selenium in sediments, pore water and benthic infauna of Lake Macquarie, New South Wales, Australia. *Mar. Environ. Res.*, 47: 491-508.
- PRICE, N. M., THOMPSON, P. A. & HARRISON, P. J., 1987, Selenium an essential element for growth of the coastal marine diatom *Thalassiosira pseudomona* (acillariophyceae). *J. Phycol.*, 23: 1-9.
- REINDFELDER, J. R., FISHER, N. S., LUOMA, S. N., NICHOLS, J. W. & WANG, W. X., 1998, Trace element trophic transfer in aquatic organisms: a critique of the kinetic model approach. *The Science of the Total Environ.*, 219: 117-135.
- WANG, W., 1987, Factors affecting metal toxicity to (and accumulation by) aquatic organisms- overview. *Environ. Inter.*, 13: 437-457.

