

Efeito do chumbo em nível de oxigênio e amônia no camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) em relação à salinidade

Lead's effects on oxygen consumption and ammonia excretion in the pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in relation to salinity

Sonia Assami Doi*

Fátima Lisboa Collaço**

Luiz Gustavo Ricardo Sturaro***

Edison Barbieri****

594

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi fornecer informações sobre a toxicidade do chumbo no camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*), tendo por base o consumo de oxigênio em conjunto com a excreção de amônia em diferentes níveis de salinidade. Os organismos foram coletados e analisados na região de Cananeia-SP, Brasil. O estudo da toxicidade do chumbo apresenta grande relevância pelo histórico da região, elevado valor econômico do camarão e estimativa de futuros impactos ambientais. 45 organismos foram coletados e aclimatados com aeração constante. Para a medição do metabolismo de rotina, foram utilizadas cinco réplicas às salinidades 10, 20 e 30 e temperatura média de 27 °C. Quatro diferentes concentrações de chumbo foram testadas: 0,04; 0,4; 0,08; e 2,12 mg/L, além do controle. Utilizaram-se câmaras respirométricas por 60 minutos. O oxigênio dissolvido foi determinado com base no método de Winkler, e o nitrogênio amoniacal, com base no método espectrofotométrico do fenol. O consumo médio de oxigênio e a excreção de amônia foram avaliados pela análise de variância ($p < 0,05$). Os resultados revelaram predominante diminuição nas taxas de excreção de amônia e de consumo de oxigênio. Tal fato permite inferir que ocorreu um desvio no padrão metabólico dos organismos no sentido de desintoxicação e estabilização de padrões metabólicos. A análise de variância verificou que o consumo de oxigênio e excreção de amônia médias nas concentrações de 0,8 e 2,12 mg/L de chumbo foram significativamente diferentes em relação ao controle.

Palavras-chave: *Farfantepenaeus paulensis*. Chumbo. Consumo de Oxigênio. Salinidade. Toxicidade.

Abstract

The objective of this study was to provide information on the toxicity of lead to the pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) based on oxygen consumption and the excretion of ammonia at different salinity levels. Organisms were collected and analyzed in the Cananeia region, São Paulo, Brazil. The study of lead toxicity is very relevant for the history of the region, due to the high economic value of shrimps and the estimated future environmental impacts. 45 organisms were collected and acclimated with constant aeration. Five replicates were used for routine measurement of metabolism in salinities 10, 20 and 30 and temperature of 27 °C. Four different lead concentrations were tested: 0.04, 0.4, 0.08 and 2.12 mg/L, beyond control. Respirometers chambers were used for 60 minutes. Dissolved oxygen was determined by the method of Winkler and ammonia based on phenol spectrophotometric method. The average oxygen consumption and ammonia excretion were evaluated using analysis of variance ($p < 0.05$). Results showed a predominant decrease in rates of ammonia excretion and oxygen consumption. This fact allows us to infer that there was a shift in the metabolic pattern of the organisms as regards detoxification and stabilization of metabolic patterns. Analysis of variance showed that oxygen consumption and ammonia excretion average lead concentrations of 0.8 and 2.12 mg/L were significantly different as compared to controls.

Keywords: *Farfantepenaeus paulensis*. Lead. Oxygen Consumption. Salinity. Toxicity.

* Bióloga. Mestranda em Aquicultura do Instituto de Pesca – APTA-SAA/SP, São Paulo, Brasil. E-mail: soniasdoi@gmail.com

** Tecnóloga em Processamento de Dados, especializada em Geoprocessamento e técnica em Meio Ambiente. Mestranda em Aquicultura do Instituto de Pesca – APTA-SAA/SP, Brasil. E-mail: fatinhalis@gmail.com

*** Médico veterinário. Mestrando no Instituto Biológico de São Paulo em Biossegurança de Embriões Bovinos – APTA-SSA/SP, Brasil. E-mail: luisgustavo_vet@yahoo.com.br

**** Oceanógrafo com habilitação em oceanografia biológica e geológica. Mestre e Doutor em Oceanografia Biológica pela USP. Professor e Pesquisador do Instituto de Pesca – APTA-SAA/SP – Governo do Estado de São Paulo. E-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br
As autores declaram não haver conflito de interesses.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados para determinar a toxicidade aguda de diversos compostos químicos para muitas espécies de organismos aquáticos¹. Nessa direção, muitas espécies de crustáceos vêm sendo utilizadas em estudos de toxicidade, uma vez que são sensíveis à presença de contaminantes, fáceis de manter em laboratório, muitos possuem valor econômico elevado e ampla distribuição na costa brasileira.

O camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* é uma espécie nativa do Oceano Atlântico Ocidental, que se distribui desde Ilhéus na Bahia (Brasil -14°50'S) até o Mar del Plata (Argentina - 38°35's)² e é amplamente cultivado nas zonas costeiras brasileiras, sendo um importante recurso econômico. No entanto, a água costeira marítima é frequentemente contaminada por poluentes, incluindo metais pesados.

Entre as substâncias tóxicas que chegam aos ecossistemas aquáticos, os metais pesados levados diretamente por despejos de efluentes ou transportados indiretamente pela chuva e/ou pela atmosfera merecem especial interesse devido à ação residual (baixa biodegradabilidade) e principalmente seu efeito cumulativo na cadeia trófica³.

A concentração de metais pesados tem aumentado de forma generalizada nos corpos d'água em níveis que ameaçam a biota aquática e também os organismos terrestres que dela se suprem, incluindo o homem⁴. Uma ampla faixa de atividades industriais refina minerais metálicos, utiliza metais como matéria-prima para seus produtos, ou elimina metais como subprodutos de seus processos. As fundições (ferrosas e não ferrosas), indústrias galvanoplásticas, automobilísticas, de fertilizantes e de papel utilizam e descartam uma quantidade de metais pesados, tais como cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco⁵.

A toxicidade de cada metal é bastante variável e dependerá das características de cada elemento, de sua disponibilidade para incorporação biológica, de sua concentração e forma química, bem como de sua essencialidade em

processos metabólicos ao longo da vida do organismo^{6,7}.

O chumbo ocorre como contaminante influenciando de diversas formas todo o ambiente marinho. A presença desse metal ocorre em consequência de processos como erosão e lixiviação do solo, a partir da precipitação do pó do chumbo da atmosfera devido ao amplo uso em indústrias de tinta, bateria, tubulação e aditivos em derivados de petróleo, sendo que sua concentração ambiental oscila de local para local^{8,9}.

A região de Cananeia, no Vale do Ribeira, tem histórico de desenvolvimento com a atividade agropecuária e extração de chumbo, realizada ao longo de muitas décadas, introduzindo alguns elementos nas águas e sedimentos dos estuários¹⁰, resultando bioacumulação desses metais na cadeia trófica e ocasionando mortalidade instantânea de alguns organismos susceptíveis, além de possíveis alterações fisiológicas de diversos organismos. Segundo Saito, et al¹⁰, o nível médio de chumbo nas águas superficiais do estuário de Cananeia foi de 5,95 mBq/L em 2000 e, em 2003, verificou-se uma taxa de 2,1 e 6,2 mBq/L de Pb nas águas do estuário¹¹.

O estudo do comportamento de metais pesados em áreas costeiras é de grande importância, uma vez que essas áreas são consideradas as principais fornecedoras de proteínas de origem marinha para uma parcela significativa da população. Por outro lado, em casos de contaminação, grande parte da produção pesqueira da maioria dos ecossistemas costeiros poderá se tornar a principal via de transferência desses elementos à população humana, levando inclusive a problemas de ordem sanitária e desequilíbrio ecológico¹².

As respostas fisiológicas apresentam três importantes aspectos que podem ser utilizados como indicadores para a monitoração da qualidade do meio ambiente: representam a integração de vários processos bioquímicos celulares que podem ser alterados frente às variações ambientais; representam respostas não específicas dos organismos à soma de vários fatores externos; e são, ainda, capazes de refletir a deterioração do meio antes que atinja níveis populacionais ou de comunidades¹³.

Segundo Corleto, et al¹⁴, Wasielesky¹⁵, Calazans¹⁶, o camarão rosa tem adaptação fisiológica de tolerância a alterações bruscas de salinidade, observadas em ambientes estuarinos, sendo a média mínima de 5 e média máxima de 40, o intervalo em que os resultados foram obtidos não apresentou mortalidade significativa. Na salinidade 25, foram observados os melhores resultados de sobrevivência e crescimento.

A taxa respiratória de um organismo é a medida útil e sensível de seu dispêndio diário de energia¹⁷. Desse modo, em animais aeróbicos, a quantificação da taxa de consumo de oxigênio estará diretamente associada à quantidade de energia liberada a partir da oxidação do substrato alimentar sendo degradado¹⁸. Por meio da quantidade de oxigênio consumido por um animal, em um determinado período, pode-se estimar a energia dispendida durante o mesmo período para a manutenção de seus processos vitais¹⁹.

A amônia é um poluente comum resultante da excreção de animais e da mineralização de detritos orgânicos, como comidas e fezes²⁰. O acúmulo da amônia pode reduzir o crescimento, aumentar o consumo de oxigênio, além de alterar concentrações de proteína hemolítica e aminoácidos livres, e também causar altas taxas de mortalidade²¹.

A exposição à amônia em ambientes aquáticos produz alterações no metabolismo dos crustáceos²². A taxa metabólica dos organismos é costumeiramente utilizada como indicação sensível do consumo de energia. Portanto, em organismos aeróbicos, a quantificação da taxa de consumo de oxigênio pode ser diretamente associada com o consumo de energia necessária para a oxidação de substratos alimentares²³.

A avaliação do consumo de oxigênio e excreção de amônia pode ser usada, por exemplo, para o estudo dos efeitos tóxicos causados por componentes aromáticos²⁴, metais pesados^{22,25}, detergentes^{26,27} e demais variedades de intoxicações²⁸.

Este estudo teve como objetivo analisar o efeito da toxicidade do chumbo no camarão rosa (*F. paulensis*), tendo por base o consumo

de oxigênio em conjunto com a excreção de amônia em diferentes níveis de salinidade.

MÉTODO

Para o experimento, foram analisados 45 camarões rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) com massa variando entre 4,60 g e 1,10 g, coletados no complexo estuarino-lagunar Iguape-Canaã. Os exemplares de camarões foram aclimatados na salinidade de 30 a 28 °C com aeração constante. Para a medição do metabolismo de rotina, foram utilizadas cinco réplicas em cada concentração às salinidades 10, 20 e 30 e temperatura variando entre 27 e 28 °C. Quatro diferentes concentrações foram testadas, além de um controle (0,04; 0,4; 0,8; e 2,12 mg/L de Pb).

Antes de iniciar o experimento, os animais foram mantidos individualmente em câmaras respirométricas tubulares de acrílico com circulação contínua da água durante 60 minutos para minimizar o estresse provocado pelo manuseio. Em seguida, suspendeu-se a circulação de água, e o respirômetro foi fechado de modo que o camarão consumisse o oxigênio presente na água em um volume conhecido por um período de 60 minutos. A diferença entre as concentrações determinadas no início e no final do confinamento foi utilizada para calcular o consumo de oxigênio (mL/g/h) e a excreção de amônia (µL/mL/h) considerando o volume do respirômetro e o peso úmido do animal.

Após a aclimação, introduziu-se o Cloreto de chumbo (PbCl₂) pelo orifício do respirômetro, isolando o sistema. Para se saber qual foi a concentração exata dissolvida, utilizou-se espectrofotômetro de absorção atômica.

A quantidade do metal foi determinada pelo volume dos respirômetros, por meio de uma pipeta de precisão, de maneira a se obter a concentração final desejada no final de cada aclimação.

O oxigênio dissolvido foi determinado com base no método de Winkler²⁹, e o nitrogênio amoniacal, com base no método espectrofotométrico do fenol³⁰. O consumo médio de oxigênio específico e a excreção de amônia por

camarão foram avaliados pela análise de variância ($p < 0,05$).

As variáveis físicas e químicas monitoradas mantiveram-se dentro dos padrões que não causam efeitos crônicos ou letais para os peneídeos.

RESULTADOS

O consumo específico de oxigênio dos camarões aclimatados na temperatura de 27,5 °C ($\pm 0,5$) à salinidade de 10 inicialmente aumentou e posteriormente diminuiu em relação à concentração de chumbo (Figura 1 e Tabela 1).

Figura 1. Consumo específico de oxigênio para camarões na salinidade de 10

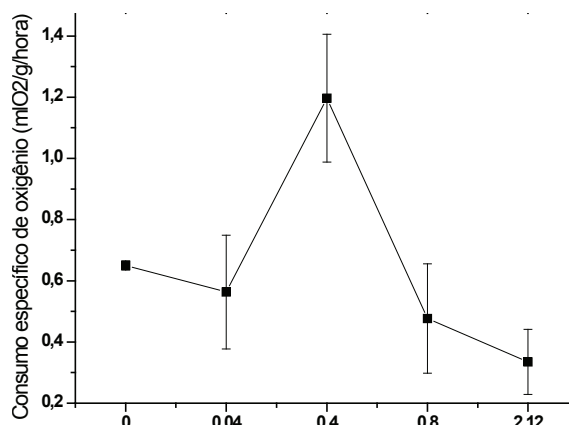


Tabela 1. Valores médios da concentração do consumo de oxigênio específico – CEO (mL/g/h) do camarão rosa, aclimatado à temperatura de 28 °C, exposto por 1 hora a diferentes concentrações de Pb. Desvio padrão (DP) e percentagem (%) em relação ao controle também são mostrados (cada valor representa o valor médio de 5 replicações)

Salinidade	Concentração de Pb (mg/L)														
	0,0			0,04			0,4			0,8			2,12		
	CEO	DP	%	CEO	DP	%	CEO	DP	%	CEO	DP	%	CEO	DP	%
10	0,28	0,21	100	0,39	0,31	39,28	0,44	0,21	57,14	0,17	0,04	39,29	0,11	0,02	60,72
20	0,65	0,02	100	0,56	0,32	13,85	1,19	0,36	83,07	0,47	0,31	27,7	0,33	0,21	49,24
30	0,67	0,43	100	0,78	0,47	16,41	0,58	0,09	13,44	0,5	0,14	25,38	0,54	0,08	19,41

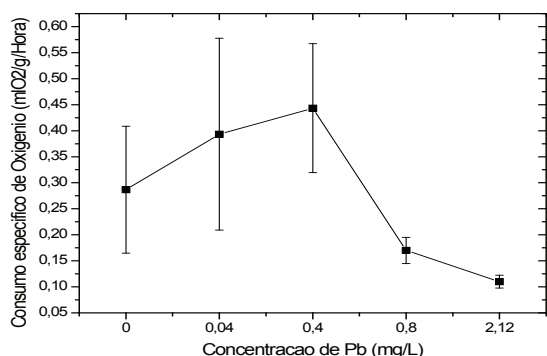
Tabela 2. Valores médios da excreção específica – EE ($\mu\text{L/mL/h}$) do camarão rosa, aclimatado à temperatura de 28 °C, exposto por 1 hora a diferentes concentrações de Pb. Desvio padrão (DP) e percentagem (%) em relação ao controle também são mostrados (cada valor representa o valor médio de 5 replicações)

Salinidade	Concentração de Pb (mg/L)														
	0,0			0,04			0,4			0,8			2,12		
	CEO	DP	%	CEO	DP	%	CEO	DP	%	CEO	DP	%	CEO	DP	%
10	0,10	0,05	100	0,07	0,05	-30	0,20	0,19	100	0,17	0,13	70	0,10	0,02	0
20	0,15	0,09	100	0,17	0,15	13,33	0,11	0,08	-26,67	0,075	0,06	-50	0,04	0,007	-73,3
30	0,11	0,04	100	0,13	0,07	-18,1	0,11	0,01	0	0,07	0,01	-36,3	0,07	0,007	-36,3

Como evidenciado nas Figuras 1 e 2, nas salinidades de 10 e 20, é na concentração 0,4 mg/L de Pb, que ocorreu o maior con-

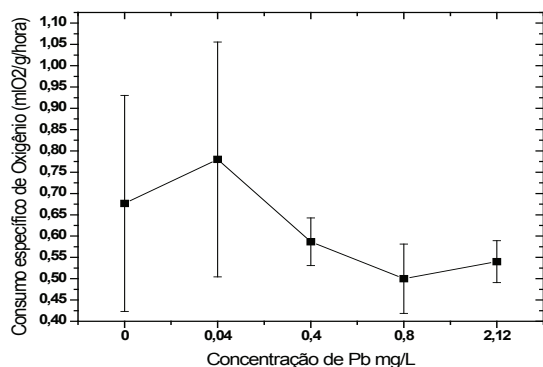
sumo específico de oxigênio, com posterior diminuição nas concentrações de 0,8 mg/L e 2,12 mg/L.

Figura 2. Consumo específico de oxigênio para camarões na salinidade de 20



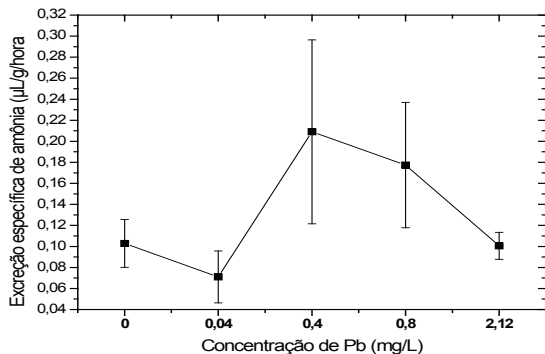
Já na salinidade 30 (Figura 3), o consumo específico de oxigênio se manteve mais estável em relação às salinidades 10 e 20, com valor mais elevado na concentração 0,04 mg/L de Pb. Sendo que na concentração de 0,8 mg/L ocorreu o menor consumo específico de oxigênio.

Figura 3. Consumo e específico de oxigênio para camarões na salinidade de 30



A excreção de amônia inicialmente aumentou e posteriormente diminuiu em relação à concentração de chumbo na salinidade de 10 (Figura 4 e Tabela 2). Entretanto nas outras duas salinidades (20 e 30), ela diminuiu.

Figura 4. Excreção específica de amônia para camarões na salinidade de 10



A excreção específica de amônia nas salinidades 20 e 30 (Figuras 5 e 6, respectivamente) obteve seu maior índice na concentração 0,04 mg/L de Pb, ocorrendo um decréscimo a partir desse ponto até a concentração 2,12 mg/L, quando a excreção de amônia foi a menor registrada no experimento para essas salinidades.

Figura 5. Excreção específica de amônia para camarões na salinidade de 20

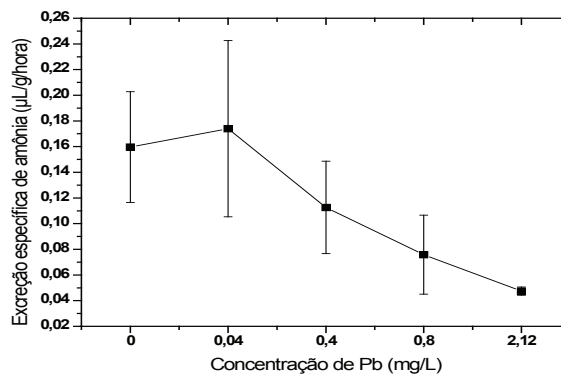
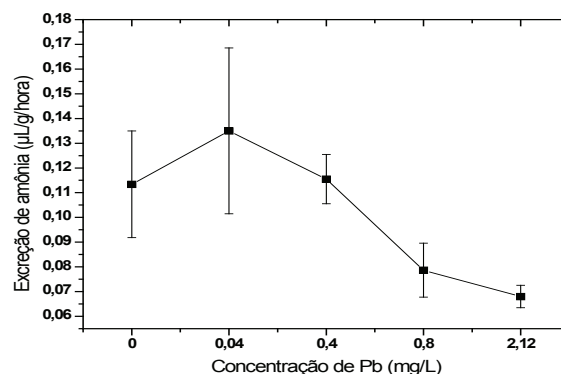


Figura 6. Excreção específica de amônia para camarões na salinidade de 30



Utilizando o teste estatístico de Tukey ($p < 0,05$), verificou-se que o consumo de oxigênio e excreção de amônia médias nas concentrações de 0,8 e 2,12 mg/L de chumbo foram significativamente diferentes em relação ao controle, tanto para o consumo específico como para a excreção de amônia.

DISCUSSÃO

O chumbo tem afinidade com moléculas contendo átomos de nitrogênio e enxofre, ligando-se com relativa facilidade a proteínas e macromoléculas celulares, podendo dessa forma interferir em reações enzimáticas, e a sua baixa

mobilidade, em virtude das pequenas dimensões e das cargas duplas e triplas, acumulam-se, modificando o metabolismo do organismo³¹.

Estudos sobre essas mudanças no metabolismo e seu efeito na respiração de crustáceos decápodes demonstraram que a diminuição na taxa de consumo de oxigênio está relacionada com o tempo de exposição, concentração e estágio de desenvolvimento^{1,23,32}.

Vargas, et al³³ complementam que xenobióticos afetam os processos de respiração dos organismos induzindo-os a usar outras fontes de energia, que pode ser empregada para as reações de desintoxicação e estabilização de padrões metabólicos, o que justifica o declínio no consumo de oxigênio nas salinidades 10 e 20 a partir da concentração 0,4 mg/L de Pb.

Adicionalmente, experimentos recentes demonstraram que o consumo de oxigênio por *L. schmitti* não apresentou relação linear com o nível de oxigênio no ambiente, independentemente de exposição a metais pesados. Apesar da capacidade reguladora, a taxa de consumo de oxigênio foi inibida após *L. schmitti* ser exposto a altas concentrações de cádmio e zinco²³ e em *F. paulensis*³⁴. Resultados semelhantes foram observados em diferentes espécies de camarão^{25,32,35}.

A insuficiência respiratória em crustáceos resultantes da exposição a metais pesados foi analisada por vários autores, concluindo que o consumo de oxigênio geralmente diminui quando exposto à concentração aguda aos metais pesados^{23,34,36}. Chinni, et al³⁷ expuseram *P. indicus* à concentração subletal (1,44mg/l) de chumbo por 30 dias, confirmando a informação sobre a inibição do consumo de oxigênio quando exposto a metais pesados.

De acordo com Bayne, et al³⁸, um estresse ambiental pode induzir variação na proporção de nitrogênio como produto de excreção. Dessa forma, a elevação da taxa de excreção de amônia observada nas salinidades de 20 e 30 pode resultar de um mecanismo pelo qual o organismo tenta eliminar o composto tóxico, no caso Pb, de seu interior, segundo Moraes, et al³⁹.

Variação da taxa de excreção tem sido observada em organismos aquáticos expostos a diferentes contaminantes. Moraes, et al³⁹, em estudo com *P. paulensis*, notou elevação da taxa de ex-

creção de amônia quando expôs os organismos a sedimentos contaminados. Outros estudos, como os de Barbieri, et al⁴ e Damato, et al⁴⁰, também demonstraram que há alteração da excreção de amônia quando os camarões são expostos a contaminantes, assim como nesse estudo.

Hall, et al⁴¹ analisaram a influência da salinidade na toxicidade com diversos tipos de produtos químicos, relatando diminuição de toxicidade com o aumento da salinidade, o que pode esclarecer a diminuição do oxigênio específico consumido, bem como a excreção de amônia na salinidade mais elevada do experimento (salinidade 30). Também Barbieri, et al³ analisaram os efeitos de Cd no metabolismo de camarão, observando que a toxicidade diminuía com a elevação da salinidade, assim como neste trabalho.

Grande variedade de organismos aquáticos podem assimilar e acumular altas concentrações de chumbo, e o tempo de residência parece estar relacionado à rota de absorção. Compostos orgânicos desse elemento são lipofílicos e, portanto, absorvidos e acumulados mais prontamente, sendo mais tóxicos, elevando com o grau de alquilação³¹.

CONCLUSÃO

A predominante diminuição nas taxas de excreção de amônia e de consumo de oxigênio quanto à exposição a um elemento traço (chumbo) em diferentes salinidades corroboram com os resultados de outros estudos e podem resultar de um desvio no padrão metabólico do organismo no sentido de desintoxicação e estabilização de padrões metabólicos. Considerando que *F. paulensis* é um recurso pesqueiro de alto valor econômico para a região, a avaliação da sensibilidade dessa espécie à contaminação ambiental fornece subsídios importantes para a manutenção dos estoques populacionais naturais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP (processo n. 2007/50147-7) por financiar o projeto e ao CNPq (processo n. 556655/2009-5) pela bolsa de produtividade.

REFERÊNCIAS

1. Barbieri E, Passos AE, Garcia CAB. Use of metabolism to evaluate the sublethal toxicity of mercury on *Farfantepenaeus brasiliensis* larvae. *J Shellfish Res.* 2005;24(4):608-11.
2. D'Incao F. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1995. 365 p.
3. Barbieri E, Doi SA. The effects of different temperature and salinity levels on the acute toxicity of zinc in the Pink Shrimp. *Marine Freshwater Behaviour Physiol.* 2011;44(4):1-13.
4. Barbieri E, Paes ET. The use of oxygen consumption and ammonium excretion to evaluate the toxicity of cadmium on *Farfantepenaeus paulensis* with respect to salinity. *Chemosphere.* 2011;84(1):9-16.
5. Peláez-Rodríguez M, Peret AM, Matsumura-Tundisi T, Rocha O. Análise da qualidade da água e aplicações do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu. In: Espíndola ELG, Paschal CMRB, Rocha O, Bohrer MBC, Oliveira Neto AL. *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI.* São Carlos (SP): RiMa; 2000. 575 p.
6. Chapman PM, Allen H, Godtfredsen K, Graggen MN. Evaluation of bioaccumulation factors in regulating metals. *Environ Sci Technol.* 1996;30(10):448-52.
7. Curtius AJ, Seibert EL, Fiedler HD, Ferreira JF, Vieira PHF. Avaliando a contaminação por elementos traço em atividades de maricultura, resultados parciais de um estudo realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Quim Nova.* 2003;26(1):44-52.
8. Larini L. Toxicologia. Barueri (SP): Manole; 1997. 301 p.
9. Jackson RN, Baird D, Els S. The effect of the heavy metals lead (Pb²⁺) and zinc (Zn²⁺) on the brood and larval development of the burrowing crustacean, *Callinassa kraussi*. *Water AS.* 2005;31(1):107.
10. Saito RT, Figueira RCL, Tessler MG, Cunha III. Fatores de concentração e bioindicadores de 210Pb e 210Po no Estuário de Cananéia-Iguape (São Paulo). In: Espíndola ELG, Paschoal CMRB, Rocha O, Bohrer MBC, Oliveira Neto AL. *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI.* São Carlos (SP): RiMa; 2000. 575 p.
11. Saito RT, Cunha III, Figueira RCL, Tessler MG. 210Pb and 210Po level in sediments, water, and bioindicators in the Cananeia-Iguape estuary-SP, Brazil. *Czechoslovak J Phys.* 2003;53(Suppl. A).
12. Pfeiffer WG, Lacerda LD, Fiszman M, Lima, NRW. Metais pesados no pescado da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro. *Ciênc Cultura.* 1985;37(2):297-302.
13. Adams SM. Status and use of biological indicators for evaluating the effects stress on fish. *Am Fish Soc Symposium.* 1990;8:1-8.
14. Corleto F, Cavalli RO, Marchiori MA. Crescimento de pós-larvas de *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em diferentes salinidades. In: Encontro Rio-Grandense de Técnicos em Aquicultura 4, Porto Alegre. 1993. Anais. Ed. UFRGS. p. 31-39.
15. Wasielewsky Jr W. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo [tese]. Rio Grande: FURG; 2000. 199 p.
16. Calazans D. Seasonal larval composition and abundance of shrimps in the surrounding area of the Patos Lagoon mouth. *Nauplius.* 2002;10(2):111-20.
17. Barbieri E, Doi SA. Acute toxicity of ammonia on juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*, Linnaeus, 1766) according to the salinity. *Aquaculture Int.* 2012;20(2):373-82.
18. Barbieri E. Acute toxicity of ammonia in White shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture.* 2010;302:231-7.
19. Carvalho PMS. Bioenergética do camarão sete-barbas [dissertação]. São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico; 1992. 206 p.
20. Lin CY, Chen JC. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture.* 2003;224(1-4):193-201.
21. Arana LV. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura. Florianópolis (SC): UFSC; 1997. 166 p.
22. Barbieri E. Effects of zinc and cadmium on oxygen consumption and ammonium excretion in pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967, Crustacea). *Ecotoxicology.* 2009;18(3):312-8.
23. Barbieri E. Use of oxygen consumption and ammonium excretion to evaluate the sublethal toxicity of Cadmium and Zinc on *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936, Crustacea). *Water Environ Res.* 2007;79(8):541-646.
24. Lemaire P, Sturve J, Forlin L, Livingstone DR. Studies on aromatic hydrocarbon quinone metabolism and DT-diaphorase function in liver of fish species. *Mar Environ Res.* 1996;2(1-4):317-21.
25. Wu JP, Chen HC. Effects of cadmium and zinc on oxygen consumption, ammonium excretion, and osmoregulation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Chemosphere.* 2004;57:1591-8.
26. Barbieri E, Oliveira IR, Serralheiro PC. The use of metabolism to evaluate the toxicity of dodecil benzen sodium sulfonate (LAS-C12) on the *Mugil platanus* (Mullet) according to the temperature and salinity. *J Exp Mar Bio Ecol.* 2002;277:109-27.
27. Christiansen PD, Brozek K, Hansen BW. Energetic and behavioral responses by the common goby, *Pomatoschistus microps* (Kroyer), exposed to linear alkybenzene sulfonate. *Environ Toxicol Chem.* 1998;17(10):2051-7.

28. Boudou A, Ribeyre F. Fish as "biological model" for experimental studies in ecotoxicology. In: Boudou A, Ribeyre F, editors. Aquatic Ecotoxicology Fundamental Concepts and Methodologies, vol VIII. Boca Raton: CRC Press; 1989. p. 127-50.
29. Winkler L. Methods for measurement of dissolved oxygen. Ber Deutsch Chem Ges. 1888;21:2843-54.
30. APHA. Standard Methods. 19th Edition. American Public Health Association, Washington, DC. 1995.
31. Zagatto PA, Bertoletti E. Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações. São Carlos (SP): RiMa; 2006. 478 p.
32. Amand St L, Gagnon R, Packard TT, Savenkoff C. Effects of inorganic mercury on the respiration and the swimming activity of shrimp larvae, *Pandalus borealis*. Comp Biochem Physiol Pharmacol Toxicol Endocrinol. 1999;122(1):33-43.
33. Vargas M, Correa M, Chung KS. Indicadores fisiológicos en la evaluación de la toxicidad de hidrocarburos aromáticos. Bol Inst Oceanog Venez Univ Oriente. 1991;30(1-2):57-64.
34. Barbieri E. Effects of surfactants DSS and LAS-C12 on pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967). J Braz Soc Ecotoxicol. 2008;3:35-40.
35. Chinni S, Khan RN, Yallapragada PR. Acute toxicity of lead on tolerance, oxygen consumption, ammonia-N excretion, and metal accumulation in *Penaeus indicus* postlarvae. Ecotoxicol Environ Saf. 2002;51:79-84.
36. Spicer JI, Weber RE. Respiratory impairment in crustaceans and mollusks due to exposure to heavy metals. Comp Biochem Physiol C. 1991;100:3339-42.
37. Chinni S, Khan RN, Yallapragada PR. Oxygen consumption, ammonia-N excretion, and metal accumulation in *Penaeus indicus* postlarvae exposed to lead. Bull Environ Contam Toxicol. 2000;64(2):144-51.
38. Bayne BL, Brown DA, Burns K, Dixon DR, Ivanovici A, Lowe DM, et al. The Effects of Stress and Pollution on Marine Animals. New York: Praeger Scientific; 1985. p. 65-89.
39. Moraes BCR, Pfeiffer CW, Guimarães JR, Borges ALN, Campos AN. Efeito de sedimentos contaminados sobre a excreção de nitrogênio do camarão *Penaeus paulensis*. Braz Arch Biol Technol. 1999;42(4).
40. Damato M, Barbieri E. Determinação da toxicidade aguda de cloreto de amônia para uma espécie de peixe (*Hyphessobrycon callistus*) indicadora regional. Mundo Saúde. 2011;35(4):42-9.
41. Hall Jr LW, Anderson RD. The influence of salinity on the toxicity of various classes of chemicals to aquatic biota (report). Baltimore (MD): Maryland Department of Environment; 1994. 56 p.