

Papéis Avulsos de Zoologia

Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo

Volume 50(34):553-559, 2010

www.mz.usp.br/publicacoes

www.revistasusp.sibi.usp.br

www.scielo.br/paz

ISSN impresso: 0031-1049

ISSN on-line: 1807-0205

PROSPECÇÃO DO MOLUSCO INVASOR *LIMNOPERNA FORTUNEI* (DUNKER, 1857) NOS PRINCIPAIS CORPOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

DEBORA PESTANA^{1,4}

ANTONIO OSTRENSKY^{1,2}

MARCEL KRUCHELSKI TSCHÁ¹

WALTER A. BOEGER^{1,3}

ABSTRACT

*This study seeks to elaborate upon the occurrence of larvae of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), in the main water bodies of the state of Paraná, Brazil. This species of mussel has been colonizing various water bodies in South America since its introduction in Argentina in 1991. The species has already reached the Paraná and Paraguay Rivers, and its presence has been reported in the states of Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais and Rio Grande do Sul. Samples were collected in the Winter and Spring of 2007 and Summer and Autumn of 2008, from 14 sampling points along the rivers Iguaçu, Piquiri, Ivaí (tributaries of the Paraná River) and Tibagi (tributary of the Paranapanema River). The presence of this species is confirmed throughout all parts of the Iguaçu River, at two sites of the Piquiri, and at a sampling locality in the Tibagi River. In the Ivaí River, its presence was not detected at any point during any season. Occurrence of this species in the state of Paraná was mapped based upon the results. Such results are useful as a basis for decision-making concerning the advancement of this species, in order to monitor its presence, and/or prevent its entry into other water bodies in the state.*

KEYWORDS: Bioinvasions; Golden mussel; Paraná River; Molecular marker.

INTRODUÇÃO

As constantes alterações ambientais (deliberadas ou acidentais) provocadas pela dispersão humana acarretam uma série de modificações na composição das populações originais. Espécies vegetais, animais e de outros grupos têm sido, cada vez mais, introduzidas

e disseminadas pelo homem. Muitas destas espécies se tornam invasoras, multiplicando-se a tal ponto de causarem grandes transtornos ambientais, econômicos ou mesmo sociais.

Limnoperna fortunei (Dunker 1857), vulgarmente conhecido como mexilhão dourado, é um molusco bivalve Mytilidae, a mesma família dos

1. Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, Curitiba. Rua dos Funcionários, 1.540, Juvevê, 80035-050, Curitiba, PR, Brasil.

2. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia. Rua dos Funcionários, 1.540, Juvevê, 80035-050, Curitiba, PR, Brasil.

3. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia. Centro Politécnico, Jardim das Américas, 81531-980, Curitiba, PR, Brasil.

4. E-mail para correspondência: deborapestana14@gmail.com

mexilhões marinhos. A espécie é nativa de rios e arroyos chineses e do sudeste asiático e, apenas recentemente, através da água de lastro de navios aportou na América do Sul, onde chegou em 1991 (Darrigran & Escurra de Drago, 2000).

Desde então, a espécie expandiu sua distribuição rapidamente para as porções superiores da Bacia do rio Paraná, invadindo principalmente os grandes rios, numa velocidade de cerca de 240 km/ano (Darrigran, 2002). *L. fortunei* atingiu o rio Paraguai em 1997/98, alcançando a região de Corumbá em 2000. Neste mesmo ano, sua presença foi reportada na Usina de Itaipu (Zanella & Marenza, 2002) e em 2002, em usinas hidrelétricas a jusante do Rio Paraná, em São Paulo (Oliveira *et al.*, 2004). Esses mesmos autores realizaram um levantamento da ocorrência da espécie no Alto Paraguai e registraram que até 2004 sua presença já havia sido detectada em toda a extensão desse rio, desde sua foz, em Pylar (Paraguai), até o rio Apa, que fica na extremidade da bacia estudada.

Numa invasão paralela, o mexilhão dourado teve sua presença detectada pela primeira vez no Lago Guaíba (RS), em 1998, muito provavelmente via água de lastro, posteriormente causando incrustações em poços captadores de água em Porto Alegre (Mansur *et al.*, 2004).

A dispersão de uma espécie invasora como o mexilhão dourado *L. fortunei* é bastante facilitada pelas suas características biológicas, principalmente a existência de uma fase larval planctônica e da capacidade de incrustação dos indivíduos jovens e adultos. Assim, a dispersão ocorre através da movimentação da água e é facilitada pela integração entre corpos hídricos de diferentes sistemas (Lodge *et al.* 1998).

A invasão e colonização de vários ambientes por *L. fortunei* já é um fato consumado nos estados que fazem limite com as bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai. No estado de São Paulo, sua presença foi reportada em muitas hidrelétricas que utilizam água do rio Paraná nas UHE Ilha Solteira, Porto Primavera e Jupia (Oliveira *et al.*, 2004) e do Paranapanema, na UHE Rosana (Avelar *et al.* 2004). Entretanto, no estado do Paraná o levantamento de informações sobre a presença da espécie quase não existe, limitando-se a raros registros (Zanella & Marenza, 2002; Takeda *et al.* 2003a). Belz *et al.* (2005) realizaram a prospecção em diversos reservatórios do estado e a presença do mexilhão não foi detectada em nenhum deles.

O objetivo geral desse trabalho foi o de realizar a prospecção sazonal e o mapeamento da presença do mexilhão-dourado *L. fortunei* nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, rios Ivaí, Piquiri

e Iguaçu e Tibagi. Esses rios nascem em território paranaense e são afluentes de dois grandes rios onde a espécie invasora já foi detectada (rios Paraná e Paranapanema).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas quatro coletas em cada uma das estações do ano (entre inverno de 2007 e outono de 2008), em 14 pontos amostrais, nos rios Tibagi, Ivaí e Piquiri (três pontos em cada um) e Iguaçu (cinco pontos amostrais). As coletas foram feitas utilizando-se uma motobomba a gasolina, com motor de 0,5 hp de potência, conectada a um mangote que permitia a captação de água em uma profundidade compreendida entre 30 e 50 cm. A água coletada era filtrada através de rede de plâncton de 64 µm de abertura de malha. A prospecção da espécie nas amostras foi feita qualitativamente, através do método de marcadores moleculares (Pie *et al.*, 2006) e também quantitativamente, por triagem convencional, realizada sob microscópio estereoscópico.

A metodologia empregada nos dois tipos de coletas diferiu no volume filtrado (5.000 l para as análises através de marcadores moleculares e 3000 l para as análises quantitativas) e no fixador empregado (álcool 70% nas amostras analisadas através de marcadores moleculares e formalina tamponada nas análises quantitativas, realizadas através de triagem convencional). No momento de cada coleta foram medidos a temperatura e o pH da água no mesmo local e profundidade de coleta.

Nos pontos mais próximos da foz dos rios Tibagi, Ivaí e Piquiri e em todos os pontos do rio Iguaçu, as análises foram realizadas tanto através de marcadores moleculares quanto por triagem sob microscópio estereoscópico. Nos demais pontos a análise foi realizada apenas através de marcadores moleculares (Tabela 1).

RESULTADOS

Os valores de temperatura da água e de pH medidos por ocasião de cada coleta encontram-se na Tabela 2. No inverno, a temperatura média da água, considerando todos os pontos monitorados, foi de 17,9°C, na primavera de 24,7, no verão de 26,6°C e no outono de 20,2°C. O valor mínimo foi de 15,1°C (São Mateus do Sul, sudeste paranaense) registrado no inverno e o máximo de 29,4°C (Icaraíma, noroeste do estado), registrado no verão. Os valores de pH variaram entre 6,7 e 8,0.

TABELA 1: Pontos de coleta de água e tipos de análises realizadas para identificação da presença e quantificação da densidade de larvas de *Limnoperna fortunei* em rios do estado do Paraná. M: Marcadores, M/Q: Marcadores/Quantitativas, S/C: Sem coletas na campanha.

Rio	Ponto Amostral	Coordenadas	Estação			
			Inverno 2007	Primavera 2007	Verão 2007/08	Outono 2008
Tibagi	Primeiro de Maio	22°52'018"S, 51°01'455"W	M/Q	M/Q	M/Q	M/Q
	Jataizinho	23°15'353"S, 50°59'335"W	M	M	M	M
	Telémaco Borba	24°18'599"S, 50°37'217"W	M	M	M	M
Ivaí	Icaraíma	23°18'135"S, 53°41'418"W	M/Q	M/Q	M/Q	M/Q
	Japurá	23°22'029"S, 52°31'529"W	M	M	M	M
	Floresta	23°40'557"S, 52°07'055"W	M	M	M	M
Piquiri	Francisco Alves	24°04'358"S, 53°59'579"W	M/Q	M/Q	M/Q	M/Q
	Ubiratã	24°33'515"S, 53°07'747"W	M	M	M	M/Q
	Marquinho	24°58'994"S, 52°17'929"W	M	M	M	M
Iguaçu	Marmelândia	25°31'576"S, 53°01'042"W	M/Q	M/Q	M/Q	M/Q
	Quedas do Iguaçu	25°33'835"S, 53°34'568"W	M/Q	M/Q	M/Q	M/Q
	Faxinal do Céu	25°59'301"S, 51°40'501"W	M	M/Q	M/Q	M/Q
	S.M. do Sul	25°52'610"S, 50°23'116"W	S/C	M/Q	M/Q	M/Q
	Porto Amazonas	25°33'031"S, 49°53'215"W	S/C	M/Q	M/Q	M/Q

TABELA 2: Temperatura (°C) e pH da água nas diferentes estações e pontos de coleta estabelecidos para identificação da presença e quantificação da densidade de larvas de *Limnoperna fortunei* em rios do estado do Paraná

Rio	Ponto	Estação							
		Inverno		Primavera		Verão		Outono	
		Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH
Tibagi	1º de Maio	17	7,7	27,5	7,4	27,6	7,6	23,1	7,1
	Jataizinho	18,8	7,9	29,4	7,7	26	7,7	19,4	7,1
	Telémaco Borba	17,5	7,6	25,6	7,6	24,9	7,7	17,4	7,4
Ivaí	Icaraíma	20,8	7,1	27	7,7	29,4	7,6	22,6	7,4
	Japurá	20,4	7,9	27,1	7,5	28,6	7,8	20,6	7,6
	Floresta	19	7,9	26	7,7	28,7	8	19,3	7,6
Piquiri	Francisco Alves	17,6	7,9	26,6	7,7	28,9	7,8	20,6	7,7
	Ubiratã	17,6	7,7	25,7	7,6	28,6	7,6	20,7	7,4
	Marquinho	16,1	7,9	24,4	7,6	26,9	7,6	17,8	7,8
Iguaçu	Marmelândia	18,4	7,9	22,1	7,6	28,9	7,8	23,1	7,2
	Q. do Iguaçu	18,1	7,9	24,1	7,4	25,5	7,3	23,2	7,4
	Faxinal do Céu	15,9	7,7	16,1	7,6	23,9	7,6	20,2	7,6
	São Mateus	15,1	7,7	21,7	7,4	22,1	7,6	18,2	6,9
	Porto Amazonas	n/c	n/c	22,2	7,6	22,1	7	17,2	7,3

Ao todo foram analisadas 84 amostras ao longo dos doze meses do projeto. Os resultados sintetizados estão apresentados na Tabela 3.

No rio Ivaí não foi detectada, em nenhuma das estações, a presença do mexilhão dourado. No rio Tibagi, somente no ponto de Primeiro de Maio, no outono. No rio Piquiri, em Francisco Alves e Ubiratã sua presença foi detectada apenas no verão. Já no rio Iguaçu, larvas de *L. fortunei* foram detectadas em todos os pontos amostrais. O ponto de Marmelândia apresentou sempre as maiores densidades, chegando a mais de quatro mil larvas/m³ no outono (maio/2008).

Com esses resultados, foi possível a construção de um mapa de ocorrência da espécie nos principais rios do estado do Paraná (Figura 1).

DISCUSSÃO

O método de análise por marcadores moleculares empregado comprovou sua eficácia analítica, uma vez que possibilitou a detecção de larvas em amostras em cuja densidade era de apenas 0,7 larvas/m³ (confirmada simultaneamente através da

TABELA 3: Resultados das análises realizadas para identificação e quantificação da presença de larvas de *Limnoperna fortunei* em rios do estado do Paraná. Análises realizadas através do método de marcadores moleculares (M; presença-positivo/ausência-negativo) e do método quantitativo (Q; densidade larval – larvas/m³). N/c: ponto onde não foi realizada coleta. 0: presença não-detectada

Rio	Ponto	Q Inverno 2007	M Inverno 2007	Q Primavera 2007	M Primavera 2007	Q Verão 2007/08	M Verão 2007/08	Q Outono 2008	M Outono 2008
Tibagi	1º de Maio		Negativo	—	Negativo	—	Negativo	15,6	Positivo
	Jataizinho	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo	—	Inutilizada
	T. Borba	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo
Ivaí	Icaraíma	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo
	Japurá	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo
	Floresta	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo
Piquiri	F. Alves	—	Negativo	—	Negativo	1,7	Positivo	—	Negativo
	Ubiratã	—	Negativo	—	Negativo	n/c	Positivo	0	Inutilizada
	Marquinho	—	Negativo	—	Negativo	—	Negativo	—	Inutilizada
Iguaçu	Marmelândia	107,3	Positivo	8,0	Positivo	196,9	Inutilizada	4.173,6	Positivo
	Q. Iguaçu	0,7	Positivo	—	Negativo	7,4	Inutilizada	0	Negativo
	F. do Céu	n/c	Positivo	—	Negativo	0	Positivo	0	Negativo
	S.M. Sul	n/c	Positivo	—	Negativo	74,9	Inutilizada	0	Negativo
	P. Amazonas	n/c	n/c	—	Negativo	1,4	Inutilizada	0	Negativo

triagem convencional realizada sob microscópio ótico). Dessa forma, comprova-se sua precisão, com melhor custo-benefício, uma vez que um número muito maior de amostras pode ser analisado e de forma muito mais rápida que através da triagem convencional.

Por outro lado, algumas amostras não puderam ser analisadas através de marcadores moleculares, muito provavelmente pelo excesso de material orgânico presente. Menking *et al.* (1999) já haviam citado essa possibilidade de inibição do método utilizado (PCR) por pequenas quantidades de material

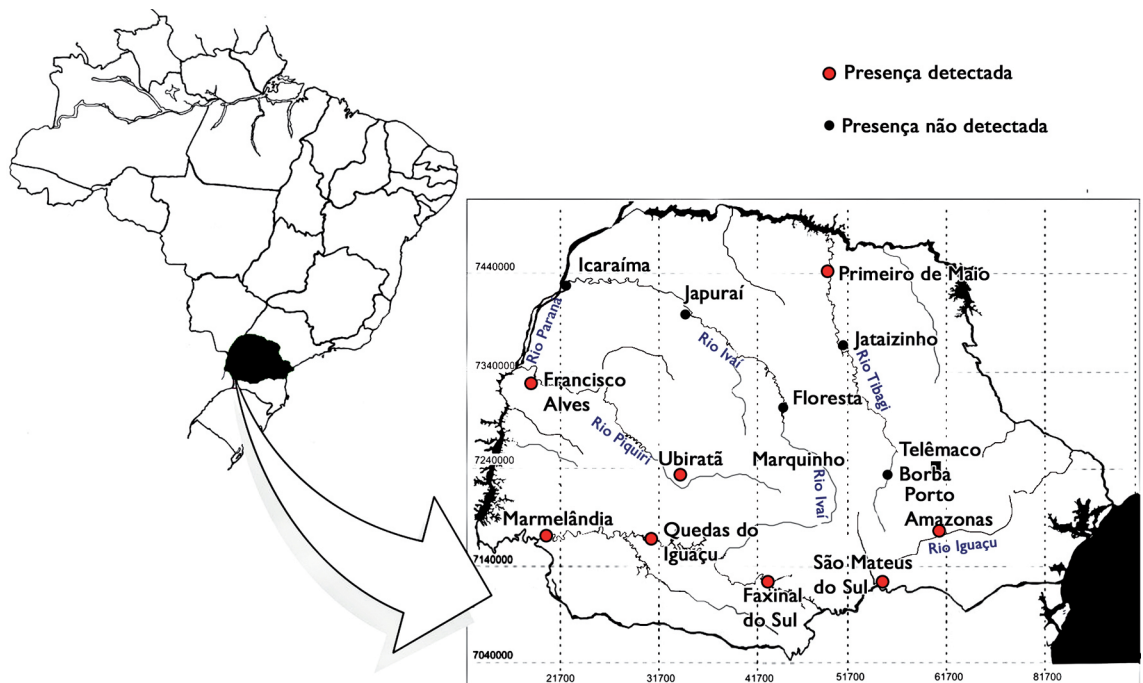


FIGURA 1: Mapa de ocorrência de *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado) nos pontos amostrais dos principais rios do Paraná. Em preto: presença não detectada. Em vermelho: detectada por pelo menos um dos métodos.

húmico presente nas amostras. Nos pontos onde isso ocorreu, a quantidade e o tipo de sedimento coletados juntamente com as amostras foram influenciados pelo aumento da pluviosidade dos dias anteriores à coleta, causando maior turbidez da água, principalmente na campanha do verão 2007/08 (Tabela 3). Nesse caso específico, foi necessário verificar a presença de larvas através de triagem convencional, sem prejuízo ao resultado final obtido. Como a quantidade de amostras inutilizadas foi comparativamente pequena em relação ao total (sete amostras em um total de 56 analisadas através de marcadores moleculares), considera-se que o método de detecção por marcadores moleculares ainda é o mais eficiente para monitoramento ambiental.

A amostra coletada no verão em Faxinal do Céu e analisada através do método de marcadores apresentou resultado positivo, enquanto na análise quantitativa não foi detectada nenhuma larva. Muito provavelmente, isso se deveu à baixíssima densidade em que a espécie se encontra naquela estação.

O resultado obtido em todas as campanhas e pontos amostrais dos rios Tibagi, Piquiri e Iguaçu era, ao menos em teoria, esperado, uma vez que a presença de *L. fortunei* já havia sido anteriormente detectada nos rios Paraná e Paranapanema (Oliveira *et al.* 2004; Avelar *et al.* 2004). Assim, sua dispersão para os afluentes desses rios seria apenas uma questão de tempo.

Inesperado, no entanto, foi o fato de que no rio Ivaí não foi identificada a presença de larvas de *L. fortunei* do mexilhão dourado em nenhuma estação do ano e em nenhum ponto amostral do rio Ivaí. A presença de larvas da espécie já havia sido reportada na região alguns anos antes por Takeda *et al.* (2003b). Na ocasião, os autores verificaram, através de um experimento com substratos artificiais posicionados no rio Paraná, entre a foz do rio Paranapanema e a foz do Ivaí, que a taxa de assentamento de indivíduos da espécie chegou a cerca de 27.000/m². Como somente juvenis da espécie são capazes de se fixar, seguramente a densidade de larvas no plâncton no local e na época de assentamento deveria ser muito superior a isso.

O rio Iguaçu apresentou, em todos os pontos, em pelo menos uma das estações, contaminação por *L. fortunei*. Em 2005, Pestana *et al.* (2008) já tinham confirmado sua presença a jusante das Cataratas do Iguaçu, em densidades superiores a 150 indivíduos/m³.

Alguns autores ressaltam o papel de variáveis físico-químicas da água como fatores de facilitação do processo de bioinvasão de *L. fortunei*. Mansur *et al.* (2003) e Darrigran & Pastorino (1995) sugeriram

que tal processo possa estar relacionado com a intensa oxigenação da água em função do fluxo dos rios. A elevada densidade larval detectada no ponto amostral de Marmelândia e a presença constante de larvas de *L. fortunei* em todas as estações amostradas do rio Iguaçu, um rio caracterizado por ter um fluxo bastante intenso de água, parecem corroborar essa hipótese. Oliveira (2009) concluiu que a expansão de *L. fortunei* para todo o Brasil depende de uma série de fatores ligados ao transporte e que a limitação do estabelecimento característico de cada região poderá ser predominante em relação às características da água. O autor considerou como alto o risco de invasão por *L. fortunei* em toda extensão do rio Iguaçu, usando as concentrações de cálcio e índice de saturação da calcita como variáveis.

De fato, variáveis limnológicas como a concentração de cálcio e pH já foram utilizados para prever a distribuição e densidade de *Dreissena polymorpha*, outro molusco invasor da América do Norte (Ramcharan *et al.* 1992; Neary & Leach 1992; Mellina & Rasmussen, 1994). A rápida expansão do mexilhão-zebra na América do Norte teria sido resultado da combinação de processos como a dispersão pela navegação assim como as características físico-químicas do ambiente.

As evidências obtidas neste trabalho também sugerem que é a combinação entre fatores naturais e humanos que tem criado condições para a dispersão e colonização de larvas e indivíduos adultos de *L. fortunei* nos rios do estado do Paraná, especialmente no rio Iguaçu.

A presença de larvas a montante do ponto de “contaminação” (confluência com o rio Paraná) certamente tem acontecido através da dispersão causada por fatores antropogênicos. A existência de uma forte corrente em sentido contrário ao da dispersão e a presença das Cataratas do Iguaçu corroboram firmemente essa idéia, uma vez que se trata de uma barreira geográfica intransponível a *L. fortunei* através dos mecanismos naturais de dispersão da espécie.

Belz (2006) determinou, através de análise de risco, um modelo para a bacia do Iguaçu, indicando que os reservatórios estudados por ele (Salto Caxias, Foz do Areia e Iraí) oscilavam índices entre “médio” e “médio-alto” em relação ao risco de invasão por *L. fortunei*. O autor sugeriu que entre as variáveis analisadas, a piscicultura seria a atividade de maior risco, com o transporte de alevinos e conseqüentemente de água. O transporte de areia e a pesca viriam a seguir, com um menor risco. De fato, em todos os pontos amostrais do presente trabalho foi possível a observação de evidências de algumas dessas atividades consideradas como “de risco”, representadas pela

visualização de material de pesca abandonado (fios de nylon e anzóis), pescadores esportivos em atividade, movimentação de embarcações no rio e transporte por via terrestre de pequenos barcos.

A presença de larvas de *L. fortunei* não seguiu padrão sazonal nem ambiental definido. A maior densidade foi verificada no outono/2008 (Marmelândia), período em que a presença de larvas só foi detectada em mais um ponto amostral (Primeiro de Maio). O ambiente lótico do ponto Marmelândia pode ter favorecido a reprodução da espécie, mas em Primeiro de Maio existe a influência de uma área represada do rio Paranapanema (represa de Capivara), formando um ambiente lêntico. Nos demais pontos em que foram detectadas larvas também há essa disparidade: enquanto em Francisco Alves, Ubiratã, São Mateus e Porto Amazonas o ambiente de coleta tinha influência da correnteza dos rios, em Quedas do Iguaçu e Faxinal do Céu esse ambiente tinha influência dos reservatórios vizinhos (respectivamente Salto Osório e Foz do Areia).

Belz *et al.* (2005) realizaram a prospecção do mexilhão dourado em nove reservatórios da Companhia Paranaense de Energia (Copel), entre junho e novembro de 2003. Esses reservatórios fazem parte da bacia litorânea e das bacias dos rios Ribeira, Iguaçu, Tibagi, Ivaí e Piquiri. Em nenhum deles foi detectada, na época, a presença de *L. fortunei*. Pode-se inferir que os cinco anos que decorreram desde então tenham sido suficientes para que a espécie alcançasse o grau de dispersão comprovado pelo presente trabalho. Ou ainda que o método de triagem convencional (por sub-amostragem) não tenha sido suficientemente acurado para a detecção das larvas. Nesse caso, a metodologia empregada pode ter gerado resultados falso-negativos.

As diferenças na distribuição sazonal observadas durante o presente trabalho, em que em alguns casos a presença era detectada em uma estação e na seguinte não, indicam que podem estar ocorrendo pulsos de tentativas de colonização e de expansão das áreas de distribuição de *L. fortunei* nos principais rios do estado do Paraná. Essas evidências ressaltam a importância da realização de programas continuados de monitoramento ambiental.

Para uma melhor compreensão desse processo de bioinvasão por *L. fortunei* recomenda-se a intensificação dos esforços de coletas tanto nas áreas onde já foram detectadas larvas da espécie, quanto em áreas onde as análises foram negativas em relação à presença das mesmas. É sabido que poucas são as alternativas práticas para se combater a espécie após a sua colonização em um determinado ambiente. Mas, por

outro lado, a melhor compreensão dos mecanismos de dispersão pode fornecer as bases técnicas e científicas necessárias para o estabelecimento de medidas preventivas eficazes para se evitar a expansão das áreas de bioinvasão de *L. fortunei*.

CONCLUSÕES

Foi detectada a presença de larvas de *Limnoperna fortunei* nos rios Tibagi, Piquiri e Iguaçu, em pelo menos uma das estações do ano. Em todos os pontos do rio Iguaçu, a espécie teve a presença confirmada e o ponto com maior densidade foi o de Marmelândia, chegando a mais de 4.000 larvas/m³.

A eficácia e acurácia do método de marcadores moleculares para detecção das larvas de *L. fortunei* foram comprovadas. Deve-se, contudo, proceder a uma análise criteriosa na escolha dos pontos de coleta, para evitar os locais com elevadas concentrações de material particulado em suspensão.

O fator antropogênico tem sido fundamental na dispersão da espécie ao longo do rio Iguaçu, uma vez que as larvas foram encontradas a montante do ponto de “contaminação” (confluência com o rio Paraná). A forte corrente contrária ao sentido da dispersão existente e a presença das Cataratas do Iguaçu seriam variáveis impeditivas aos mecanismos naturais de dispersão de *L. fortunei*.

A presença de larvas de *L. fortunei* não seguiu padrão sazonal nem ambiental definido. Essa ausência de padrão sugere que podem estar ocorrendo pulsos de tentativas de colonização e de expansão das áreas de distribuição de *L. fortunei* nos principais rios do estado do Paraná. Programas continuados de monitoramento ambiental poderiam auxiliar na elucidação dessa questão.

RESUMO

Foram realizadas coletas nos principais corpos hídricos do Paraná objetivando a prospecção de larvas do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). Essa espécie de molusco vem colonizando diversos corpos hídricos na América do Sul desde sua introdução na Argentina, em 1991. Já atingiu os rios Paraná e Paraguai, tendo sua presença reportada nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. As coletas foram feitas no inverno e na primavera de 2007 e no verão e no outono de 2008, em 14 pontos amostrais ao longo dos rios Iguaçu, Piquiri, Ivaí (afluentes do rio Paraná) e Tibagi (afluente

do rio Paranapanema). O presente estudo determinou a presença da espécie ao longo de todos os pontos do rio Iguaçu, em dois pontos do rio Piquiri e um ponto amostral do rio Tibagi. No rio Ivaí, sua presença não foi detectada em nenhum dos pontos, em nenhuma estação do ano. Com base nos resultados obtidos, foi feito um mapa de ocorrência da espécie no estado do Paraná. Esses resultados são úteis para embasar a tomada de decisão a respeito do avanço da espécie, no sentido de monitorar sua presença e/ou prevenir sua entrada em outros corpos hídricos do estado.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinvasões; Mexilhão dourado; Marcadores moleculares; Rios do Paraná.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, que, através do CT-Hidro (Processo nº 151399/2007-7) financiou a pesquisa.

REFERÊNCIAS

AVELAR, W.E.P.; MARTIM, S.L. & VIANNA, M.P. 2004. A new occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1856) (Bivalvia, Mytilidae) in the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64(4):739-742.

BELZ, C.E. 2006. Análise de risco de bioinvasão por *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857): um modelo para a bacia do rio Iguaçu, Paraná. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Zoologia, Curitiba, PR.

BELZ, C.E.; BOEGER, W.A.P.; ALBERTI, S.M.; PATELLA, L. & VIANNA, R.T. 2005. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em reservatórios e sistemas de usinas hidrelétricas da Companhia Paranaense de Energia – Copel. *Acta Biologica Leopoldensia*, 27(2):123-126.

DARRIGRAN, G. & ESCURRA DE DRAGO, I. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *Nautilus*, 114(2):69-73.

DARRIGRAN, G. & PASTORINO, G. 1995. The recent introduction of Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *The Veliger*, 38:183-187.

DARRIGRAN, G. 2002. Potencial impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*, 4:145-156.

LODGE, D.M.; STEIN, R.A.; BROWN, K.M.; COVICH, A.P.; BRONMARK, C.; GARVEY, J.E. & KLOSIEWSKI, S.P. 1998. Predicting impact of freshwater exotic species on native biodiversity: Challenges in spatial scaling. *Australian Journal of Ecology*, 23(1):53-67.

MANSUR, M.C.D.; QUEVEDO, C.B.; SANTOS, C.P. & CALLIL, C.T. 2004. Prováveis vias de introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul e novos registros de invasão no Brasil pelas Bacias do Paraná e Paraguai. In: Silva, J.S.V. & Souza, R.C.C.L. (Eds.), *Água de lastro e bioinvasão*. Interciência, Rio de Janeiro, capítulo 4, páginas 33-38.

MANSUR, M.C.D.; SANTOS, P.; DARRIGRAN, G.; INGRID, H.; CALLIL, T. & CARDOSO, F.R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos

do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no lago Guaíba e na laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(1):75-84.

MELLINA, E. & RASMUSSEN, J.B. (1994). Patterns in the Distribution and Abundance of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in Rivers and lakes in Relation to Substrate and Other Physicochemical Factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 51:1024-1036.

MENKING, D.E.; EMANUEL, P.A.; VALDES, J.J. & KRACKE, S.K. 1999. Rapid cleanup of bacterial DNA from field samples. *Resources, Conservation & Recycling*, 27:179-186.

NEARY, B.P. & LEACH, J.H. (1992). Mapping the potential spread of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49:406-415.

OLIVEIRA, M.D. 2009. Fatores reguladores e distribuição potencial do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker 1857) na bacia do alto rio Paraguai e outros rios brasileiros. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre.

OLIVEIRA, M.D.; PELLEGRIN, L.A.; BARRETO, R.R. & XAVIER, I.G. 2004. Área de ocorrência do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) na Bacia do Alto Paraguai entre os anos de 1998 e 2004. EMBRAPA, Corumbá, Documento n. 64, 19 p.

PESTANA, D.; PIE, M.R.; OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.A.; ANDREOLI, C.V.; FRANCESCHI, F. & LAGOS, P. 2008. Seasonal variation in larval density of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in the Iguaçu and Paraná Rivers, in the region of Foz do Iguaçu, Paraná, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(3):607-612.

PIE, M.; BOEGER, W.; PATELLA, L. & FALLEIROS, R. 2006. A fast and accurate molecular method for the detection of larvae of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Mollusca: Mytilidae) in plankton samples. *Journal of Molluscan Studies*, 72:218-219.

RAMCHARAN, C.W.; PADILLA, D.K. & DODSON, S.I. (1992). Models to predict potential occurrence and density of zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49:2611-2620.

TAKEDA, A.M.; FUJITA, D.S.; MELO, S.M.; IBARRA, J.M.; BUTAKKA, C.M.M.; OLIVEIRA, D.P.; BRAGA, C.P.; FUJITA, R.; ROSIN, G.C. & FERNANDES, S.P.F. 2003b. Comunidade Zoobentônica – Relatório 2003. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. Programa PELD/CNPq. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/Relat2003/pdf/Zoobentos.pdf>>. Acesso em: 16/Set./2009.

TAKEDA, A.M.; MANSUR, M.C.D.; FUJITA, D.S. & BIBIAN, J.P.R. 2003a. Ocorrência da espécie invasora de mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em dois pequenos reservatórios próximos a Curitiba, PR. *Acta Biologica Leopoldensia*, 25(2):251-254.

ZANELLA, O. & MARENDIA, L.D. 2002. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* na Central Hidrelétrica de Itaipu. In: 5 Congresso Latinoamericano de Malacologia, São Paulo. *Resumos*. Instituto Butantan/Instituto de Biociências, USP, São Paulo, p. 41.

Recebido em: 13.11.2009

Aceito em: 05.10.2010

Impresso em: 10.12.2010

Este artigo sofreu a seguinte alteração em 14/01/2011: “Substituição completa do Abstract”.



Publicado com o apoio financeiro do Programa de Apoio às Publicações Científicas Periódicas da USP

EDITORIAL COMMITTEE

Publisher: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Avenida Nazaré, 481, Ipiranga, CEP 04263-000, São Paulo, SP, Brasil.

Editor-in-Chief: Hussam Zaher, Serviço de Vertebrados, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Post Office Box 42.494, CEP 04218-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: editor@mz.usp.br.

Managing Editor: Carlos José Einicker Lamas (Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Brasil).

Associate Editors: Mário César Cardoso de Pinna (Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Brasil); Marcos Domingos Siqueira Tavares (Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Brasil); Sérgio Antonio Yanin (Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Brasil).

Editorial Board: Aziz Nacib Ab'Saber (Universidade de São Paulo, Brasil); Rüdiger Bieler (Field Museum of Natural History, U.S.A.); Walter Antonio Pereira Boeger (Universidade Federal do Paraná, Brasil); Carlos Roberto Ferreira Brandão (Universidade de São Paulo,

Brasil); James M. Carpenter (American Museum of Natural History, U.S.A.); Ricardo Macedo Corrêa e Castro (Universidade de São Paulo, Brasil); Mario de Vivo (Universidade de São Paulo, Brasil); Marcos André Raposo Ferreira (Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brasil); Darrel R. Frost (American Museum of Natural History, U.S.A.); William R. Heyer (National Museum of Natural History, U.S.A.); Ralph W. Holzenthal (University of Minnesota, U.S.A.); Adriano Brilhante Kury (Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brasil); Gerardo Lamas (Museo de Historia Natural "Javier Prado", Lima, Peru); John G. Maisey (American Museum of Natural History, U.S.A.); Naércio Aquino Menezes (Universidade de São Paulo, Brasil); Christian de Muizon (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France); Nelson Papavero (Universidade de São Paulo, Brasil); James L. Patton (University of California, Berkeley, U.S.A.); Richard O. Prum (University of Kansas, U.S.A.); Olivier Rieppel (Field Museum of Natural History, U.S.A.); Miguel Trefaut Urbano Rodrigues (Universidade de São Paulo, Brasil); Randall T. Schuh (American Museum of Natural History, U.S.A.); Luis Fábio Silveira (Universidade de São Paulo, Brasil); Ubirajara Ribeiro Martins de Souza (Universidade de São Paulo, Brasil); Paulo Emílio Vanzolini (Universidade de São Paulo, Brasil); Richard P. Vari (National Museum of Natural History, U.S.A.).

INSTRUCTIONS TO AUTHORS – (APRIL 2007)

General Information: *Papéis Avulsos de Zoologia (PAZ)* and *Arquivos de Zoologia (AZ)* cover primarily the fields of Zoology, publishing original contributions in systematics, paleontology, evolutionary biology, ontogeny, faunistic studies, and biogeography. *Papéis Avulsos de Zoologia* and *Arquivos de Zoologia* also encourage submission of theoretical and empirical studies that explore principles and methods of systematics.

All contributions must follow the International Code of Zoological Nomenclature. Relevant specimens should be properly curated and deposited in a recognized public or private, non-profit institution. Tissue samples should be referred to their voucher specimens and all nucleotide sequence data (aligned as well as unaligned) should be submitted to GenBank (www.ncbi.nih.gov/Genbank) or EMBL (www.ebi.ac.uk).

Peer Review: All submissions to *Papéis Avulsos de Zoologia* and *Arquivos de Zoologia* are subject to review by at least two referees and the Editor-in-Chief. All authors will be notified of submission date. Authors may suggest potential reviewers. Communications regarding acceptance or rejection of manuscripts are made through electronic correspondence with the first or corresponding author only. Once a manuscript is accepted providing changes suggested by the referees, the author is requested to return a revised version incorporating those changes (or a detailed explanation of why reviewer's suggestions were not followed) within fifteen days upon receiving the communication by the editor.

Proofs: Page-proofs with the revised version will be sent to e-mail the first or corresponding author. Page-proofs must be returned to the editor, preferentially within 48 hours. Failure to return the proof promptly may be interpreted as approval with no changes and/or may delay publication. Only necessary corrections in proof will be permitted. Once page proof is sent to the author, further alterations and/or significant additions of text are permitted only at the author's expense or in the form of a brief appendix (not added in proof).

Submission of Manuscripts: Manuscripts should be sent to the SciELO Submission (<http://submission.scielo.br/index.php/paz/login>), along with a submission letter explaining the importance and originality of the study. Address and e-mail of the corresponding author must be always updated since it will be used to send the 50 reprints in titled by the authors. Figures, tables and graphics **should not** be inserted in the text. Figures and graphics should be sent in separate files with the following formats: ".jpg" and ".tif" for figures, and ".xls" and ".cdr" for graphics, with 300 DPI of minimum resolution. Tables should be placed at the end of the manuscript.

Manuscripts are considered on the understanding that they have not been published or will not appear elsewhere in substantially the same or abbreviated form. The criteria for acceptance of articles are: quality and relevance of research, clarity of text, and compliance with the guidelines for manuscript preparation.

Manuscripts should be written preferentially in English, but texts in Portuguese or Spanish will also be considered. Studies with a broad coverage are encouraged to be submitted in English. All manuscripts should include an abstract and keywords in English and a second abstract and keywords in Portuguese or Spanish.

Authors are requested to pay attention to the instructions concerning the preparation of the manuscripts. Close adherence to the guidelines will expedite processing of the manuscript.

Manuscript Form: Manuscripts should not exceed 150 pages of double-spaced, justified text, with size 12 and source Times New Roman (except for symbols). Page format should be A4 (21 by 29.7 cm), with 3 cm of margins. The pages of the manuscript should be numbered consecutively.

The text should be arranged in the following order: **Title Page, Abstracts with Keywords, Body of Text, Literature Cited, Tables, Appendices, and Figure Captions.** Each of these sections should begin on a new page.

(1) **Title Page:** This should include the **Title, Short Title, Author(s) Name(s) and Institutions.** The title should be concise and, where appropriate, should include mention of families and/or higher taxa. Names of new taxa should not be included in titles.

(2) **Abstract:** All papers should have an abstract in **English and another in Portuguese or Spanish.** The abstract is of great importance as it may be reproduced elsewhere. It should be in a form intelligible if published alone and should summarize the main facts, ideas, and conclusions of the article. Telegraphic abstracts are strongly discouraged. Include all new taxonomic names for referencing purposes. Abbreviations should be avoided. It should not include references. Abstracts and keywords should not exceed 350 and 5 words, respectively.

(3) **Body of Text:** The main body of the text should include the following sections: **Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References at end.** Primary headings in the text should be in capital letters, in bold and centered. Secondary headings should be in capital and lower case letters, in bold and centered. Tertiary headings should be in capital and lower case letters, in bold and indented at left. In all the cases the text should begin in the following line.

(4) **Literature Cited:** Citations in the text should be given as: Silva (1998) *or* Silva (1998:14-20) *or* Silva (1998: figs. 1, 2) *or* Silva (1998a, b) *or* Silva & Oliveira (1998) *or* (Silva, 1998) *or* (Rangel, 1890; Silva & Oliveira, 1998a, b; Adams, 2000) *or* (Silva, *pers. com.*) *or* (Silva *et al.*, 1998), the latter when the paper has three or more authors. The reference need not be cited when authors and date are given only as authority for a taxonomic name.

(5) **References:** The literature cited should be arranged strictly alphabetically and given in the following format:

- **Journal Article** – Author(s). Year. Article title. *Journal name*, volume: initial page-final page. Names of journals must be spelled out in full.
- **Books** – Author(s). Year. *Book title*. Publisher, Place.
- **Chapters of Books** – Author(s). Year. Chapter title. In: Author(s) ou Editor(s), *Book title*. Publisher, Place, volume, initial page-final page.
- **Dissertations and Theses** – Author(s). Year. *Dissertation title*. (Ph.D. Dissertation). University, Place.
- **Electronic Publications** – Author(s). Year. *Title*. Available at: <electronic address>. Access in: date.

Tables: All tables must be numbered in the same sequence in which they appear in text. Authors are encouraged to indicate where the tables should be placed in the text. They should be comprehensible without reference to the text. Tables should be formatted with vertical (portrait), not horizontal (landscape), rules. In the text, tables should be referred as Table 1, Tables 2 and 4, Tables 2-6. Use "TABLE" in the table heading.

Illustrations: Figures should be numbered consecutively, in the same sequence that they appear in the text. Each illustration of a composite figure should be identified by capital letters and referred in the text as: Fig. 1A, Fig. 1B, for example. When possible, letters should be placed in the left lower corner of each illustration of a composite figure. Hand-written lettering on illustrations is unacceptable. Figures should be mounted in order to minimize blank areas between each illustration. Black and white or color photographs should be digitized in high resolution (300 DPI at least). Use "Fig(s)." for referring to figures in the text, but "FIGURE(S)" in the figure captions and "fig(s)." when referring to figures in another paper.

Responsibility: Scientific content and opinions expressed in this publication are sole responsibility of the respective authors.

Copyrights: The journals *Papéis Avulsos de Zoologia* and *Arquivos de Zoologia* are licensed under a Creative Commons Licence (<http://creativecommons.org>).

For other details of manuscript preparation of format, consult the CBE Style Manual, available from the Council of Science Editors (www.councilscienceeditors.org/publications/style).

Papéis Avulsos de Zoologia and *Arquivos de Zoologia* are publications of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (www.mz.usp.br).

Always consult the Instructions to Authors printed in the last issue or in the electronic home pages: www.scielo.br/paz or www.mz.usp.br/publicacoes.