

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências – Departamento de Zoologia
Campus de Botucatu

Daniel Augusto de Mello

Trabalho de Conclusão de Curso

Estudo da distribuição e das densidades larvais do bivalve invasor ***Limnoperna fortunei*** (Dunker, 1857) nos principais corpos d'água da bacia do rio da Prata

Botucatu - SP

2012

Daniel Augusto de Mello

Estudo da distribuição e das densidades larvais do bivalve invasor ***Limnoperna fortunei*** (Dunker, 1857) nos principais corpos d'água da bacia do rio da Prata

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas no Instituto de
Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” – Campus de Botucatu.

Orientador: Professor Adjunto Marcos Gomes Nogueira

Botucatu - SP

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **SULAMITA SELMA CLEMENTE COLNAGO**

Mello, Daniel Augusto.

Estudo da distribuição e das densidades larvais do bivalve invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos d'água da bacia do rio da Prata / Daniel Augusto de Mello. – Botucatu : [s.n.], 2012

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Marcos Gomes Nogueira

Capes: 20502001

1. Mexilhão – Distribuição geográfica.

Palavras-chave: Bioinvasão; Mexilhão dourado; Rio Paraguai; Rio Paraná; Rio Uruguai.

Resumo

Estudo da distribuição e das densidades larvais do bivalve invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos d'água da Bacia do rio da Prata.

O mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) é um bivalve de água doce pertencente à família Mytilidae. Originário de rios e arroios da China e do sudeste asiático, foi introduzido acidentalmente na América do Sul em 1991, no estuário do rio da Prata, provavelmente através de água de lastro. Como encontrou condições propícias para o seu desenvolvimento, se expandiu através dos rios Uruguai, Paraná e Paraguai, sendo atualmente o principal responsável pelo **macrofouling** em ecossistemas de água doce do continente. O presente estudo compreende uma área de grande extensão na bacia do Rio da Prata, onde foram amostrados pontos estratégicos nos rios Paraná (e seus principais afluentes), Uruguai e Paraguai. A partir de coletas de organismos do plâncton, realizadas por arrasto vertical, foram quantificadas as densidades de larvas de *L. fortunei* em cada local de amostragem. Assim, obteve-se um panorama atual da ocorrência do mexilhão, registrando-se, inclusive, alguns limites de sua distribuição. As densidades mostraram-se, no geral, elevadas, provavelmente em decorrência do período de amostragem (verão 2010), onde a atividade reprodutiva da espécie é maior devido às altas temperaturas. Porém, grandes variações ao longo da bacia foram registradas, o que pode estar relacionado ao grau de antropização, disponibilidade de substratos, velocidade da corrente, tempo de introdução, entre outras variáveis.

Palavras-chave: rio Paraná, rio Paraguai, rio Uruguai, mexilhão dourado, bioinvasão.

Sumário

1. Introdução.....	6
2. Material e Métodos.....	10
2.1. Organismo estudado.....	10
2.2. Área de estudo.....	11
2.3. Metodologia.....	12
2.3.1 <i>Coleta de amostras, mensurações limnológicas, análises laboratoriais e dos dados</i>	15
2.3.2 <i>Contagem das amostras e determinação da densidade</i>	16
2.3.2 <i>Análise e apresentação dos resultados</i>	17
3. Resultados.....	18
3.2 Variáveis físico-químicas.....	18
3.2.1 <i>Profundidade e Temperatura da água</i>	18
3.2.2 <i>Temperatura do ar</i>	18
3.2.3 <i>Transparência, Turbidez e Material em Suspensão</i>	19
3.2.4 <i>Condutividade</i>	19
3.2.5 <i>Nutrientes totais (Nitrogênio e Fósforo)</i>	19
3.2.6 <i>Silicato</i>	20
3.2.7 <i>Clorofila a</i>	20
3.2.8 <i>pH</i>	20
3.1. Densidades larvais.....	22
<i>Limites de distribuição</i>	26
3.3. Análise de Correlação.....	28
4. Discussão.....	31
ESTUÁRIO DO RIO DA PRATA.....	31
RIO URUGUAI.....	33
BAIXO E MÉDIO RIO PARANÁ.....	34
RIO PARAGUAI.....	35
BACIA DO ALTO RIO PARANÁ.....	37
<i>RIO TIETÊ</i>	38
<i>RIO PARANAPANEMA</i>	39
<i>RIO IGUAÇU</i>	39
Considerações finais.....	40
5. Referências Bibliográficas.....	41

1. Introdução

O fenômeno da invasão biológica ganha cada vez mais atenção do público e da comunidade acadêmica, com diversas ocorrências de espécies não-nativas reportadas, com uma frequência cada vez maior, em todas as regiões do planeta (Lockwood et al., 2007). A invasão de ecossistemas por organismos exóticos geralmente interfere nas atividades humanas e ganha maior proeminência nos casos em que causam prejuízos econômicos ou são responsáveis por mudanças sócio-culturais (Vermeij, 1996; Lockwood et al., 2007). Podem-se destacar alguns dos problemas trazidos pelas invasões, como as reduções no rendimento das colheitas, os aumentos nos custos de controle e manutenção de empreendimentos, a diminuição dos suprimentos de água potável devido à degradação de áreas de captação (McNeely, 2006), além da diminuição da biodiversidade e tendência à homogeneização do *pool* de espécies regionais e globais (McNeely, 2001; Rahel, 2000; Lodge, 1993).

Durante muito tempo, as barreiras geográficas limitaram o movimento de espécies nativas ou indígenas, isto é, historicamente pertencentes a um determinado ecossistema ou habitat. A existência de tais barreiras foi uma condição determinante para o desenvolvimento da vasta diversidade biológica atual. Contudo, em apenas alguns séculos, ações humanas como a intensificação do comércio e a organização do modelo econômico mundial baseado no crescimento da produção e do consumo, possibilitou o desenvolvimento de meios transportes cada vez mais rápidos e efetivos. Esses meios, tais como aviões, navios, carros, caminhões e trens permitem um fluxo maior de bens e de pessoas e muitas vezes são responsáveis pela transposição das barreiras geográficas por outras espécies (McNeely, 2006).

A introdução de espécies pode ocorrer de modo acidental ou intencional, com propósitos bem definidos, como no caso de espécies utilizadas na agricultura, silvicultura, ornamentação e até mesmo para fins pessoais (Staples, 2001). Introduções intencionais ocorrem desde a antiguidade e foram muito comuns nos períodos do colonialismo europeu (Crosby, 1986). Atualmente espécies introduzidas são responsáveis pelo provimento da maioria dos itens da dieta humana (Hoyt, 1992). Já as introduções acidentais são subprodutos do intercâmbio de outros bens e estima-se que os casos em que as espécies são transportadas juntamente com cargas e outros organismos sejam predominantes (Carlton, 2000 *apud* Lockwood et al., 2007).

O alcance de novas regiões significa a superação do filtro biogeográfico. Neste caso, a espécie ainda enfrenta filtros fisiológicos (fatores abióticos) e biológicos (fatores bióticos) e pode, eventualmente, tornar-se invasora (Espínola & Júnior, 2007). A invasão, segundo Vermeij (1996), é definida pela expansão da distribuição geográfica de uma espécie para uma área previamente não ocupada pela mesma, sendo dividida em três etapas arbitrárias: a chegada, o estabelecimento e a integração. O processo se completa apenas quando a

população da espécie introduzida se *estabelece*, mantendo-se através da reprodução e do recrutamento local e é *integrada* à nova comunidade, isto é, estrutura relações ecológicas locais e altera as pressões de seleção (Vermeij, 1996). Nem todas as espécies se tornam invasoras, pois parte delas não consegue superar os filtros existentes no novo ambiente.

Ricciard & Rasmussen (1998) resumiram algumas características que fazem das espécies introduzidas potenciais invasores: 1. Distribuição abundante em sua área de ocorrência natural; 2. Ampla tolerância ambiental (flexibilidade de adaptações fisiológicas); 3. Grande variabilidade genética na população; 4. Ciclo de vida curto; 5. Crescimento rápido; 6. Maturidade sexual precoce; 7. Grande capacidade reprodutiva. Tendo em vista tais características, pode-se concluir que espécies k-estrategista, especializadas, estão em desvantagem em relação a invasores oportunistas, generalistas.

Os efeitos negativos do processo de invasão biológica, bem como a quantidade de espécies introduzidas, cresceram muito nos últimos anos, impulsionados principalmente pela economia e comércio global (Westphal et al, 2008; Lodge, 1993). A ecologia de invasões foi apresentada como uma nova disciplina, conforme pesquisadores perceberam e relataram a ruptura na estrutura de ecossistemas devido à introdução de novas espécies (Elton, 1958; Lodge, 1993).

No que concerne às invasões não intencionais, um dos melhores exemplos existentes é o movimento de espécies promovido pelos descartes de forma inadequada da água de lastro de navios. A água de lastro é utilizada para balancear a carga e dar estabilidade às embarcações, tornando sua navegação mais eficiente. Carlton (1999) estimou que 10.000 ou mais espécies pudessem ser transportadas dessa forma, diariamente, o que faria deste um dos meios de introdução mais disseminados atualmente, devido à importância do comércio marítimo.

A água de lastro foi dada como responsável pela introdução do molusco *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), conhecido como mexilhão dourado, na América do Sul (Darrigran & Pastorino, 1995).

O mexilhão-dourado é um bivalve de água doce pertencente à família Mytilidae, que compreende moluscos de conchas equivalves, alongadas e cuneiformes. Os mitilídeos em geral são designados popularmente de *mexilhões* e ocorrem tanto em habitats de água salgada como de água doce. A espécie *Limnoperna fortunei* é originária de rios e arroios da China e do sudeste asiático (Morton, 1977) e foi introduzida acidentalmente em outras localidades do continente, como Hong Kong, Coreia, Taiwan e Japão, entre os anos de 1965 e 1990, provocando o *macrofouling*, uma forma de incrustação (de 1 mm ou mais) em que ocorre o

crescimento excessivo de organismos vivos na superfície de substratos sólidos (Morton 1975, 1979,1999; Nakai 1995; Darrigran, 2002a).

Na América do Sul, a espécie *L. fortunei* foi registrada pela primeira vez em setembro de 1991 no balneário Bagliardi (34°55' S; 55°49' O), na Argentina (Pastorino et al., 1993). Atualmente, chegou a latitudes mais baixas e se espalhou pelas bacias dos rios Paraná, Uruguai e Paraguai, em grande parte devido ao fluxo intenso de navegação nesses rios, alcançando uma velocidade média de dispersão de 240 km por ano, desde sua introdução até o ano de 2002 (Darrigran, 2002).

A espécie *Limnoperna fortunei* apresenta características típicas de invasores bem sucedidos. Seu rápido crescimento, curto ciclo de vida, maturação sexual precoce e fase larval planctônica (véliger) facilitam sua dispersão (Morton, 1973). Além disso, possui glândulas anteriores nos pés, que secretam filamentos córneos constituintes de uma estrutura denominada *bisso*, que permite sua fixação em diversos tipos de substratos rígidos, tanto naturais (rochas, troncos, vegetais) como artificiais (docas, tubulações, paredes). A alta taxa reprodutiva e fecundidade, grande tolerância ambiental e a falta de competidores naturais por espaço auxiliaram ainda mais o sucesso da invasão (Darrigran, 2002a).

Devido ao seu alto grau de associação com ambientes alterados pelo homem, o mexilhão-dourado é responsável por impactos que afetam negativamente as atividades econômicas. O *macrofouling* em sistemas de água é um problema recente na América do Sul, causado por estes organismos. Até o início da década de 1990, incrustações desta natureza ocorriam apenas em regiões marinhas e estuários, mas com a introdução acidental de *L. fortunei*, sua rápida adaptação e dispersão, esse problema tem se tornado frequente e já pode ser observado na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (Darrigran, 2002a).

Dentre alguns dos locais sujeitos ao *macrofouling* estão as tubulações de captação de água, sistemas de refrigeração industrial e as estruturas das usinas hidrelétricas. Os principais problemas decorrentes são: obstrução das tubulações, com o acúmulo de conchas e poluição da água devido à mortandade em massa; oclusão de filtros e aumento na corrosão de superfícies devido à infestação. Tudo isso trás custos extras de manutenção, com a necessidade da interrupção do funcionamento dos sistemas produtivos para limpeza química e mecânica, reposição de filtros e de tubulações (Darrigran, 2002a).

Além dos prejuízos às atividades econômicas, a invasão de mexilhão-dourado também interfere em aspectos ambientais. Uma das mudanças estudadas por Martin & Darrigran (1994) e Darrigran et al. (1998) foi a rápida alteração produzida nas comunidades bentônicas. As incrustações criam novos microambientes que favorecem certas espécies da epifauna e desfavorecem a ocupação por outras, geralmente da infauna. Isso altera a diversidade e

abundância de táxons encontrados e interfere na estrutura das cadeias alimentares, já que muitos vertebrados de níveis tróficos superiores se alimentam de invertebrados bentônicos.

No Brasil, mais de 90% da energia consumida nos últimos anos (ca. 70.000MW) tem sido produzida por usinas hidroelétricas. Cerca de 1000 diferentes locais inventariados poderão ainda ser utilizados para construção de novas usinas (potencial de 107.000MW) (Kelman et al., 2006). Segundo o Banco Mundial (2008), a contribuição das hidrelétricas, em relação ao total de energia produzido, será de 75% no ano de 2015.

Desta forma, observadas as altas velocidades de dispersão e as altas densidades dos agregados de *Limnoperna fortunei* já registradas, pode-se esperar a sua colonização em corpos d'água mais setentrionais, incluindo os reservatórios das hidroelétricas. Tal fato poderá acarretar prejuízos econômicos e ecológicos ainda maiores, visto a importância da geração hidrelétrica no Brasil e sua rica biodiversidade aquática.

O presente estudo tem como objetivo avaliar o cenário atual da distribuição espacial do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* ao longo da bacia do rio da Prata, a partir da determinação das densidades de formas larvais encontradas na coluna d'água. Pretende-se ainda detectar as possíveis condições que favorecem a alta ocorrência desse organismo nos ecossistemas aquáticos estudados, através de análises de correlações com características físicas e químicas de cada ambiente amostrado.

2. Material e Métodos

2.1. Organismo estudado

Certas características biológicas do mexilhão-dourado são importantes para a compreensão de sua rápida colonização nos ambientes estudadas.

A espécie *Limnoperna fortunei* é dióica com fertilização externa e, assim como outros moluscos, tem a temperatura como uma condição chave para iniciar sua reprodução (Cataldo & Boltovskoy, 2000). Sua fase larval planctônica, já citada anteriormente, auxilia sua dispersão. Durante o desenvolvimento, que ocorre de forma gradual, é possível identificar os diferentes estágios larvais presentes na coluna d'água. Existem fases *não valvadas*, que englobam o estágio de ovo até as fases trocóforas; e fases *valvadas*, diferenciadas morfológicamente entre si (Santos et al., 2005; Cataldo et al., 2005). Uma nomenclatura mais geral ou mais específica é utilizada na identificação dos estágios larvais, conforme os diferentes autores.

O ovo tem forma esférica e é compacto, com material viscoso ao seu redor, medindo em torno de 80 µm. As fases não valvadas são chamadas de trocóforas e desenvolvem-se de um formato circular ciliado para um formato mais alongado e achatado lateralmente, quando começam a apresentar os primórdios da concha (Choi & Shin, 1985 *apud* Eilers, V. 2006). Os estágios de trocóforas variam em comprimento nas diferentes populações estudadas, sendo que Santos et al. (2005) encontraram indivíduos de 80-120 µm para estas fases, no Lago Guaíba (RS).

Os estágios *valvados* são quatro: larva D, véliger de charneira reta, véliger umbonada e pediveliger (de acordo com Santos et al., 2005), e são reconhecidos através da forma, tamanho, desenvolvimento da charneira das conchas larvais e existência ou não de estruturas no corpo. Foram estes os estágios larvais contabilizados no presente estudo, sem distinção de fase específica.

Na América do Sul, as primeiras populações do molusco *L. fortunei* estabeleceram-se em habitat de clima temperado e de água salobra, com temperaturas entre 14 e 24° C. Posteriormente, expandiram-se para áreas subtropicais, com invernos mais curtos e temperaturas médias entre 15.3 e 32.6° C. Os tamanhos máximos registrados para indivíduos adultos foram de 40-45 mm (Darrigran, 2002a).

A Tabela 1 apresenta algumas características de *L. fortunei*, em relação à sua tolerância a alguns fatores ambientais e características reprodutivas básicas.

Tabela 1. Tolerância de *Limnoperna fortunei* para alguns parâmetros ambientais e características reprodutivas básicas (Darrigran, 2002; Choi & Kim, 1985).

Parâmetro	Limites registrados
pH	6.2 – 7.4
Cálcio (Ca++)	> 3,96 mg.L ⁻¹
Salinidade	0-12‰
Oxigênio dissolvido	> 1 mg.L ⁻¹
Exposição ao ar (adulto)	Sobrevivência de até 7 dias
Temperatura - para início da reprodução	Limiar de 15-17°C
Temperatura - para desenvolvimento larval	16-28°C
Duração estágio larval	15-20 dias
Tamanho – diferenciação sexual	mínimo de 5 mm (para machos e fêmeas)
Tamanho - maturação gonadal	mínimo de 6 mm (para machos e fêmeas)
Hermafroditismo	0,55%

2.2. Área de estudo

Um dos mais importantes sistemas hidrográficos da América do Sul é a bacia do Prata, com uma área de drenagem de aproximadamente 3.000.000 quilômetros quadrados, compreendendo 4 sub-bacias principais (Bonetto, 1994): (1) o rio Uruguai, (2) o sistema Paraná-Paraguai, (3) o estuário do rio da Prata e (4) tributários andinos. Estes rios percorrem regiões tropicais, subtropicais e temperadas, que envolvem florestas, campos abertos (os Pampas), e regiões montanhosas (Cordilheira dos Andes). A bacia ainda engloba cinco países.

O rio Paraná nasce da confluência dos rios Grande e Parnaíba (Brasil) e desemboca no estuário do rio da Prata, próximo a Buenos Aires (Argentina), após a confluência com o rio Uruguai. Percorre uma extensão de aproximadamente 3.780 km. Sua bacia de drenagem tem uma área de 2.800.000 km² e abrange todo o centro-sul da América do Sul, desde a borda da cordilheira dos Andes até a Serra do Mar (Stevaux, 1994).

Por ser o canal da segunda maior bacia de drenagem da América do Sul e estar alocado em uma região do Brasil que concentra cerca de 50% da população do país, espera-se grande interferência e impactos vindos de atividades antrópicas sobre o rio Paraná (Agostinho et al., 2007). Por exemplo, os reservatórios construídos para geração de energia elétrica são comuns em sua bacia, sendo que 146 reservatórios apresentam barragem superior a 10 m de altura. Estes são responsáveis pela geração de 70% da produção hidrelétrica do país (Souza-Filho et al., 2004; Agostinho et al., 2007). Muitos de seus afluentes apresentam sistemas de reservatórios em cascata (rios Tietê, Paranapanema, Grande, Iguaçu) (Nogueira et al., 2006).

O rio Paraguai nasce no estado brasileiro do Mato Grosso do Sul (região centro-oeste do país) e deságua no médio rio Paraná, com uma extensão de 2.621 km. Este rio atravessa

parte do território paraguaio e argentino, com a presença de trechos sinuosos e amplas planícies de inundação, com fluxo lento. Até o momento, encontra-se livre de grandes reservatórios artificiais.

O rio Uruguai é formado pela confluência dos rios Pelotas e Canoas, na divisa dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Sua extensão é de 1.770 km e sua bacia possui uma área de drenagem de 385.000 km². Em seus trechos alto e médio, a calha se dispõe em vales profundos, apresentando amplo potencial hidrelétrico, onde já existem grandes reservatórios de acumulação.

2.3. Metodologia

Com o intuito de amostrar uma ampla área geográfica, nas bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, foram selecionados 15 reservatórios (coletando-se nas zonas de barragem e montante) e 13 trechos lóticos (Figura 1). Na Tabela 2 é apresentada uma lista com todos os pontos de amostragem, com suas respectivas abreviaturas (utilizadas no decorrer deste trabalho), localização com unidades federativas, coordenadas geográficas e altitude. Totalizaram-se 43 pontos de amostragem, incluindo trechos lóticos e zonas de montante e de barragem dos reservatórios. O ponto mais ao norte esteve localizado na latitude de 18°, e o mais ao sul na latitude de 34°.

No planejamento amostral para os reservatórios, foram considerados reservatórios construídos nas cabeceiras (localizados nas regiões altas e/ou médias) e nas suas desembocaduras (regiões baixas) dos grandes rios da bacia do Prata, ou seja, o primeiro e último grande reservatório de cada rio (Paraná e suas maiores sub-bacias e Uruguai). No rio Uruguai, além do primeiro e último reservatório, foram incluídos três pontos em trechos lóticos, dois no trecho médio e um no baixo. No rio Paraguai, livre de reservatórios, também foram amostrados o trecho alto, médio e baixo. Para definição do critério de utilização dos termos “alto, médio e baixo” referente a cada rio, utilizou-se a divisão da sua extensão total.

As amostragens foram realizadas por acesso rodoviário e as coletas foram realizadas no verão (janeiro, fevereiro e março/2010). Um barco de alumínio motorizado foi utilizado para realizar as coletas nos canais centrais dos reservatórios (zonas intermediárias e lênticas), e também nos canais centrais dos rios. Os locais foram georeferenciados com um equipamento GPS Garmin E-Trex.

BACIA HIDROGRÁFICA DO PRATA

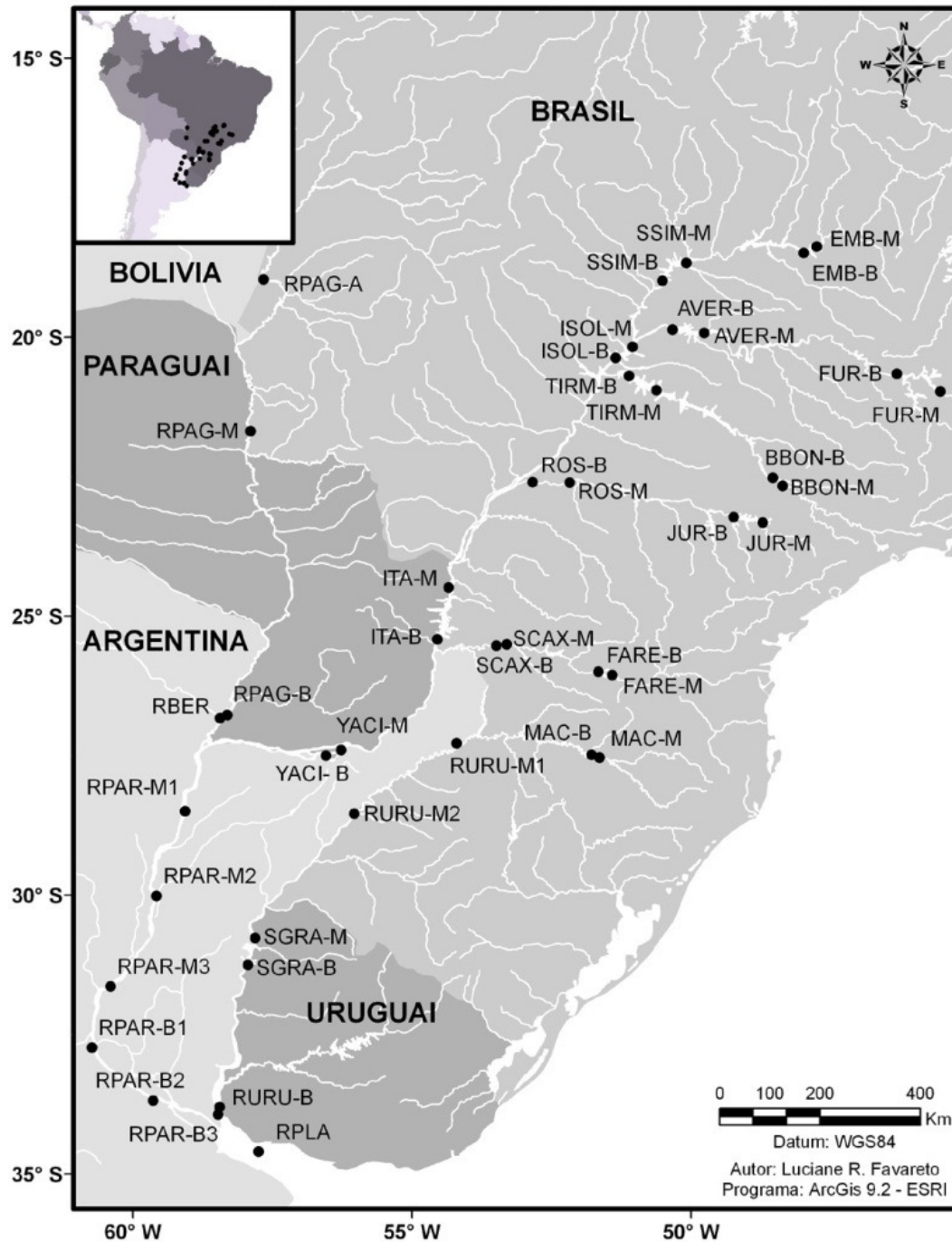


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem do estudo, na bacia dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, localizados na zona de desembocadura e de barragem de reservatórios (1-13; 17; 19) e em trechos lóticos (14-16; 18; 20-23).

Tabela 2. Lista dos pontos de amostragem, contendo abreviaturas, nomes e países (ARG/Argentina; BOL/Bolívia; BRA/Brasil; PAR/Paraguai; URU/Uruguai), unidades federativas dentro dos países (UF), coordenadas geográficas e altitude (Alt). Legendas: M = região à montante; B = região próxima à barragem.

Nº	Abrev.	Rio/Represa (UHE)	UF	Coordenadas	Alt. (m)
1	EMB-M	UHE Emborcação – BRA	MG/GO	18°22'40.47"S 47°44'3.58"O	634
2	EMB-B	UHE Emborcação – BRA	MG/GO	18°29'33.09"S 47°58'17.22"O	648
3	SSIM-M	UHE São Simão – BRA	MG/GO	18°40'22.54"S 50°4'17.76"O	402
4	SSIM-B	UHE São Simão – BRA	MG/GO	18°59'15.59"S 50°30'18.93"O	406
5	FUR-M	UHE Furnas – BRA	MG	20°58'35.58"S 45°31'24.18"O	771
6	FUR-B	UHE Furnas – BRA	MG	20°39'36.51"S 46°18'12.16"O	769
7	AVER-M	UHE Água Vermelha – BRA	MG/SP	19°55'42.17"S 49°45'5.31"O	388
8	AVER-B	UHE Água Vermelha – BRA	MG/SP	19°52'03.73"S 50°19'28.77"O	388
9	BBON-M	UHE Barra Bonita – BRA	SP	22°40'04.08"S 48°21'05.01"O	463
10	BBON-B	UHE Barra Bonita – BRA	SP	22°31'43.07"S 48°31'26.05"O	454
11	TIRM-M	UHE Três Irmãos – BRA	SP	20°57'21.57"S 50°36'34.83"O	320
12	TIRM-B	UHE Três Irmãos – BRA	SP	20°41'57.09"S 51°05'58.43"O	326
13	JUR-M	UHE Jurumirim – BRA	SP	23°19'25.07"S 48°42'11.07"O	572
14	JUR-B	UHE Jurumirim – BRA	SP	23°13'41.07"S 49°13'28.03"O	566
15	ROS-M	UHE Rosana – BRA	SP/PR	22°36'28.27"S 52°09'43.75"O	262
16	ROS-B	UHE Rosana – BRA	SP/PR	22°36'04.71"S 52°49'48.15"O	261
17	FAR-M	UHE Foz do Areia – BRA	PR	26°03'41.64"S 51°24'02.25"O	754
18	FAR-B	UHE Foz do Areia – BRA	PR	25°59'57.06"S 51°38'52.27"O	749
19	SCAX-M	UHE Salto Caxias – BRA	PR	25°30'32.11"S 53°18'24.26"O	333
20	SCAX-B	UHE Salto Caxias – BRA	PR	25°31'50.96"S 53°28'45.76"O	319
21	ISOL-M	UHE Ilha Solteira – BRA	SP/MS	20°10'29.60"S 51°2'7.06"O	332
22	ISOL-B	UHE Ilha Solteira – BRA	SP/MS	20°22'10.87"S 51°20'37.65"O	321
23	ITA-M	UHE Itaipu – BRA/PAR	PR/Alto Paraná	24°29'10.77"S 54°19'42.38"O	217
24	ITA-B	UHE Itaipu – BRA/PAR	PR/Alto Paraná	25°25'09.67"S 54°32'14.47"O	220
25	YACI-M	UHE Yaciretá – ARG/PAR	Corrientes/Itapúa	27°24'24.13"S 56°15'19.86"O	71
26	YACI-B	UHE Yaciretá – ARG/PAR	Corrientes/Itapúa	27°30'9.12"S 56°31'56.69"O	78
27	RPAR-M1	Rio Paraná – trecho médio - ARG	Corrientes/Santa Fé	28°30'10.12"S 59°03'03.24"O	43
28	RPAR-M2	Rio Paraná – trecho médio - ARG	Corrientes/Santa Fé	30°01'07.73"S 59°33'50.86"O	26
29	RPAR-M3	Rio Paraná – trecho médio - ARG	Entre Rios/Santa Fé	31°38'29.94"S 60°23'21.53"O	21
30	RPAR-B1	Rio Paraná – trecho baixo - ARG	Entre Rios/Santa Fé	32°44'02.61"S 60°43'23.95"O	5
31	RPAR-B2	Rio Paraná – trecho baixo - ARG	Buenos Aires/Entre Rios	33°41'19.94"S 59°37'30.79"O	5
32	RPAR-B3	Rio Paraná – trecho baixo - ARG	Buenos Aires/ Entre Rios	33°56'31.07"S 58°27'46.80"O	5
33	RPLA	Rio de la Plata – URU/ARG	Colonia/Entre Ríos	34°26'49.57"S 57°36'27.99"O	1
34	RPAG-A	Rio Paraguai – trecho alto – BOL/BRA	Santa Cruz/MS	18°58'07.73"S 57°38'55.75"O	94
35	RPAG-M	Rio Paraguai – trecho médio – PAR/BRA	Alto Paraguay/MS	21°41'09.18"S 57°52'59.85"O	71
36	RPAG-B	Rio Paraguai – trecho baixo – ARG/PAR	Resistencia/Neembucú	26°51'15.42"S 58°19'21.45"O	54
37	MAC-M	UHE Machadinho – BRA	SC/RS	27°32'26.71"S 51°37'52.31"O	476
38	MAC-B	UHE Machadinho – BRA	SC/RS	27°29'27.77"S 51°46'26.50"O	484
39	RURU-M1	Rio Uruguai – trecho médio – ARG/BRA	Misiones/RS	27°17'15.23"S 54°11'31.66"O	112
40	RURU-M2	Rio Uruguai – trecho médio – ARG/BRA	Corrientes/RS	28°32'38.40"S 56°1'24.69"O	54
41	SGRA-M	UHE Salto Grande – URU/ARG	Salto/Entre Ríos	30°46'27.52"S 57°47'55.53"O	33
42	SGRA-B	UHE Salto Grande – URU/ARG	Salto/Entre Ríos	31°15'31.41"S 57°55'33.66"O	34
43	RURU-B	Rio Uruguai – trecho baixo – URU/ARG	Colonia/Buenos Aires	33°48'07.39"S 58°26'07.48"O	8

2.3.1 Coleta de amostras, mensurações limnológicas, análises laboratoriais e dos dados

A coleta de zooplâncton, para detecção das larvas, foi feita através de arrastos verticais em cada ponto selecionado. Foram obtidas duas amostras: uma amostra para análise *qualitativa* e outra para análise *quantitativa* (ambas fixadas em formol 4%). Os arrastos foram feitos integrando a coluna de água, estendendo-se do fundo até a superfície. Nos pontos mais profundos, os arrastos foram de 40m.

Utilizou-se uma rede de plâncton cônica modificada com anteparo anti-refluxo, de 68 µm de abertura de malha. Através de um cálculo de volume do cilindro (feito com a área da boca da rede e a profundidade do arrasto) foi estimado o volume de água filtrada pelos arrastos. Nos trechos lóticos, arrastos verticais foram feitos com o barco em deriva. O material retido na rede foi acondicionado em frascos plásticos devidamente etiquetados.

As medições dos parâmetros físicos e químicos da água foram feitas em campo (*in situ*), com uma sonda multiparâmetros Eureka modelo Manta-2. Perfis completos da coluna de água foram obtidos, sendo que as leituras eram gravadas a cada 25 cm até 1m do fundo do local. Uma média desses valores foi calculada para cada ponto. As variáveis limnológicas analisadas foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez.

Ainda, em cada local foram medidas a profundidade (sonda SpeedTech) e a transparência da água (em metros), com imersão de disco de Secchi. Também foi aferida a temperatura do ar no momento da coleta com um termômetro de mercúrio, com certificado de aferição pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

Amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Van Dorn para análise laboratorial da concentração de nutrientes totais (nitrogênio e fósforo), material em suspensão (total, inorgânico e orgânico), silicato e clorofila *a* do fitoplâncton. Em pontos de maior profundidade, geralmente acima de 30m, as amostras de água foram coletadas de 4 a 6 profundidades diferentes, com intuito de representar a superfície, o meio da zona eufótica, o final da zona eufótica e um ponto próximo ao fundo. A zona eufótica foi determinada a partir da leitura do disco de Secchi. Nos pontos com profundidades menores que 30m, coletou-se de 2 a 3 profundidades.

O processamento inicial das amostras de água para as análises de clorofila e material em suspensão foi realizado ainda no campo, filtrando-se volumes conhecidos de amostras, com uma bomba à vácuo, em filtros Millipore AP 40. Os filtros e alíquotas integrais de amostras para

a análise dos nutrientes, foram armazenados, refrigerados em caixas térmicas e transportados para o “Laboratório de Ecologia de Águas Continentais” da Unesp, *campus* Botucatu.

Em laboratório foram realizadas as análises de nitrogênio total (Mackereth *et al.*, 1978) e de fósforo total (Strickland & Parsons, 1960), após digestão das amostras (Valderrama, 1981). A quantificação de clorofila *a* foi feita por maceração manual dos filtros e extração em solvente orgânico (acetona 90% à frio) (Talling & Driver, 1963). Através de técnica gravimétrica (Cole, 1979), foi realizada a determinação do material sólido em suspensão total, após a secagem em estufa (70 °C - 24), e das frações inorgânica e orgânica – secagem em forno mufla (450 °C – 1 h). Para a preparação prévia dos filtros (peso inicial antes da filtração no campo) e pesagens posteriores (pós-estufa e pós-mufla), foi utilizada uma balança analítica Denver (0,00001 g). O silicato também foi determinado em laboratório, de acordo com Golterman (1978).

A execução dos trabalhos de campo e tomada dos parâmetros ambientais foram feitas no âmbito de um projeto mais amplo (Fapesp 2009/00014-6), sobre a limnologia e comunidades planctônicas da Bacia do Prata, e os resultados obtidos foram utilizados para investigar uma possível relação com a densidade das larvas.

2.3.2 Contagem das amostras e determinação da densidade

As amostras coletadas com rede de zooplâncton (68 µm de abertura de malha) para análise *qualitativa* da presença de larvas foram analisadas inicialmente sob um estereomicroscópio para a detecção de *L. fortunei*. O volume de cada uma dessas amostras era medido, e após a homogeneização, uma alíquota de 10% do volume era retirada para a observação.

Quando confirmada a presença de larvas do mexilhão-dourado, realizava-se a contagem dos indivíduos em fase larval nas *amostras quantitativas*. O que era feito da seguinte maneira:

- Através de um microscópio óptico, sob aumento de 100X, uma alíquota de 1 ml era retirada, após homogeneização, e colocada em uma câmara de Sedgewick-Rafter para contagem. O procedimento era repetido até a enumeração de aproximadamente 100 indivíduos (sem devolução da alíquota).
- O volume total das alíquotas utilizadas na contagem era registrado. Então, era feita a medida do volume restante da amostra quantitativa para a obtenção do volume total da amostra (volume contado + volume restante = volume total).

De acordo com a densidade de organismos planctônicos e de sedimento notada durante a observação da amostra qualitativa em lupa, a amostra poderia ser concentrada (através de uma peneira com abertura de malha de 40 µm) ou diluída para quantificação em microscópio.

Quando a presença de larvas mostrava-se muito escassa, um volume de 10% de toda a amostra era contado para o cálculo da densidade.

Os estágios *valvados* observados e utilizados na quantificação foram os seguintes, segundo Cataldo et al., 2005:

- larva 'D' – quando possuíam a linha da charneira reta;
- larva véliger – com o véu para natação, e ainda com linha da charneira reta; e
- larva umbonada – com umbo já definido e maior comprimento que as anteriores.

Porém, a distinção entre esses estágios não foi realizada, obtendo-se apenas a densidade de larvas total para cada ponto.

Após a contagem, foram determinadas as *densidades* a partir do volume filtrado pelo arrasto, volume da amostra e número de larvas encontradas na alíquota analisada, da seguinte maneira:

$$\text{Densidade} = \frac{\left(\frac{\text{volume amostra (mL)} \times \text{n}^{\circ} \text{ indivíduos na alíquota}}{\text{volume da alíquota (mL)}} \right) \times \text{volume filtrado na coluna d'água (L)}}{1000}$$

A densidade foi expressa em larvas.m⁻³ (ou indivíduos.m⁻³).

2.3.2 Análise e apresentação dos resultados

Com as densidades obtidas foram elaborados gráficos de abundância para cada local de coleta no software Sigmaplot 11.0. As densidades foram logaritmizadas (devido à grande variação) e juntamente com os dados físico-químicos foram submetidas à análise de correlação de *Pearson*, também pelo mesmo software.

Um mapa de distribuição, mostrando o grau de infestação da coluna d'água, foi elaborado a partir de imagens obtidas no software Google Earth, 6.1.

3. Resultados

Como consequência da ampla área de amostragem, os resultados encontrados tiveram grande variação. As medições e coletas, realizadas em diferentes sub-bacias, de características topográficas e geológicas diversas, além das posições geográficas (que definem a quantidade de irradiação de energia ao longo do ano em cada ponto), da cobertura vegetal e ocupação do entorno, apontaram, em geral, grandes diferenças entre os ambientes.

Assim, são mostradas a seguir as amplitudes de variação dos parâmetros físico-químicos encontrados, seguidas da apresentação das densidades larvais em cada um dos pontos, com ressalvas àquelas características que podem ter influenciado na distribuição da espécie considerada.

3.2 Variáveis físico-químicas

3.2.1 Profundidade e Temperatura da água

Os pontos de coleta de maior profundidade ocorreram nos reservatórios de Emborcação (EMB-B), Ilha Solteira (ISOL-B) e Machadinho (MAC-B e MAC-M), todos com mais de 100 m no local da coleta. Os reservatórios de menor profundidade foram os de São Simão (SSIM-B), Água Vermelha (AVER-B), Três Irmãos (TIRM-B), Rosana (ROS-B) e Salto Caxias (SCAX-B). Estes apresentaram uma média de 39,9 m. Observou-se maior estratificação térmica nos reservatórios mais profundos, enquanto que em reservatórios mais rasos, a temperatura registrada foi mais uniforme.

As temperaturas médias da coluna d'água foram relativamente homogêneas ao longo de toda a extensão coletada ($27,14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,70$, $n=43$).

3.2.2 Temperatura do ar

As temperaturas registradas no período de coleta (estação chuvosa/verão) apresentaram uma amplitude de 12°C , variando de 26°C (JUR-B) a 38°C (RPAG-M). Uma parte da variação pode ser explicada pelo período do dia em que foram feitas as coletas, que não foi o mesmo para cada um dos pontos. Ainda assim, temperatura média para toda a bacia foi elevada, de $30,50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,67$, $n=43$.

3.2.3 Transparência, Turbidez e Material em Suspensão

Os reservatórios de Furnas (FUR-B) e Emborcação (EMB-B) apresentaram os menores valores de turbidez, respectivamente, 2,12 NTU e 4,04 NTU, e deste modo, a transparência da água nestes dois pontos também foi elevada (5,35 m e 5,20 m). Nas regiões de montante, em que há um maior revolvimento da coluna d'água, causado pela velocidade da corrente, a turbidez apresentou-se mais elevada em relação à barragem na maioria dos pontos. As exceções foram: BBON-B, TIRM-B e SGRA-B, sendo a diferença mais pronunciada no reservatório de Barra Bonita (montante: 14,85 NTU; barragem: 25,70 NTU).

Os trechos de rio com menor influência de barramentos foram os que apresentaram as menores transparências e maiores turbidez (e.g. RPAR-B3: 37,50 NTU e 0,30 m de transparência; RPAG-B: 31,20 NTU e 0,40 m de transparência).

Os valores de material em suspensão também apresentaram o mesmo comportamento, sendo mais elevados em regiões fluviais lóticas, sem influência de barramentos, e menores nas regiões de barragens.

3.2.4 Condutividade

Os reservatórios localizados no rio Tietê foram os que apresentaram a maior condutividade do estudo, sendo BBON-M ($198,58 \text{ uS.cm}^{-1}$), BBON-B ($136,56 \text{ uS.cm}^{-1}$), TIRM-M ($180,00 \text{ uS.cm}^{-1}$) e TIRM-B ($167,65 \text{ uS.cm}^{-1}$). O reservatório de Barra Bonita recebe influência da região metropolitana de São Paulo e de outros municípios às margens do rio Tietê. O reservatório de Três Irmãos está inserido em uma região intensamente cultivada, o que pode contribuir com a elevação de íons presentes na água e influenciar na condutividade, uma vez que solos descobertos são facilmente carregados pelas águas pluviais.

3.2.5 Nutrientes totais (Nitrogênio e Fósforo)

Os maiores valores médios de nitrogênio total foram encontrados no reservatório de Barra Bonita, primeiramente em sua região de montante ($2466,13 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$), seguida pela barragem ($1365,30 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$). Posteriormente, o reservatório de Três Irmãos apresentou a terceira e a quarta maiores concentrações de nitrogênio do estudo, com $1246,88 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ em sua montante e $989,13 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ em sua barragem. Todos estes pontos encontram-se no rio Tietê, que corta uma das regiões de maior densidade demográfica e mais industrializada do Brasil. Os menores valores foram do reservatório de Emborcação, com $158,25 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ em sua barragem e $225,29 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na montante.

O maior valor médio de fósforo total foi encontrado no ponto mais baixo de coleta do rio Paraná (RPAR-B3), com $88,11 \mu\text{g.L}^{-1}$ (trecho lótico com a maior quantidade de material em suspensão; $138,3 \text{ mg.L}^{-1}$). Em seguida, o reservatório de Barra Bonita apresentou o segundo maior valor, $85,07 \mu\text{g.L}^{-1}$. O baixo rio Paraná, em geral, apresentou valores elevados, com uma média de $67,12 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Os menores valores de fósforo foram encontrados em Emborcação (EMB-B: $4,64 \mu\text{g.L}^{-1}$), Furnas (FUR-B: $5,44 \mu\text{g.L}^{-1}$, FUR-M: $7,89 \mu\text{g.L}^{-1}$) e Água Vermelha (AVER-B: $9,28 \mu\text{g.L}^{-1}$), trechos localizados no alto curso dos rios ou sob influência de barragens, o que pode diminuir o aporte por tributários ou permitir a decantação dos nutrientes particulados.

3.2.6 Silicato

Os trechos lóticos, em geral, apresentaram concentrações mais altas em relação aos trechos lânticos. Os pontos de maior concentração foram RPAG-M ($7,55 \text{ mg.L}^{-1}$), SCAX-M ($7,10 \text{ mg.L}^{-1}$) e RPAG-B ($7,09 \text{ mg.L}^{-1}$). As menores concentrações foram: ISOL-M ($2,04 \text{ mg.L}^{-1}$), ROS-B ($2,23 \text{ mg.L}^{-1}$) e ISOL-B ($2,90 \text{ mg.L}^{-1}$). Pode-se observar que os trechos médios e baixos dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai apresentam uma concentração média de silicato relativamente elevada.

3.2.7 Clorofila a

As concentrações de clorofila variaram de $0,87 \mu\text{g.L}^{-1}$ (EMB-B) a $8,21 \mu\text{g.L}^{-1}$ (RPLA). Em geral, as regiões de montante apresentaram concentrações mais elevadas em relação às de barragem (em nove reservatórios). Porém, nos reservatórios de São Simão (SSIM-B), Três Irmãos (TIRM-B), Rosana (ROS-B), Yaciretá (YACI-B) e Machadinho (MAC-B) os valores foram mais elevados na região da barragem.

3.2.8 pH

O ponto no rio da Prata apresentou o pH mais elevado (8,12) em relação a todos os outros pontos de coleta, o que pode ser devido a influência de condições estuarinas. O rio Paraguai foi o que apresentou o menor pH ao longo de seu curso (RPAG-A: 6,69; RPAG-M: 6,90 e RPAG-B: 6,98). No restante dos reservatórios e trechos lóticos, a média do pH foi de $7,20 \pm 0,30$. É importante ressaltar que nos trechos do rio Paraguai situados na planície pantaneira, as águas estão sujeitas a alterações das qualidades físico-químicas, como o pH e oxigênio e gás carbônico dissolvido, devido ao fenômeno da 'decoada', associada aos pulsos de inundação e que ocorre pelo carreamento de matéria orgânica da planície alagada para a calha dos rios.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água em cada ponto: nitrogênio total (**NT** - $\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total (**PT** - $\mu\text{g.L}^{-1}$); silicato (**Sil** - mg.L^{-1}); clorofila (**Clor** - $\mu\text{g.L}^{-1}$); profundidade (**Prof** – metros); transparência (**Transp** – metros); temperatura da água (**Tag** - $^{\circ}\text{C}$); **pH**; condutividade (**Cond** – $\mu\text{S.cm}^{-1}$); turbidez (**Turb** – NTU); oxigênio dissolvido (**OD** – mg.L^{-1}); material em suspensão (**MST** – mg.L^{-1}); temperatura do ar (**Tag** - $^{\circ}\text{C}$), profundidade média (**Prof** – metros).

Coleta	NT	PT	Sil	Clor	Prof	Transp	Tag	pH	Cond	OD	Turb	MST	Tar	Profm
Rio Parnaíba														
EMB-M	225,29	10,03	4,15	1,58	70,00	2,10	24,21	7,07	37,99	5,42	8,07	2,43	32,00	66,00
EMB-B	158,25	4,64	4,19	0,87	100,00	5,20	24,29	7,07	34,49	4,66	4,04	0,93	30,00	97,00
SSIM-M	265,66	10,67	5,63	1,70	34,50	2,10	27,94	7,37	50,91	6,63	15,69	2,23	31,00	35,00
SSIM-B	257,31	15,24	5,43	3,08	57,40	2,00	27,99	7,41	46,41	6,02	13,03	1,99	30,00	56,00
Rio Grande														
FUR-M	286,11	7,89	4,20	2,65	20,00	0,70	27,12	7,02	26,05	7,74	33,10	5,69	28,00	20,00
FUR-B	252,42	5,44	4,35	1,03	95,00	5,35	23,48	6,93	34,24	5,00	2,12	0,83	30,00	95,00
AVER-M	397,08	10,98	5,28	5,76	21,00	1,60	28,14	7,72	42,65	7,15	12,48	3,58	30,00	21,00
AVER-B	403,75	9,28	5,40	5,36	46,00	2,20	28,26	7,39	46,17	6,40	10,39	2,95	29,00	47,00
Rio Tietê														
BBON-M	2466,13	85,07	4,70	4,08	19,00	1,55	25,99	7,18	198,58	4,08	14,85	1,78	29,00	19,00
BBON-B	1365,30	67,05	5,00	2,09	32,00	0,75	25,87	7,29	136,56	5,84	25,70	1,88	32,00	31,00
TIRM-M	1246,88	17,88	4,97	3,03	23,10	2,65	28,61	6,37	180,00	6,19	4,51	5,48	29,00	29,00
TIRM-B	989,13	12,36	4,13	3,35	36,00	2,80	28,40	7,67	167,65	5,43	6,73	5,89	30,00	35,00
Rio Paranapanema														
JUR-M	428,05	11,15	3,86	2,18	15,90	0,90	24,37	7,16	48,97	6,33	25,03	6,20	29,00	16,00
JUR-B	361,20	12,22	4,32	1,50	32,20	1,10	25,21	7,44	47,17	6,92	14,32	2,13	26,00	32,00
ROS-M	583,16	22,35	3,72	1,26	13,00	0,40	27,46	6,28	70,00	7,31	52,60	15,12	34,00	13,00
ROS-B	393,93	24,96	2,23	3,71	26,00	0,70	27,65	7,36	59,05	7,22	40,63	6,82	34,00	25,00
Alto rio Paraná														
ISOL-M	761,34	28,83	2,04	5,09	66,00	1,20	23,78	7,32	42,57	6,17	23,68	5,23	28,00	65,00
ISOL-B	750,68	14,75	2,90	2,53	120,00	2,20	23,36	7,16	41,01	5,61	11,14	2,40	30,00	110,00
ITA-M	752,14	12,85	6,02	1,54	57,60	2,50	24,20	7,08	38,31	7,23	9,29	1,15	29,00	53,00
ITA-B	635,50	12,50	5,89	1,32	53,50	3,00	24,12	7,06	38,07	7,05	9,03	0,82	28,00	53,00
Rio Iguaçu														
FARE-M	333,62	12,29	5,85	1,70	39,00	1,60	28,35	7,24	44,69	6,23	18,56	1,63	27,00	39,00
FARE-B	302,26	11,70	5,33	1,25	53,00	1,60	28,27	7,37	44,40	7,44	15,08	1,30	28,00	52,00
SCAX-M	392,08	21,51	7,10	3,37	16,00	0,45	28,17	7,11	55,93	6,49	46,30	11,40	26,50	17,00
SCAX-B	371,11	14,16	6,54	0,94	34,00	2,00	29,25	7,38	58,18	6,96	12,78	1,75	30,00	32,00
Médio rio Paraná														
YACI-M	489,65	14,76	5,32	1,04	15,60	1,35	28,43	7,42	55,53	8,57	16,53	3,19	29,00	15,00
YACI-B	476,11	10,83	5,77	1,54	15,00	2,10	28,65	7,87	55,62	8,16	7,84	0,97	27,50	15,00
RPAR-M1	497,20	21,77	6,22	2,27	16,00	0,40	28,99	7,26	58,20	8,36	24,23	36,70	32,00	10,00
RPAR-M2	513,48	37,92	6,22	5,86	4,50	0,65	29,67	7,00	62,92	5,91	37,07	50,35	36,00	6,00
RPAR-M3	507,03	49,36	6,44	4,32	12,60	0,30	29,53	7,17	74,22	5,98	37,50	76,34	28,00	14,00
Rio Paraguai														
RPAG-A	570,10	36,60	5,57	1,79	9,00	0,50	30,21	6,69	44,04	4,47	41,75	13,17	31,00	9,00
RPAG-M	776,71	73,82	7,55	3,50	21,00	1,00	31,03	6,90	90,45	2,79	9,52	7,74	38,00	21,00
RPAG-B	610,08	68,32	7,09	3,96	3,90	0,40	29,60	6,98	88,59	6,00	31,20	20,70	28,00	4,00
Rio Uruguai														
MAC-M	552,45	18,10	4,47	1,70	100,00	1,85	19,58	6,94	30,09	9,26	14,44	2,97	31,00	75,00
MAC-B	538,13	16,80	4,95	2,25	100,00	2,30	19,41	7,06	30,19	9,03	10,36	1,91	30,50	100,00
RURU-M1	909,98	24,33	6,02	4,49	30,00	0,70	26,29	7,55	48,19	7,90	21,28	14,01	34,00	21,00
RURU-M2	792,28	31,41	6,01	5,68	8,00	0,45	26,38	7,16	40,27	7,55	44,43	33,15	32,00	6,00
SGRA-M	611,27	36,01	4,97	4,62	10,00	0,55	28,93	6,99	39,33	6,32	35,63	16,62	32,00	10,00
SGRA-B	651,83	43,30	3,61	4,36	20,00	0,55	28,82	7,33	40,50	8,19	36,47	11,91	28,00	19,00
RURU-B	660,93	51,24	6,02	4,03	15,00	0,55	29,17	7,40	52,89	7,91	25,80	5,52	34,00	14,00
BaixoParaguai / Prata														
RPAR-B1	458,32	50,95	6,53	1,83	18,40	0,55	29,74	7,03	92,80	5,52	39,57	64,60	36,00	16,00
RPAR-B2	487,30	62,29	5,95	3,92	18,00	0,55	29,65	7,16	136,11	5,00	33,83	50,84	32,00	16,00
RPAR-B3	397,13	88,11	6,16	5,20	13,00	0,45	30,06	7,11	116,77	4,18	40,80	138,03	31,00	14,00
RPLA	503,07	69,13	5,66	8,21	4,00	0,65	28,54	8,12	66,25	8,54	22,43	12,82	32,00	5,00

3.1. Densidades larvais

A variação larval encontrada foi muito grande ao longo de toda área abrangida pelo estudo, com valores entre 0 a quase 100.000 larvas.m⁻³.

A maior densidade encontrada foi no estuário do rio da Prata, 97.037 larvas por metro cúbico, seguido pelo alto rio Paraguai (86.551,4 ind.m⁻³) e o reservatório da usina de Salto Grande (49.555 ind.m⁻³) no rio Uruguai. Já as bacias dos rios Parnaíba e Grande, nos pontos coletados, não apresentaram a ocorrência de larvas.

No trecho baixo do rio Paraná (RPAR-B1, RPAR-B2 e RPAR-B3), que não sofre influência de barramentos, as densidades encontradas apresentaram uma leve tendência de aumento em direção à montante. Os valores, de jusante à montante, respectivamente, foram de: RPAR-B3: 1.247 ind.m⁻³; RPAR-B2: 2.129 ind.m⁻³ e RPAR-B1: 3.190 ind.m⁻³.

O trecho médio do rio Paraná (RPAR-M1, RPAR-M2 e RPAR-M3) apresentou densidades relativamente homogêneas em sua extensão, e similares aos do trecho inferior anteriormente citado (média de 2.589 ind.m⁻³), de jusante à montante: RPAR-M3: 2.900 ind.m⁻³; RPAR-M2: 2.566 ind.m⁻³ e RPAR-M1: 2.301 ind.m⁻³. Porém, no reservatório da Usina Hidrelétrica de Yaciretá (YACI-B), ecossistema lântico, houve um aumento muito expressivo no número de larvas, com 14.404 ind.m⁻³ (YACI-B). Já livre da área de influência da barragem, houve uma diminuição da densidade com valores próximos aos encontrados nos outros trechos lóticos até então descritos, 2.322 ind.m⁻³ (YACI-M).

Seguindo seu curso em direção à nascente, no ponto de coleta do reservatório de Itaipu, a densidade larval na zona da barragem foi mais elevada que no ponto a sua montante, com 3.002 ind.m⁻³ em ITA-B e 1.870 ind.m⁻³ em ITA-M. Contudo, no primeiro reservatório da cascata presente nesse rio, o de Ilha Solteira, as densidades foram muito mais elevadas no trecho mais lótico de montante (ISOL-M: 12.315 ind.m⁻³ e ISOL-B: 1.016 ind.m⁻³).

Houve, portanto, uma relativa homogeneidade nas densidades encontradas em trechos lóticos do rio Paraná (com exceção da montante de Ilha Solteira - ISOL-M), da foz à nascente: RPAR-B3, RPAR-B2, RPAR-B1, RPAR-M3, RPAR-M2 e RPAR-M1, YACI-M, ITA-M. Ainda, dos três reservatórios amostrados nesse rio, em dois deles, Itaipu e Yaciretá, a maior densidade foi encontrada nas zonas de barragem, enquanto que em Ilha Solteira, observou-se o inverso.

A Figura 2 apresenta a distribuição das densidades de larvas de *L. fortunei* no trecho de amostragem correspondente ao rio Paraná.

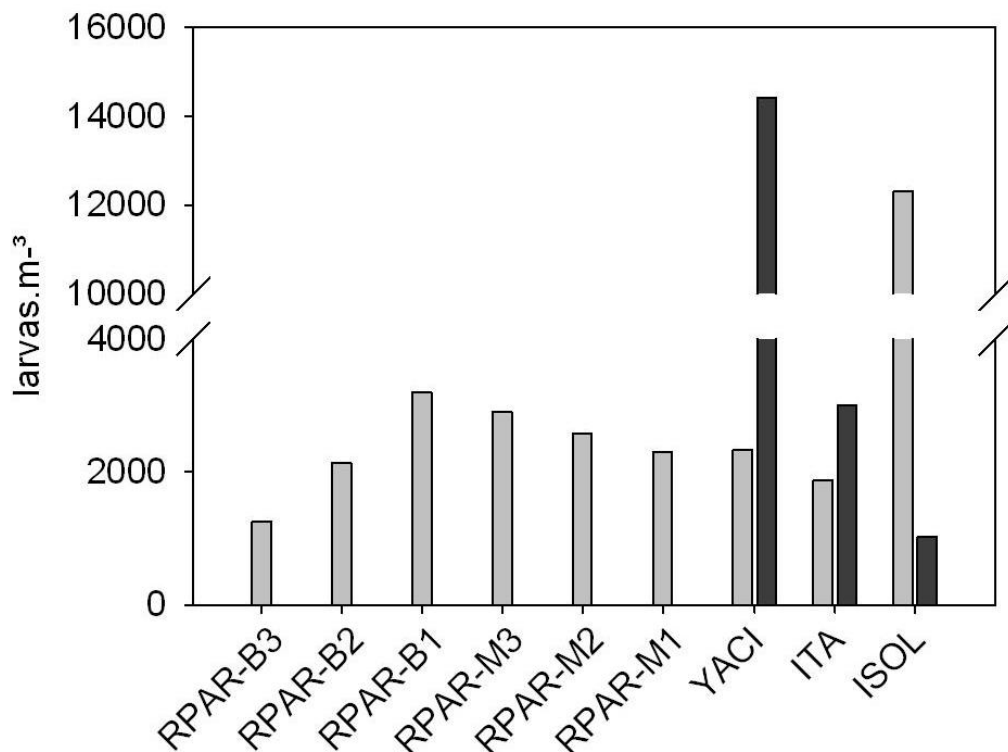


Figura 2. Densidades larvais de *L. fortunei* no rio Paraná. Pontos de coleta, de jusante à montante, sendo: trechos lóticos (montante) e trechos lênticos (barragem).

Em afluentes importantes da margem esquerda do rio Paraná, como os rios Tietê, Paranapanema e Iguaçu; existe um alto grau de antropização, evidenciado pela presença de sistemas de reservatórios em cascata, grande concentração da população e de lavouras. Neles, foram detectados os seguintes resultados:

- No rio Tietê, o reservatório localizado mais à montante, Barra Bonita, não apresentou larvas no trecho superior e apenas 121 ind.m⁻³ foram encontrados na barragem. No reservatório de Três Irmãos, o mais próximo da foz do rio, foram encontrados 894 ind.m⁻³ na barragem e 3.863 ind.m⁻³ à montante.
- No rio Paranapanema, no reservatório de Jurumirim (o mais próximo à nascente), não se registrou nenhuma ocorrência de larvas, tanto em sua montante (JUR-M) quanto na região da barragem (JUR-B). Já na UHE Rosana, os valores foram muito mais altos na montante do que na barragem (ROS-M com 10.556 ind.m⁻³ e ROS-BAR com 4.349 ind.m⁻³).
- No Rio Iguaçu, o reservatório de Foz do Areia e sua montante não apresentaram a presença espécie. Em Salto Caxias, foi encontrada uma densidade semelhante a dos

trechos médio e baixo rio Paraná, com valores ligeiramente maiores na montante, SCAX-M – 2.136 ind.m⁻³ e SCAX-B – 1.790 ind.m⁻³.

Portanto, nesses afluentes as maiores densidades ocorreram nos ambientes lóticos, à montante das barragens amostradas, assim como ocorrido na montante do reservatório de Ilha Solteira, no rio Paraná. A diferença mais pronunciada ocorreu em Três Irmãos e Rosana, enquanto que em Salto Caxias, foi pouco expressiva.

A figura 3 apresenta as densidades larvais nos afluentes do alto rio Paraná, com a indicação do respectivo rio.

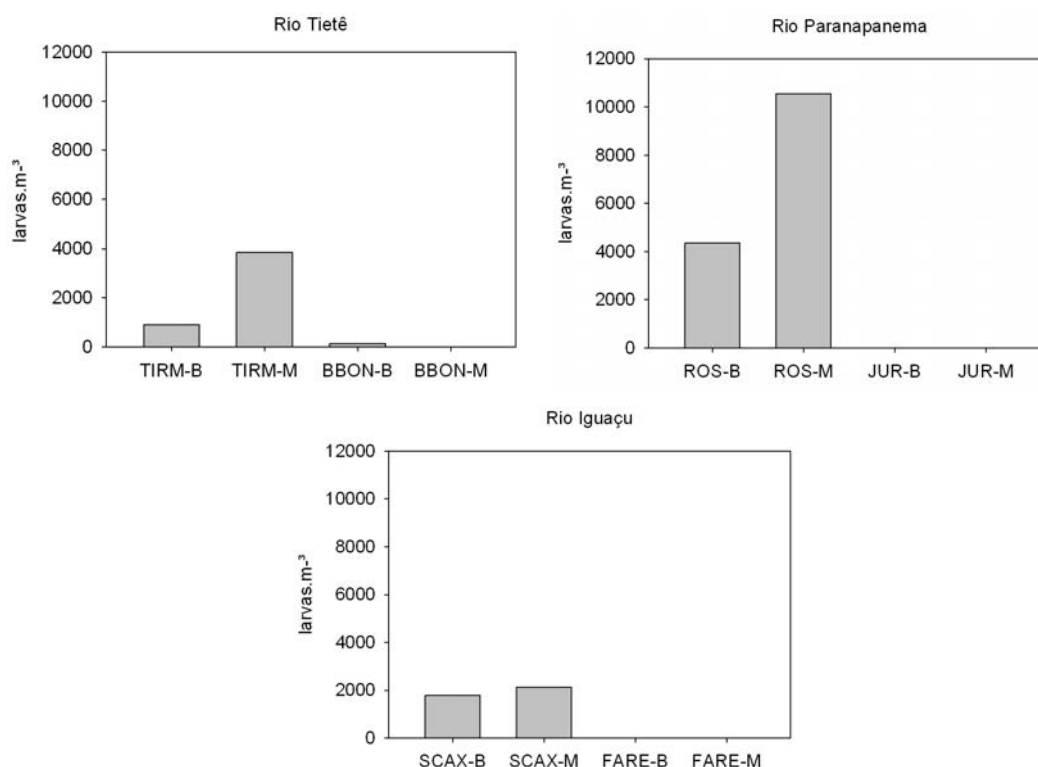


Figura 3. Densidades larvais de *L. fortunei* nos afluentes da margem esquerda do rio Paraná. Tietê, Paranapanema e Iguaçu.

Na bacia do rio Uruguai, a densidade foi muito expressiva no ponto mais baixo, próximo à sua foz (RURU-B), com 35.541 ind.m⁻³, e manteve-se alta no próximo ponto imediatamente ao norte, o reservatório da Usina Hidrelétrica de Salto Grande, porém, com valores ainda mais elevados, 49.555 ind.m⁻³. A região à montante de Salto Grande, de característica lótica, teve uma baixa densidade larval encontrada, com apenas 138 ind.m⁻³. Os outros trechos lóticos amostrados (médio rio Uruguai) não tiveram densidades significativas, com 4 larvas.m⁻³ em RURU-M2 e 0 larvas.m⁻³ em RURU-M1. Ainda no mesmo rio, na UHE Machadinho, tanto na área de influência da barragem quanto em sua montante não foi detectada a presença de larvas.

A Figura 4 mostra a densidade de larvas de *L. fortunei* encontrada ao longo do rio Uruguai.

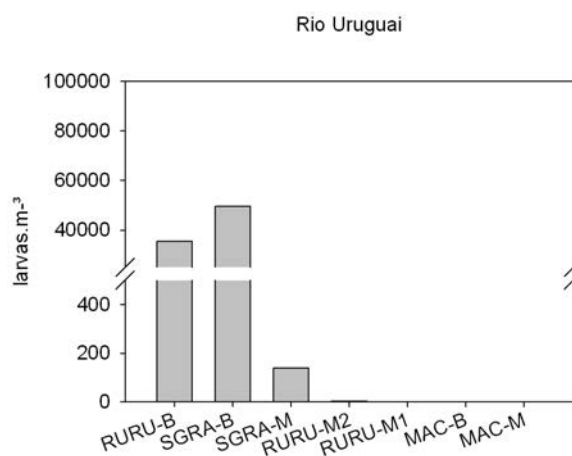


Figura 4. Densidades larvais no rio Uruguai.

Na bacia do rio Paraguai, foram 3 os principais pontos de coleta (alto, médio e baixo Paraguai), que apresentaram um acréscimo significativo na densidade larval a partir da foz em direção à nascente. No ponto mais próximo à sua foz com o rio Paraná, RPAG-B, encontrou-se 7.362 ind.m⁻³. No seu trecho médio, RPAG-M, 28.648 ind.m⁻³ e no alto Paraguai (RPAG-A), a densidade registrada foi a segunda mais elevada do estudo, com 86.551 ind.m⁻³.

A Figura 5 mostra as densidades encontradas ao longo do rio Paraguai.

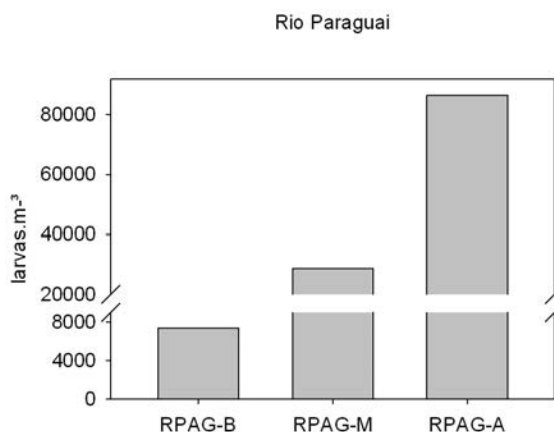


Figura 5. Densidades larvais no rio Paraguai.

Limites de distribuição

Os rios Parnaíba e Grande não apresentaram a ocorrência de larvas de mexilhão-dourado à época da coleta das amostras em nenhum ponto, apesar de sua ocorrência já ter sido registrada no reservatório de São Simão (rio Parnaíba) por Resende & Martinez (2008). No reservatório de Emborcação não há registro da espécie na literatura, da mesma forma que para Furnas e Água Vermelha.

No rio Iguaçu, no reservatório de Foz do Areia, embora a sua presença na coluna d'água não ter sido detectada nessa coleta, os estudos de análise molecular realizados por Pestana et al. (2010), confirmaram sua presença, mesmo que em apenas algumas épocas do ano, com baixas densidades. Além disso, foi detectado também em baixas densidades, muitos quilômetros à montante do reservatório, em Porto Amazonas, por triagem convencional sob microscópio. Porém, seu registro com o ano oficial da invasão não pode ser encontrado na literatura disponível.

No rio Tietê, o limite encontrado pelo atual estudo se deu à montante do reservatório de Barra Bonita.

No rio Uruguai também se encontrou pontos livres do mexilhão. A partir de RURU-M2 em direção a montante e na hidrelétrica de Machadinho (MAC-B e MAC-M), não foi registrada sua presença na coluna d'água.

No rio Paraguai, a espécie já foi registrada desde sua foz, no rio Paraná até a baía de Cáceres (em 2005), no Mato Grosso. Portanto, toda a extensão amostrada apresentou a ocorrência.

A seguir apresenta-se um mapa elaborado com os respectivos graus de infestação da coluna d'água em cada local de amostragem, com densidades larvais arbitrariamente agrupadas de acordo com a intensidade (Figura 6).

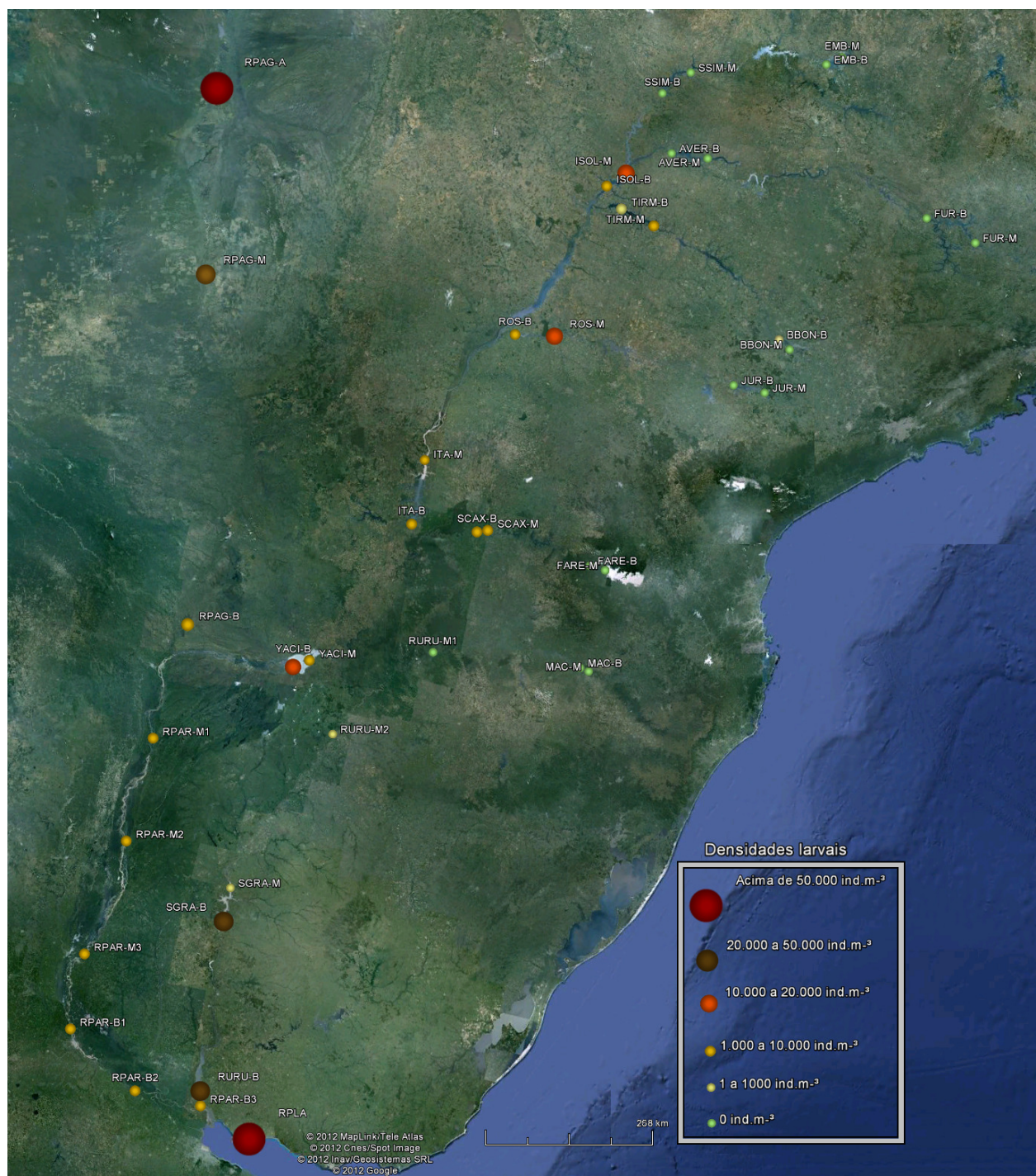


Figura 6: Distribuição do mexilhão dourado e densidades larvais de cada local de coleta.

3.3. Análise de Correlação

As densidades e parâmetros físico-químicos utilizados para as análises de correlações foram aqueles referentes aos pontos onde o estabelecimento do mexilhão-dourado já havia de fato ocorrido. Foram descartados na análise os pontos em que não se detectou a presença de nenhuma larva na coluna d'água.

Devido à grande variação das densidades entre os pontos de estudo, os dados dessa variável foram logaritmizados.

Contudo, não foi possível encontrar nenhuma correlação consistente (estatisticamente) entre as variáveis físico-químicas estudadas e a abundância de larvas presentes. Os coeficientes de correlação de Pearson não indicaram correlações significativas entre nenhum conjunto de dados confrontados, como se pode observar:

Tabela 4: Valores r e p das correlações, obtidos pelo programa Sigmaplot 11.0. **NT** – nitrogênio total; **PT**- fósforo total; **Sil** – silicato; **Clor** – clorofila a; **Prof** – profundidade; **Transp** – transparência; **Temp** – temperatura da água; **pH**; **Cond** – condutividade; **OD** – oxigênio dissolvido; **Turb** – turbidez; **MST** – material em suspensão total.

		NT	PT	Sil	Clor	Prof	Transp
Log dens	Valor r	-0,207	0,124	0,0436	0,283	-0,276	-0,217
	Valor p	0,301	0,537	0,829	0,152	0,163	0,278
		Temp	pH	Cond	OD	Turb	MST
Log dens	Valor r	0,195	0,0801	-0,315	0,19	0,132	-0,129
	Valor p	0,330	0,691	0,110	0,342	0,512	0,520

As representações gráficas das correlações são mostradas a seguir (Figura 7, 8 e 9).

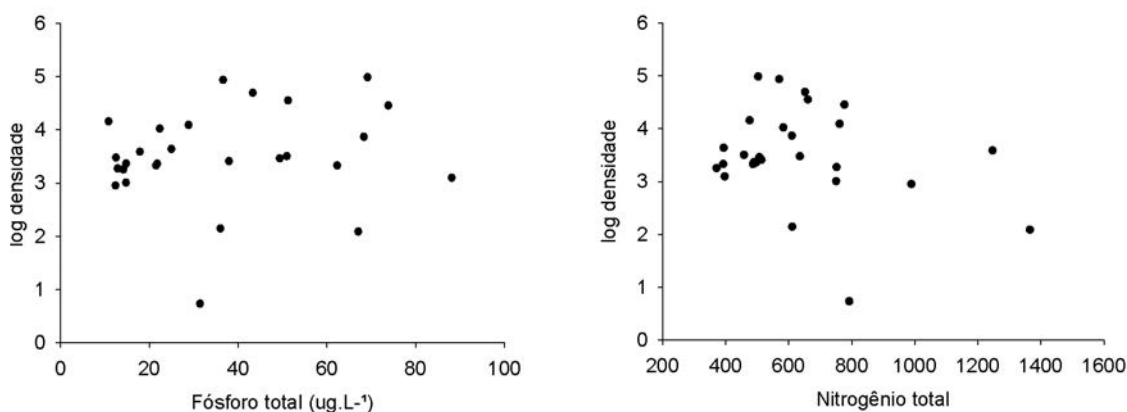


Figura 7. Relação entre as concentrações de fósforo total e nitrogênio total e a densidade larval de *L. fortunei*.

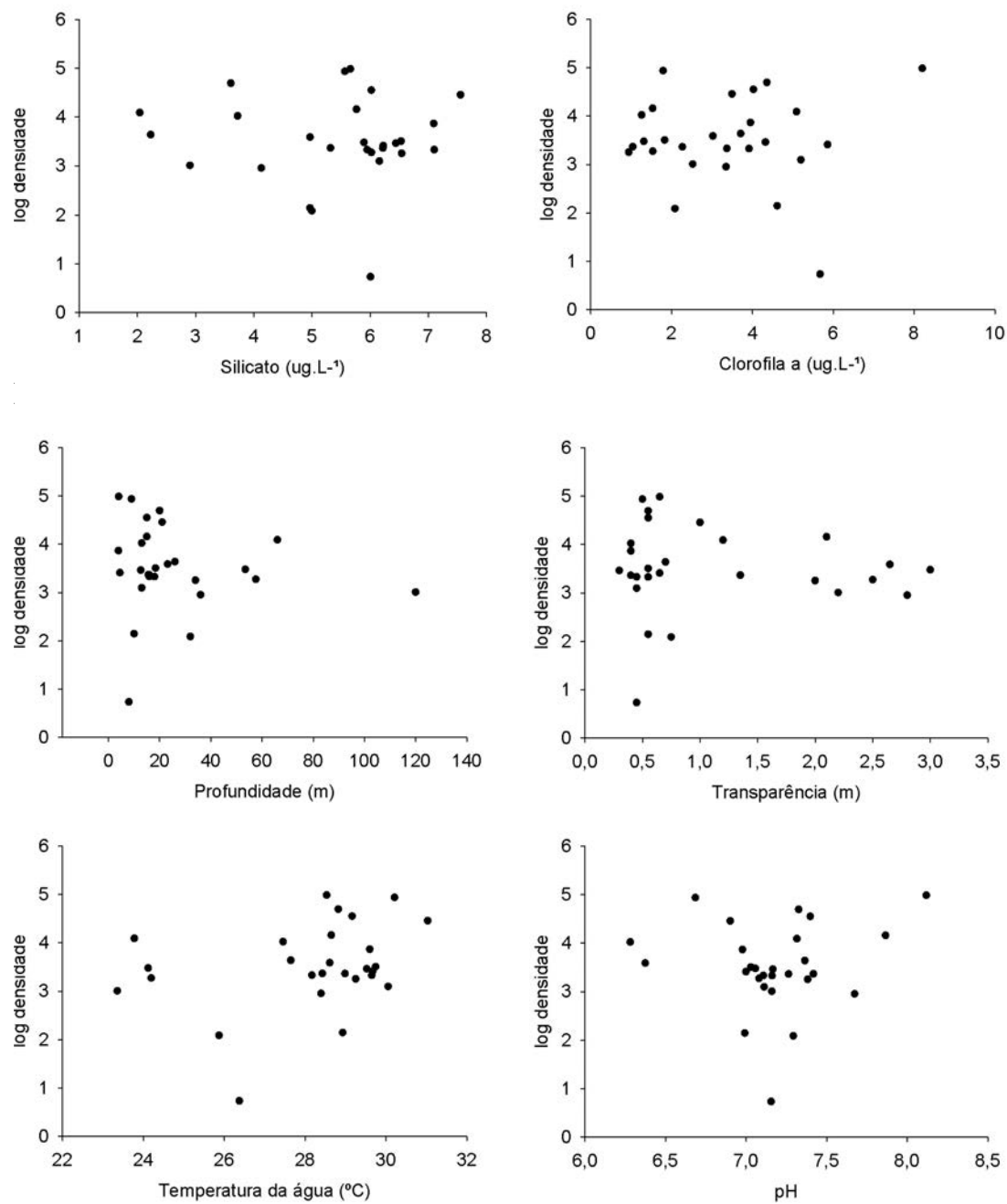


Figura 8. Relações entre os valores de silicato, clorofila, profundidade, transparência, temperatura da água e pH e a densidade larval de *L. fortunei*.

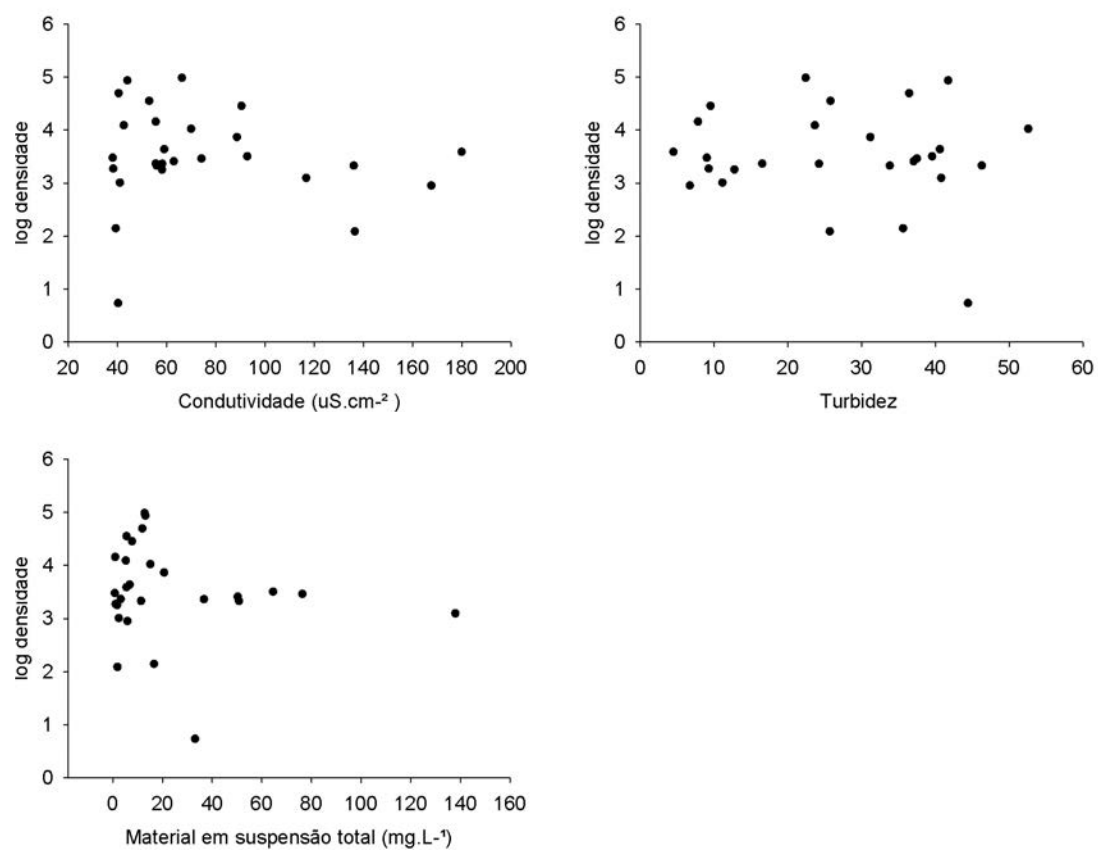


Figura 9. Relações entre os valores de condutividade, turbidez, material em suspensão total e a densidade larval de *L. fortunei*.

4. Discussão

ESTUÁRIO DO RIO DA PRATA

No estuário do rio da Prata, via de entrada do mexilhão-dourado na América do Sul, foi encontrada a maior densidade do estudo, com 97.036 larvas.m⁻³. O ponto de coleta fica na costa uruguaia (34°26'49.57"S, 57°36'27.99"W), a aproximadamente 50 quilômetros ao norte do balneário de Bagliardi (34° 55' S, 57°49' W), Argentina, local onde foi registrada a espécie pela primeira vez no continente (Pastorino et al. 1993). No ano de sua introdução, 1991, a densidade de indivíduos adultos no substrato disponível era de apenas 5 indivíduos.m⁻². Em 1992, alcançou a densidade no substrato de 30.000 ind.m⁻², e seguiu crescendo, com 80.000 ind.m⁻² em 1993 e 150.000 ind.m⁻² em 1995 (Darrigran & Pastorino, 1995).

Darrigran et al. (1999) investigou o ciclo reprodutivo de *L. fortunei* nesse estuário pouco tempo após a introdução da espécie, feito com base em secções gonadais de 20 a 40 indivíduos, entre julho de 1992 e novembro de 1994. Os resultados indicaram um período de reprodução contínua, com desovas ocorrendo nos meses de setembro-outubro, dezembro-janeiro, maio-junho e abril-maio. Houve, portanto, uma grande variação nos meses de desova, atribuída à recente invasão do novo ambiente pela espécie na época.

Cataldo & Boltovskoy (2000) também investigaram populações do molusco no estuário do rio da Prata (região de Buenos Aires) durante os anos de 1997 a 1999, quando registraram a maior densidade de larvas na coluna d'água, sendo de 33.706 ind.m⁻³, com a temperatura da superfície próxima de 26°C (não foi a maior do período). O local estudado por esses autores fica há aproximadamente 70 quilômetros a oeste do ponto de coleta do presente estudo e à noroeste de Bagliardi, sofrendo interferência de grandes centros urbanos (Buenos Aires e seus arredores - com mais de 11 milhões de habitantes), onde a concentração de poluentes industriais é alta, além da existência de vários corpos d'água contaminados. Apesar disso, indivíduos adultos de *L. fortunei* parecem ser altamente tolerantes à poluição, sendo possível encontrar vastos substratos colonizados muito próximos a despejos de esgoto, segundo os autores.

No estudo anteriormente mencionado (Cataldo & Boltovskoy, 2000), analisou-se a variação das densidades larvais ao longo de 17 meses. Foi encontrado um período de reprodução contínua, que se deu entre os meses de agosto e abril. Segundo os autores, em apenas 3 meses do ano ocorreram quedas significativas na produção de larvas (maio, junho e julho), coincidindo com o período de menor temperatura da água. A interrupção da atividade reprodutiva ocorreu quando a temperatura caiu abaixo do limiar de 16-17° C. Também se observou diminuições nas densidades larvais de menor significância, durante a estação

reprodutiva, e estas foram explicadas como sendo períodos de recuperação após o recrutamento de grandes proporções das populações para a colonização dos substratos. Os resultados e conclusões encontrados por (Cataldo & Boltovskoy, 2000) estão, em parte, de acordo com as observações feitas por Darrigran et al. (1999) e Morton (1977).

Morton (1977) investigou o ciclo reprodutivo de uma população do reservatório de Plover Cove, em Hong Kong, nos anos de 1972, 1973 e 1974. As variações de temperatura encontradas foram de 14° C no inverno (janeiro a março) a 30° C no verão (julho a setembro), semelhantes às registradas por Cataldo e Boltovskoy (2000). Morton concluiu que o início do período reprodutivo se dava por um aumento da temperatura da água acima do limiar de 17°C, seguindo a baixa do inverno (muito próximo ao resultado de Cataldo e Boltovskoy, que indicaram um limiar de 16,7°C). Já a duração da estação reprodutiva foi a mesma para os dois estudos (9 meses). Além disso, ele conclui, com auxílio de um estudo posterior sobre maturação gonadal (Morton, 1982), a existência de apenas duas desovas anuais, correlacionadas às temperaturas máximas do verão e mínimas do inverno.

A área RPLA amostrada sofre uma menor influência direta de poluentes, por não se localizar na adjacência de grandes conglomerados urbanos e áreas industriais. À margem do local há apenas propriedades semelhantes a ranchos, além da capital do departamento de Colômbia, Colômbia do Sacramento, que dista em torno de 20 quilômetros e tem pouco mais de 20 mil habitantes. Nessa, a espécie foi registrada pela primeira vez em 1994 (Scarabino & Verde, 1995).

Os substratos duros encontrados no estuário da Prata são escassos, restringindo-se a paredões e rochas compactas de silte e areia, partes de vegetação aquática, troncos de árvores, além de superfícies artificiais, como muros, tubulações e docas. A baixa ocupação e riqueza da fauna local encontrada nesses substratos, mesmo antes da introdução de *L. fortunei* (Darrigran, 2002a), sugerem a inexistência de um competidor natural por espaço. Em pouco tempo as superfícies duras disponíveis foram ocupadas pela espécie e, apesar de a maior extensão do estuário apresentar praias arenosas, com certa restrição à ocupação, a densidade larval encontrada foi muito elevada, podendo indicar até mesmo um pico de desova, possivelmente influenciado pela alta temperatura da coluna d'água (média de 28,54°C).

Um detalhe importante a ser observado é que as larvas de *L. fortunei* são capazes de colonizar pequenos seixos, onde o substrato duro é raro, e novos mexilhões crescem sobre espécimes antigos já incrustados, criando “manchas” de substratos duros para ocupação (Darrigran, 2002a). Sendo assim, a disponibilidade de espaço para novas populações pode surgir de uma colonização prévia.

Entre os parâmetros ambientais já estudados por outros autores, o que mais se relaciona com as densidades de mexilhão-dourado é a temperatura (Cataldo & Boltovskoy, 2000; Darrigran et al. 2007; Oliveira, 2009), a qual influencia a reprodução e desovas no decorrer do ano.

RIO URUGUAI

Brugnoli et al. (2005) trás um breve histórico dos registros da espécie feitos nas principais bacias de drenagem do Uruguai, com a autoria de diversos pesquisadores. No rio Uruguai, o primeiro registro data do ano 2000 na localidade de La Cañas, em comunidades bentônicas. Em março de 2001 já pôde ser coletada mais ao norte, no mesmo rio, em Concepción del Uruguay, Argentina. Na ocasião, foram encontradas apenas fases larvais, sem registro de adultos. Os autores mencionam que a ocorrência do mexilhão se dava no trecho baixo e médio do rio Uruguai, sendo seu limite de distribuição localizado no reservatório da usina hidrelétrica de Salto Grande, até o ano de 2003. Após essa data, o mexilhão-dourado entrou em uma nova fase de expansão e foi encontrado em pontos mais ao norte, o que os autores atribuíram à disponibilidade de substrato duro das margens e do fundo.

No presente estudo, fases larvais foram encontradas no trecho médio do rio Uruguai (RURU-M2), porém com uma densidade de apenas 4 ind.m⁻³. Em todos os outros pontos subsequentes à montante nenhuma larva pode ser coletada, o que pode indicar uma nova região limítrofe de ocorrência. É importante notar que no trecho médio do rio Uruguai, grandes modificações antrópicas não são tão comuns, salvo a presença de algumas cidades não muito populosas às suas margens. Além disso, o rio apresenta uma velocidade de correnteza considerável nas adjacências de RURU-M1 e RURU-M2, o que pode dificultar a navegação de pequenas embarcações e reduzir o potencial dispersor associado a essa atividade.

A navegação neste rio apresenta maior relevância econômica apenas em seu trecho inferior, da foz à Concepción del Uruguay, na Argentina. Neste local, a densidade registrada foi muito elevada, com 35.541 ind.m⁻³. Acima desse ponto, a navegação torna-se mais difícil e é realizada apenas por pequenas embarcações até a cidade de Salto (Uruguai). Daí em diante, a existência de rápidos e corredeiras torna inviável a atividade, sendo esta, retomada apenas no trecho de 210 quilômetros compreendido entre as cidades de São Borja, Itaqui e Uruguaiana, no Rio Grande do Sul, Brasil (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Uruguai, acesso em 11/02/2012).

A baixa navegabilidade e alta velocidade da correnteza são dois fatores que podem dificultar a dispersão e a colonização do substrato pelas larvas do mexilhão-dourado no trecho médio deste rio. Na usina hidrelétrica de Machadinho, próximo à cabeceira do rio, a introdução da espécie não parece ter ocorrido até o momento.

BAIXO E MÉDIO RIO PARANÁ

Os trechos baixo e médio do rio Paraná estão localizados no norte da Argentina, e percorrem cinco províncias: desde Buenos Aires e Entre Rios, na região da foz e suas adjacências; Santa Fé, no trecho mais baixo, e segue passando por Corrientes e Chaco, na porção média.

Na Argentina, os principais portos exportadores de grãos (cereais e oleaginosas) concentram-se em uma área no entorno da cidade de Rosário, província de Santa Fé, que abrange, de norte à sul, uma área que vai da cidade de Arroyo Seco até a localidade de Timbués. Em 2008, eram 17 os portos habilitados nessa região, com uma movimentação de 75 milhões de toneladas de grãos anuais (<http://es.wikipedia.org/wiki/Up-river>, acessado em 11/02/2012). Isso evidencia a intensa atividade de navegação na região, o que é um dos principais meios para a dispersão do mexilhão-dourado, que se prende aos cascos das embarcações e alcança novas áreas. A constante movimentação de barcos auxilia na descarga de novas larvas e no transporte de indivíduos adultos. Além disso, intervenções humanas às margens podem aumentar a disponibilidade de substratos duros para sua colonização.

O ponto mais próximo à foz do Paraná, RPAR-B3, onde a densidade de larvas foi menos elevada, fica em uma região com menor ocupação ou modificações antrópicas do que os trechos superiores, sendo o entorno basicamente de propriedades rurais, sem cidades próximas nas margens do rio ou imediatamente à montante (a mais próxima, San Pedro, dista 140 km pelo curso do rio). RPAR-B2 e RPAR-B1 encontram-se mais próximos a centros urbanos. O primeiro ponto, sofre influência da cidade de San Pedro, de 59.036 habitantes (segundo INDEC, censo 2010), com destaque para o setor de turismo e de atividades portuárias. Mais à montante, as cidades de Ramallo (33.042 habitantes) e San Nicolás de los Arroyos (145.857 habitantes; INDEC, 2010) ainda podem exercer certa influência no mesmo ponto. RPAR-B1 encontra-se na região de Rosário, já citada anteriormente, onde a navegação fluvial é muito intensa, com a presença de muitos portos nos arredores. Neste, a densidade foi a mais elevada do trecho baixo, com 3.190 larvas.m⁻³, valor ligeiramente maior que nos demais pontos.

A Usina Hidrelétrica de Yacyretá, construída entre a Argentina e o Paraguai, fica no trecho médio do rio Paraná, à montante de RPAR-B1. Nessa localidade, o mexilhão dourado foi registrado pela primeira vez em 1998 (Darrigran, 2002b). Darrigran et al. (2007) realizaram um estudo sobre procedimentos *anti-macrofouling* nessa usina nos anos de 1999 e 2001, onde analisaram as densidades no reservatório e nos sistemas de resfriamento e captação de água da usina.

No reservatório da usina, a densidade larval média foi a mais baixa em relação às aquelas dos sistemas de captação de água e de resfriamento, com média de 7.790 larvas.m⁻³ (desvio padrão de 16.420; n=42). Os valores máximos ocorreram em novembro de 1999 e dezembro de 2000 (74.070 larvas.m⁻³), com temperaturas em torno de 26 a 28°C. As maiores densidades foram observadas durante um curto período de tempo, quando a temperatura começou a se elevar em direção às máximas do verão (entre novembro e dezembro). E então, sofreram quedas, mesmo antes do declínio da temperatura.

Durante o estudo de 25 meses, observou-se a ausência de larvas em apenas entre 2 e 4 meses em cada um dos anos, de acordo com o local de coleta considerado. A retomada da reprodução foi registrada após uma elevação da temperatura acima do limite de 18-20°C, valor superior ao encontrado por Cataldo & Boltovskoy (2000), no baixo Paraná, que foi de 16-17°C e por Morton (1977), em Plover Cove (Hong Kong), de 17°C.

Neste estudo, a densidade registrada na barragem de Yacyretá foi de 14.404 larvas.m⁻³, mais baixa do que a encontrada no mês dezembro de 2000, pelo estudo acima citado. Na ocasião de nosso estudo, a temperatura média da coluna d'água foi de 28,65°C e a coleta foi feita no mês de janeiro de 2010.

Apesar de a temperatura ser o principal fator desencadeador da atividade reprodutiva nos mexilhões, assim como em outros invertebrados, por si só ela não induz a desova (Darrigran et al., 2007). Outros fatores ambientais estão associados, como o fotoperíodo, abundância de fitoplâncton, etc. (Ram et al, 1996 *apud* Darrigran, 2007).

RIO PARAGUAI

Segundo Oliveira et al. (2006), *Limnoperna fortunei* alcançou o rio Paraguai no ano de 1998, mesmo ano em que foi registrado próximo da cidade de Corumbá. Entretanto, os autores sugerem que este já estivesse presente ao menos há um ano no local, visto o tamanho encontrado de suas conchas (10 mm – 20 mm), e com base no crescimento anual de populações *L. fortunei* estudadas no Japão (média de 15 mm por ano - Magara et al., 2001). A espécie foi observada pela primeira vez na região em uma amostra de fundo obtida na Baía do Tuiuiú, que é conectada ao rio Paraguai e fica próxima à cidade de Corumbá, no Mato Grosso do Sul.

Oliveira et al. (2004) vistoriaram diversos locais de ocorrência do mexilhão dourado no rio Paraguai entre 1998 e 2004. Os autores observaram a espécie em toda a extensão do rio que foi investigada, desde sua foz no rio Paraná (cidade de Pylar, Paraguai) até acima da foz do rio Cuiabá, em Bela Vista do Norte (MT). Localidades como Forte Coimbra (19°53'34" S e

57°46'44" O), bem como Bela Vista do Norte, limite setentrional da inspeção realizada (17°38'04" S, 57° 41'45" O), apresentaram substratos rochosos expostos cobertos de conchas de *L. fortunei*. Além desses locais, várias lagoas que se conectam ao canal central do rio e ocorrem no trecho alto deste, também tiveram detectada a presença da espécie. *Limnoperna fortunei* foi encontrado em ambientes lóticos, lênticos e semi-lóticos, com profundidades que variaram de 50 cm a 10 m. A colonização foi observada em tanques de aquacultura, cabos de aço, cordas de nylon e tambores de plástico. A densidade no substrato natural do rio Paraguai foi de 10.000 ind.m⁻² (setembro de 2002), valores estes restritos a pequenas áreas rochosas.

Ainda, foi registrada a mortandade dos indivíduos durante o mês de maio de 2002, durante o período de cheias (fevereiro a março de 2002). Durante esse período, o oxigênio dissolvido teve uma queda muito acentuada de 7.0 para 0.3 mg.l⁻¹ por uma duração de dois meses. Esse fenômeno natural é conhecido como 'decoada' e está associado à decomposição de matéria orgânica no início do período das cheias, o que provoca grandes modificações nas características físico-químicas da água. Além do oxigênio, o pH também pode ser tornar mais ácido e atingir valores menores do que 6.4, que segundo Ricciardi (1998) é o limite inferior para que o estabelecimento e infestação possam ocorrer.

Anos depois, Oliveira (2009), cita a densidade para o rio Paraguai como sendo de aproximadamente 35.000 ind.m⁻², o que considera relativamente baixa em comparação com outros registros na América do Sul, como do Lago Guaíba (100.000 ind.m⁻²) e baixo Paraná (150.000 ind.m⁻²). De acordo com a autora, uma sequência de fatores estressantes que ocorrem nessa região, como o baixo nível de água (exposição ao ar) e quedas no pH durante épocas da cheia, provavelmente reduzem as densidades dos juvenis e adultos, além da depleção do oxigênio dissolvido, que também tem um controle sobre as densidades e podem até mesmo impedir a colonização.

A depleção de oxigênio pode afetar *L. fortunei* de duas maneiras: ao impedir a desova ou causando a morte de larvas e juvenis e adultos (Morton, 1975). A autora mencionada anteriormente conclui que as flutuações interanuais da abundância estão relacionadas com a intensidade e duração dos eventos de depleção do oxigênio dissolvido, sendo que uma combinação de fatores, como o baixo O₂ dissolvido e pH, e alto CO₂ livre, sob altas temperaturas, são responsáveis pelo controle das densidades na planície do Pantanal.

Aqui podemos observar que as densidades larvais encontradas em RPAG-A, apesar de muito elevadas, podem estar de acordo àquelas encontradas por Oliveira (2009) no substrato. Ao passo que Oliveira (2009) indicou um valor aproximado de 35.000 ind.m⁻², encontramos a presença de 86.551 larvas.m⁻³. Observando que o valor de indivíduos na coluna d'água é maior, devido a perdas durante o processo de recrutamento.

Assim, o rio Paraguai em seu trecho alto e médio foi o que apresentou uma das maiores densidades larvais do estudo. As coletas nesse rio foram realizadas no mês de fevereiro de 2010, e se considerarmos o valor do pH encontrado (6,69; 6,90 e 6,98), além do oxigênio dissolvido ($4,47 \text{ mg.l}^{-1}$; $2,79 \text{ mg.l}^{-1}$ e $6,00 \text{ mg.l}^{-1}$), para RPAG-A, RPAG-M e RPAG respectivamente, ainda temos condições adequadas para sua ocorrência. De acordo com o pH e as concentrações de oxigênio dissolvido registrados, é possível que à época do estudo, o evento da decoada já desse leves sinais de ocorrência (comparados aos dados de Oliveira et al., 2010) no alto Paraguai, porém, ainda sem afetar a presença de larvas na coluna d'água. No trecho médio, intensidade deste evento pareceu ser mais acentuada, se levarmos em consideração o oxigênio dissolvido. A baixa velocidade da correnteza e altas temperaturas são fatores que podem explicar a alta densidade encontrada. As probabilidades de recrutamento larval são de aproximadamente 80%, quando o oxigênio dissolvido está próximo de 6.0 mg.L^{-1} e a temperatura em torno de 32°C , caindo para quase 0, quando este encontra-se em baixas concentrações (Oliveira et al. 2010). Há uma grande queda na densidade de RPAG-A para RPAG-M, que acompanha a queda do O_2 dissolvido, porém, outros fatores não identificados podem estar influenciando tal variação.

BACIA DO ALTO RIO PARANÁ

A bacia do rio Paraná compreende seis estados brasileiros e o Distrito Federal e inclui a região mais industrializada e urbanizada do Brasil. Essa bacia tem a maior capacidade instalada para geração de energia elétrica do país, bem como a maior demanda. São 57 (cinquenta e sete) grandes reservatórios, sendo os de maior capacidade: Itaipu, Porto Primavera e Furnas (<http://www.itaipu.gov.br/en/energy/parana-river-basin>, acessado em 11 de fevereiro de 2012). Os principais tributários do rio Paraná são os rios: Tietê, Paranapanema e Iguaçu, todos abrangidos pelo presente estudo.

O crescimento de centros urbanos como São Paulo, Campinas e Curitiba exerce grande pressão sobre o uso dos recursos hídricos. A utilização da água se dá para o abastecimento humano, uso industrial e irrigação. Além disso, o despejo de poluentes (insumos agrícolas e esgoto industrial) contribui para a degradação da qualidade da água em grandes extensões dos tributários na porção superior do rio Paraná. (<http://www.itaipu.gov.br/en/energy/parana-river-basin>, acessado em 11 de fevereiro de 2012).

Nessa bacia, ainda se localiza a hidrovia Tietê-Paraná, com cerca de 2.400 quilômetros navegáveis, compreendidos nos estados brasileiros de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, além do Paraguai, e é considerada a hidrovia do Mercosul <http://www.transportes.sp.gov.br/programas-projetos_/hidrovia-tiete.asp>, acessado em 11 de fevereiro de 2012. Também se estima que o sistema hidroviário Paraná-Paraguai movimente

mais de seis milhões de toneladas de carga por ano (Silveira, 2005). Sendo que Oliveira et al. (2004) atribuíram a dispersão de *L. fortunei* para o centro do Brasil ao uso da mesma.

A presença do mexilhão dourado já foi reportada nas usinas de Itaipu, por volta do ano de 2001 (Mansur et al. 2004; Zanella & Marenda, 2002), além de Porto Primavera, Jupia e Ilha Solteira (Von Rukert et al. 2004; Avelar et al., 2004. Oliveira et al., 2004), por volta do ano de 2004 nas duas últimas.

Na área de influência de Ilha Solteira, aproximadamente seis anos após o primeiro registro, a densidade larval encontrada à montante do reservatório (presente estudo) foi muito elevada (aprox. 12.000 ind.m⁻³).

Já em Itaipu, onde a introdução ocorreu alguns anos antes de Ilha Solteira, as diretorias Técnica e de Coordenação e Meio Ambiente da hidrelétrica, registraram uma queda na densidade populacional (tanto dos indivíduos adultos no substrato, quanto das densidades larvais, na coluna d'água) durante o período de 2007 a 2009. De acordo com relatórios, as quedas chegaram a 66% (populações adultas) e a 77% (em fases larvais). No ano de maior proliferação (2003), a densidade de colonização no substrato chegou a 184.633 ind.m⁻², enquanto que no ano de 2009, foram registrados 40.566 ind.m⁻². Esta diminuição foi atribuída ao fato de as populações estarem alcançando o equilíbrio e estabelecendo relações tróficas com outras espécies do reservatório, que acabam por controlar sua propagação exacerbada (<<http://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/infestacao-de-mexilhao-dourado-diminui-na-itaipu>>, acessado em 11 de fevereiro de 2012).

RIO TIETÊ

Pareschi et al. (2008), considerando os estudos sobre macroinvertebrados bentônicos dos trechos médio e baixo do rio Tietê feitos por França (2006) e Suriani (2006) em 2002 e 2003, respectivamente, que não relataram a presença de *L. fortunei*, concluíram que a introdução da espécie neste rio deve ter ocorrido apenas após essa data, provavelmente em 2004. A espécie foi registrada no trecho médio do rio Tietê em julho de 2005, nas represas de Ibatinga e Bariri. Os experimentos executados por eles visaram analisar a colonização de substratos artificiais e comparar a ocupação das zonas mais profundas na calha do rio com as rasas, da margem. Os autores registraram a maioria dos indivíduos no reservatório de Ibatinga, em julho de 2005, principalmente em substratos artificiais. Também foram encontrados nas regiões mais rasas do reservatório, coletadas através de dragagem. Nas zonas profundas, de 7 a 22 m, não se registrou a presença da espécie.

De acordo com os tamanhos dos indivíduos encontrados, que não passou dos 20 mm, os autores deduziram ser o primeiro ano da introdução no local, já que a espécie pode alcançar os 40 mm na maioria das populações. Houve também grande variação dos parâmetros físico-químicos nos pontos onde mexilhão foi encontrado, inclusive sua ocorrência em locais de pH mais elevado (9,96). No estuário do rio da Prata também registramos um elevado pH, 8,12; valor não reportado por Darrigran (2002a) e que indicou os limites desse parâmetro para a espécie como sendo de 6,2 a 7,4. Os resultados demonstram o alto grau de tolerância de diferentes populações dessa espécie.

No atual estudo da bacia do Prata, realizado cinco anos após o de Pareschi et al. (2008), encontrou-se uma baixa densidade larval na represa de Barra Bonita (121 ind.m⁻³), que fica há 140 quilômetros à montante do ponto onde os autores encontraram a maior densidade no substrato (6.267 ind.m⁻², próximo à margem).

RIO PARANAPANEMA

No rio Paranapanema, até os anos de 2001 não havia registros da espécie em comunidades bentônicas (Jorcin & Nogueira et al., 2008). Entretanto, em 2006 foi detectada nos reservatórios de Canoas I, Canoas II e Capivara (Garcia et al., 2009 *apud* Rocha et al., 2011), e posteriormente em alguns afluentes da margem esquerda, como o rio Tibagi em 2007 e 2008 (Pestana et al. 2010). Em 2010 já podia ser observado em quase toda extensão deste rio, presente nas usinas hidrelétricas do sistema em cascata e em trechos lóticos, com exceção da UHE de Jurumirim. Esta, também não apresentou nenhuma larva, tanto na montante quanto na barragem, podendo ser considerado região limítrofe da ocorrência até o ano de 2010.

RIO IGUAÇU

Pestana et al. (2010) realizou a prospecção de *L. fortunei* nos principais rios do estado do Paraná. Em seu trabalho foram amostrados os rios Iguaçu, Piquiri, Ivaí e Tibagi. O objetivo do estudo foi obter informações acerca da distribuição da espécie e testar a eficácia de uma metodologia para a detecção de sua presença (análise molecular), comparando-a com a triagem convencional de larvas sob microscópio óptico. A maior densidade registrada por eles foi de 4.173,6 larvas.m⁻³, na jusante do reservatório de Salto Caxias, outono de 2008 (temperatura de 23,1°C e pH 7,2). No reservatório e à sua montante, registramos densidades que representam aproximadamente a metade do que foi encontrado por eles, porém durante o verão, no mês de janeiro de 2010, com temperaturas de 29,25°C.

Para o rio Iguaçu os autores detectaram a presença de larvas, em pelo menos uma época do ano, em todos os cinco pontos na extensão amostrada, que foi da jusante do reservatório de Salto Caxias até o município de Porto Amazonas, próximo à Curitiba. O método de análise molecular demonstrou a existência da espécie quando a triagem não foi o suficiente para sua detecção. Assim, no reservatório de Foz do Areia, onde o atual estudo não encontrou nenhuma larva, os autores conseguiram demonstrar sua presença, porém, em apenas duas estações do ano e somente com o método molecular, indicando uma densidade baixíssima no local. Visto a existência de um substrato muito arenoso naquela região, um dos possíveis fatores que contribuem para essa baixa densidade seria a falta de um substrato adequado para a fixação das larvas e desenvolvimento dos indivíduos.

Considerações finais

Os resultados do estudo demonstraram que a espécie invasora *Limnoperna fortunei* encontra-se atualmente amplamente distribuída e estabelecida nos principais rios da Bacia Hidrográfica do rio da Prata, com exceção dos rios Grande e Paranaíba, no extremo noroeste.

Estudos dessa magnitude, que abrangem várias bacias hidrográficas e uma área muito extensa, esbarram na dificuldade de realização de coletas mais frequente. Este fato limita uma análise mais detalhada a respeito do comportamento das diferentes populações e possíveis influências dos fatores abióticos sobre elas. Portanto, o que se tentou realizar foi mostrar o panorama da situação atual da espécie invasora, a partir dos resultados obtidos, comparados aos vários estudos já realizados na América do Sul.

As densidades mostraram-se, no geral, elevadas. Provavelmente em decorrência da época de amostragem (verão 2010), onde a atividade reprodutiva é maior devido às altas temperaturas. Porém, grandes variações ao longo das bacias foram registradas, o que pode estar relacionado ao grau de antropização, disponibilidade de substratos, velocidade da corrente, tempo de introdução, entre outras variáveis.

5. Referências Bibliográficas

- Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. & Pelicice, F.M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Eduem, 501 p.
- Avelar, W.E.P.; Martins, S. L. & Vianna, M.P. 2004. A new occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1856) (Bivalvia, Mytilidae) in the State of São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol. = Rev. Bras. Biol.*, vol. 64, no. 4, p. 739-742.
- Banco Mundial. 2008. Licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos no Brasil: uma contribuição para o debate. Brasil: Banco Mundial. v. 1.
- Bonetto, A. A. 1994. Austral rivers of South America. In: Margalef, R. (ed.) *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Elsevier Science, Amsterdam. 425-472.
- Brugnoli, E.; Clemente, J.; Boccardi, L.; Borthagaray, A. & Scarabino, F. 2005. Golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins of Uruguay: update and predictions. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77(2): 235-244.
- Carlton, J. T. 1999. The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans. In: Sundlund, O. T.; Shei, P. J. & Viken, A. (eds). *Invasive species and biodiversity management*. Kluwer Academic, Dordrecht. 195–212.
- Carlton, J. T. 2000. Global change and biological invasions in the oceans. In: Lockwood, J. L.; Hoopes, M. F.; Marchetti, M. P. 2007. *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing, Oxford, UK. p.28
- Cataldo, D.H. and Boltovskoy, D. 2000. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia) as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná river and the Rio de la Plata estuary (Argentina). *Aquatic Ecology*, 34: 307–317.
- Cataldo, D. H.; Boltovskoy, D.; Hermosa, J. L.; Canzi, C. 2005. Temperature-depent rates of larval development in *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Molluscan Studies*, 71 (1): 41-46
- Choi, S.S. & Kim, J.S. 1985. Studies on the metamorphosis and the growth of larva in *Limnoperna fortunei*. *Korean J Malacol* 1: 13-18.

- Choi, S.S. & Shin, C.N. 1985. Study of the early development and larvae of *Limnoperna fortunei*. Korean Journal of Limnology. In: Eilers, V. 2006. Abundância e tamanho de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no rio Paraguai e rio Miranda, MS. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Cole, G. A. 1979. Textbook of limnology. 2nd. ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Company. 426p.
- Crosby, A.W. 1986. Ecological Imperialism: The Biological Expansion of Europe. Cambridge University Press, Cambridge.
- Darrigran, G. 2002a. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasion*, 4: 145-156.
- Darrigran, G.A. 2002b. Invasive freshwater bivalves of the neotropical region. *Dreissena*, (2)2: 7-13.
- Darrigran, G. A.; Damborenea, C. & Greco, N. 2007. An Evaluation Pattern for Antimacrofouling Procedures: *Limnoperna fortunei* Larvae Study in a Hydroelectric Power Plant in South America. *Ambio*, Vol. 36, No. 7, pp. 575-579.
- Darrigran, G. & Ezcurra de Drago, I. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, 114 (2): 69-73.
- Darrigran, G.; Martin, S.M.; Gullo, B. & Armendariz, L. 1998. Macroinvertebrate associated to *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae), Rio de La Plata, Argentina. *Hydrobiologia*, 367: 223-230.
- Darrigran, G. & Pastorino, G. 1995. The recent introduction of a freshwater asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *The Veliger*, 38: 171-175.
- Darrigran G.; Penchaszadeh, P. & Damborenea, M.C. 1999. The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from a neotropical temperate locality. I *Shellfish Res.*, 18: 361-365.
- Elton, C.S. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen. London, RU. 81pp.

- Espínola, L. A. & Junior, H.F.J. 2007. Espécies Invasoras: conceitos, modelos e atributos. INCI, (32) 9: 580-585. ISSN 0378-1844. Disponível em: <http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000900004&lng=es&nrm=iso>, acesso em 15/12/2011.
- Garcia, D.A.Z.; Orsi, M.L.; Casimiro, A.C.R. & KURCHEVSKI, G. 2009. Registros de ocorrência de *Limnoperna fortunei* no médio e baixo Paranapanema: uma ameaça às suas águas. In: Rocha, O.; Espíndola, E. L. G.; Rietzler, A. C.; Fenerich-Verani, N. & Verani, J. R. 2011. Animal Invaders in São Paulo State Reservoirs. Oecologia Australis, 15(3):631-642.
- Google, Inc. 2011. Google Earth, version 6.1 (www.earth.google.com).
- Golterman, H. L.; Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*: Oxford. Blackwell Scientific Publications, v.I.B.P. Handbook. 8. 213p.
- Hoyt, E. 1992. Conserving the Wild Relatives of Crops. IBPGR, IUCN & WWF. 2nd edn.
- INDEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. www.indec.gov.ar
- Jorcin, A. & Nogueira, M. G. 2008. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (Southeast Brazil). Brazilian Journal of Biology, 68 (4): 1013-1024.
- Kelman, J.; Pereira, M. V.; Araripe, T. A. & Sales, P. R. De H. 2006. Hidrelectricidade. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B. & Tundisi, J. G. (eds). Águas doces no Brasil. Capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo. Escrituras Editora. 195-223.
- Lockwood, J. L.; Hoopes, M. F.; Marchetti, M. P. 2007. Invasion Ecology. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 312p.
- Lodge, D. M. 1993. Biological invasions: Lessons for Ecology. *TREE* vol. 8, no. 4, pp. 133-137.
- Magara, Y.; Matsui, Y.; Goto, Y.; Yuasa, A. 2001. Invasion of the non-indigenous nuisance mussel, *Limnoperna fortunei*, into water supply facilities in Japan. Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA, 50 (3): 13-24.
- 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. (Orgs.). *Água de Lastro e Bioinvasão*. Rio de Janeiro: Interciência. p. 33-38.
- Marckereth, F.I.H.; Heron, J. & Talling, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. London: Freshwater Biological Association, 120p.
- Martin, S.M. & Darrigran, G.A. 1994. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en el Balneario Bagliardi, Río de la Plata. Alteración en la composición de la malacofauna litoral. Tankay 1: 161–166.
- Mc Neely, J.A. 2001. Invasive species: a costly catastrophe for native biodiversity. Land Use and Water Resources Research 1 (2): 1-10.
- McNeely, J.A. 2006. As the world gets smaller, the chances of invasion grow. Euphytica, 148: 5–15.
- Morton, B.S. 1973. Some aspects of the biology and functional morphology of the organs of feeding and digestion of *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Bivalvia: Mytilacea). Malacologia, 12: 265–281
- Morton, B.S. 1975. The colonization of Hong Kong's raw water supply system by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilacea) from China. Malacol. Rev 8: 91-105.
- Morton, B.S. 1977. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilacea) in Plover Cove reservoir, Hong Kong. Malacologia, 16: 165-182
- Morton, B.S. 1979. Freshwater fouling bivalves. Proceedings First International Corbicula Symposium. Texas. Christian Univ., pp. 1-14
- Morton, B.S. 1982. The reproductive cycle in *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) fouling Hong Kong's raw water supply system. Oceanol Limnol Sinica., 13: 312-325.
- Morton, B.S. 1996. The aquatic nuisance species: a global perspective and review. In: D'itri F (ed.). Zebra Mussels and other Aquatic Species. Ann Arbor Press, Ann Arbor, Michigan, 1–54.
- Nakai, K. 1995. Intrusion of the freshwater mytilid mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), into Japan. Kansai Shizenhogo Kiko, 17:45-56.

- Nogueira M. G., Jorcin A., Vianna N. C. & Britto Y. C. T. (2006) Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos) - um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Ecologia de Reservatórios - Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. (eds Nogueira, M. G., Jorcin, A. & Henry R) pp. 83-125. Rima, São Carlos.
- 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, Belo Horizonte. 93p.
- Oliveira, M.D.; Pellegrin, L.A.; Barreto, R.R.; Santos, C.L.; Xavier, I.G. 2004. Área de Ocorrência do Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*) na Bacia do Alto Paraguai, entre os anos de 1998 e 2004. Corumbá: Embrapa Pantanal. 19p.
- Oliveira, M.D.; Takeda, A. M.; Barros, L. F.; Barbosa, D. S. & Resende, E. K. 2006. Invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) of the Pantanal wetland, Brazil. Biological Invasions, 8: 97–104.
- Pareschi, D.C.; Matsumura-Tundisi, T.; Medeiros, GR; Luzia, A.P. & Tundisi, J.G. 2008. First occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in the Rio Tietê watershed (São Paulo State, Brazil). Braz. J. Biol., 68(4, Suppl.): 1107-1114.
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martín, S. & Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), Nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de La Plata. *Neotropica*, vol. 39, no. 101-102, p. 34.
- Pestana, D.; Ostrensky, A.; Tschál, M. K. & Boeger, W. A. 2010. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil. Papéis Avulsos de Zoologia, 50(34): 553-559.
- Rahel, F.J. 2000. Homogenization of fish faunas across the United States. *Science* 288: 854-856.
- Ram, J. L.; Fong, P. P. & Garton, D. W. 1996. Physiological aspects of zebra mussel reproduction maturation, spawning, and fertilization. In: Darrigran, G. A.; Damborenea, C. & Greco, N. 2007. An Evaluation Pattern for Antimacrofouling Procedures: *Limnoperna fortunei* Larvae Study in a Hydroelectric Power Plant in South America. *Ambio*, Vol. 36, No. 7, pp. 575-579.

- Resende, M.F. & Martinez, C.B. 2008. Impactos da infestação de condutos forçados de PCH's pelo *Limnoperna fortunei*. In: VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Ricciardi, A. 1998. Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems. *Biofouling*, vol. 13, no. 2, p. 97-100.
- Ricciardi, A. & Rasmussen, J.B. 1998. Predicting the identity and impact of future biological invaders: a priority for aquatic resource management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 55. p.1759-1765.
- Santos, C.P.; Würdig, N. L.; Mansur, M. C. D. 2005. Fases larvais do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* vol.22 no.3. pp. 702-708.
- Scarabino, M. & Verde, M. 1995. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la costa uruguaya del Río de la Plata (Bivalvia: Mytilidae). *Com Soc Malac Uruguay*, 7: 374-375.
- Scarabino, F. & Verde, M. 1994. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la costa uruguaya del rio de La Plata (Bivalvia, Mytilidae). *Comunicaciones Sociedad Malacologica del Uruguay*, 7(66-67): 374-375.
- Silveira, J. P. 2005. http://www.amcham.com.br/advocacy/informativos/advocacy2001-1210f_arquivo (acesso em 25/01/2006). In: Silva, D. P. 2006. Aspectos Bioecológicos do Mexilhão Dourado *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) (Dunker, 1857). Tese de doutorado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 123pp.
- Souza-Filho, E.E.; Rocha, P.C.; Comunello, E. & Stevaux, J.C. 2004. Effects of the Porto Primavera Dam on Physical Environment of the downstream floodplain. In: Thomaz; S.M.; Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. (eds). *The upper River Paraná River and its Floodplain*, Backhuys Publishers, Leiden, 55-74.
- Staples, G. W. 2001. The understorey of human dimensions in biological invasions. In: J.A. McNeely (ed.). *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Alien Invasive Species*. IUCN, Gland, Switzerland. pp. 171–179.
- Stevaux, J.C.; Souza-Filho, E.E.; Medeanic, S. & Yamskikh. 2004. The quaternary history of the Paraná River and its floodplain. In: Thomaz; S.M.; Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. (eds). *The upper River Paraná River and its Floodplain*, Backhuys Publishers, Leiden, 31-53.

- Strickland, J.D. & Parsons, T.R. 1960. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bel. Can., 125: 1-185.
- Suriani, A. L. 2006. *A estrutura da comunidade de macro-invertebrados bentônicos em três represas do médio rio Tietê (SP), com ênfase nas espécies exóticas *Melanoides tuberculata* (Gastropoda, Thiaridae) e *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculidae)*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. [Dissertação de Mestrado].
- Suriani, A.L.; França, R. S. & Rocha, O. 2007. A malacofauna bentônica das represas do médio rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras, *Melanoides tuberculata* (Müller) e *Corbicula fluminea* (Müller). *Rev. Bras.Zool.*, vol. 24, no. 1, p. 21-32.
- Systat Software, Inc. 2008. Sigmaplot (for windows), version 11.0.
- Talling, J.F. & Driver, D. 1963. Some problems in the estimation of chlorophyll *a* in phytoplankton. In: Proceedings, Conference of primary productivity measurements in marine and freshwater. Hawaii: USAEE, 1961, 142-146.
- Valderrama, J.G. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.
- Vermeij GJ (1996) An agenda for invasion biology. *Biol. Cons* 78: 3-9.
- Von Ruckert, G. Campos, M. C. S. & Rolla, M.E. 2004. Alimentação de *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857): taxas de filtração com ênfase ao uso de Cyanobacteria. *Acta Sci. Biol. Sci.*, vol. 26, no. 4, p. 421-429.
- Westphal, M. I.; Browne, M.; MacKinnon, K.; Noble, I. 2008. The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biol Invasions*, 10:391–398
- Zanella, O. & Marenha, L. D. 2002. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* na Central Hidrelétrica de Itaipu. In: Congresso Latinoamericano de Malacologia, 5., São Paulo. Resumos... São Paulo: Instituto Butantan/Instituto de Biociências - USP, p.41.