



Universidade Federal do Rio Grande  
Instituto de Ciências Biológicas  
Pós-graduação em Biologia de  
Ambientes Aquáticos Continentais



Estudos ecológicos do Mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857):  
Experimentos de laboratório e observações de campo.

**Suzana de Moura Pereira**

Orientador: Prof. Dr. João Paes Vieira  
Coorientador: Prof. Dr. Elton Pinto Colares

Rio Grande  
2014



Universidade Federal do Rio Grande  
Instituto de Ciências Biológicas  
Pós-graduação em Biologia de  
Ambientes Aquáticos Continentais



Estudos ecológicos do Mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857):  
Experimentos de laboratório e observações de campo.

**Aluno:** Suzana de Moura Pereira

**Orientador:** Prof. Dr. João P. Vieira

**Coorientador:** Prof. Dr. Elton P. Colares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande

2014

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu irmão  
por todo amor, carinho e dedicação.

## **Agradecimentos**

Ao professor Dr. João Paes Vieira pela orientação, ensinamentos, confiança e dedicação.

Ao professor Dr. Elton Pinto Colares pelo apoio e confiança.

Aos professores Dr. Daniel Loebmann e Dra. Maria Cristina Mansur pelas contribuições neste trabalho.

Aos colegas do laboratório de Ictiologia pela contribuição na realização deste trabalho.

A todos os professores do curso que contribuíram para minha formação.

As contribuições e auxílio da amiga Ana.

A todos os amigos e colegas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Ao Sr. Adão pela ajuda e disponibilidade nas coletas.

Aos amigos Gabriela, Brisa, Juliana, Graziela e Lucas pelo carinho e apoio nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais e meu irmão pelo apoio, incentivo e dedicação.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VIII</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>22</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>22</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>38</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>38</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA II-1: TABELA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DO PERCURSO:</b> QM=QUADRADOS MÉDIOS, GL=GRAUS DE LIBERDADE, SQ=SOMA DOS QUADRADOS, F=VARIÂNCIA ENTRE OS GRUPOS, P=PROBABILIDADE DE A HIPÓTESE NULA SER VERDADEIRA. VARIÁVEL DEPENDENTE = PERCURSO. VARIÁVEIS INDEPENDENTES: TAMANHO (MEXILHÕES-DOURADOS GRANDES (> 1,5 MM) E PEQUENOS (<= 1,5 MM)) E PERÍODO C=CLARO E E= ESCURO.....	49
<b>TABELA II-2: TABELA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DA VELOCIDADE.</b> QM=QUADRADOS MÉDIOS, GL=GRAUS DE LIBERDADE, SQ=SOMA DOS QUADRADOS, F=VARIÂNCIA ENTRE OS GRUPOS, P=PROBABILIDADE DE A HIPÓTESE NULA SER VERDADEIRA. VARIÁVEL DEPENDENTE = VELOCIDADE. VARIÁVEIS INDEPENDENTES: TAMANHO (MEXILHÕES-DOURADOS GRANDES (> 1,5 MM) E PEQUENOS (<= 1,5 MM)) E PERÍODO C=CLARO E E= ESCURO.....	49
<b>TABELA II-3: TABELA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DAS HORAS DE ATIVIDADE.</b> QM=QUADRADOS MÉDIOS, GL=GRAUS DE LIBERDADE, SQ=SOMA DOS QUADRADOS, F=VARIÂNCIA ENTRE OS GRUPOS, P=PROBABILIDADE DE A HIPÓTESE NULA SER VERDADEIRA. VARIÁVEL DEPENDENTE = HORAS DE ATIVIDADE. VARIÁVEIS INDEPENDENTES: TAMANHO (MEXILHÕES-DOURADOS GRANDES (> 1,5 MM) E PEQUENOS (<= 1,5 MM)) E PERÍODO C=CLARO E E= ESCURO. ....	50
<b>TABELA II-4: PADRÃO DE ATIVIDADE POR HORA DO MEXILHÕES-DOURADOS PEQUENOS (&lt; 15 MM) EXPERIMENTO C-E.</b> TAMANHO DOS MEXILHÕES EM MM. HR=HORAS DO DIA. HS = HORA SEQUENCIAIS DE EXPERIMENTO. CADA LETRA REPRESENTA UM INDIVÍDUO. SOMA (SOMA DA DISTÂNCIA PERCORRIDA EM CENTÍMETROS POR TODOS OS MEXILHÕES NA HORA); ATIV% (FREQUÊNCIA DE MEXILHÕES ATIVOS EM %); HA (HORAS DE ATIVIDADES); PC (SOMA DE PERCURSO); V (VELOCIDADE MÉDIA). ....	51
<b>TABELA II-5: PADRÃO DE ATIVIDADE POR HORA DOS MEXILHÕES-DOURADOS PEQUENOS (&lt; 15 MM) EXPERIMENTO E-C.</b> TAMANHO DOS MEXILHÕES EM MM. HR=HORAS DO DIA. HS = HORA SEQUENCIAIS DE EXPERIMENTO. CADA LETRA REPRESENTA UM INDIVÍDUO. SOMA (SOMA DA DISTÂNCIA PERCORRIDA EM CENTÍMETROS POR TODOS OS MEXILHÕES NA HORA); ATIV% (FREQUÊNCIA DE MEXILHÕES ATIVOS EM %); HA (HORAS DE ATIVIDADES); PC (SOMA DE PERCURSO); V (VELOCIDADE MÉDIA). ....	52
<b>TABELA II-6: PADRÃO DE ATIVIDADE POR HORA DO MEXILHÕES-DOURADOS GRANDES (&gt;= 15 MM) EXPERIMENTOS C-E.</b> TAMANHO DOS MEXILHÕES EM MM. HR=HORAS DO DIA. HS = HORA SEQUENCIAIS DE EXPERIMENTO. CADA LETRA REPRESENTA UM INDIVÍDUO. SOMA (SOMA DA DISTÂNCIA PERCORRIDA EM CENTÍMETROS POR TODOS OS MEXILHÕES NA HORA); ATIV% (FREQUÊNCIA DE MEXILHÕES ATIVOS EM %); HA (HORAS DE ATIVIDADES); PC (SOMA DE PERCURSO); V (VELOCIDADE MÉDIA). ....	53

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA I-1:</b> LAGOA MIRIM (BACIA DE DRENAGEM), LAGOA DOS PATOS E CANAL SÃO GONÇALO QUE CONECTA AS DUAS LAGOAS. PONTOS DE COLETA NO CANAL SÃO GONÇALO ENTRE A BARRAGEM ECLUSA E A CONFLUÊNCIA COM O RIO PIRATINI. ....	34
<b>FIGURA I-2:</b> VARIAÇÃO MÉDIA DA CPUE (CAPTURA POR UNIDADE DE ESFORÇO) E INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) DE <i>LIMNOPERNA FORTUNEI</i> PARA OS VERÕES DE 2009 E 2013 NO CANAL SÃO GONÇALO, RS, BRASIL. N= 12 AMOSTRAS POR ESTAÇÃO DO ANO. ....	35
<b>FIGURA I-3:</b> VARIAÇÃO MÉDIA DO COMPRIMENTO E INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) DAS CONCHAS DE <i>LIMNOPERNA FORTUNEI</i> PARA O VERÃO DE 2009 E VERÃO DE 2013 NO CANAL SÃO GONÇALO, RS, BRASIL. N-2009= 2462; N-2013= 1243. ....	36
<b>FIGURA I-4:</b> DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE TAMANHO (CLASSES 0,1 CM) DE <i>LIMNOPERNA FORTUNEI</i> PARA O VERÃO DE 2009 (LINHA PRETA) E VERÃO DE 2013 (LINHA CINZA) 2013, NO CANAL SÃO GONÇALO, RS, BRASIL. ....	37
<b>FIGURA II-1:</b> ANÁLISE DE REGRESSÃO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA VERSUS TAMANHO DE 31 MEXILHÕES-DOURADOS EM 22 HORAS DE EXPERIMENTOS. QUANTO MENOR O INDIVÍDUOS MENOR É A DISTÂNCIA PERCORRIDA. ....	55
<b>FIGURA II-2:</b> NÚMERO DE VEZES E COMPORTAMENTO (FICA ESTAVEL OU NÃO PERMANECE ESTAVEL) QUE OS MEXILHÕES-DOURADOS ATINGIRAM OS CANTOS DA CAIXA. ....	56
<b>FIGURA II-3:</b> EXEMPLO DE PADRÃO DE MOVIMENTO DO MEXILHÃO-DOURADO. TAMANHO DOS INDIVÍDUOS: A= 11,56 MM; B= 7,44 MM; C= 10,74; D= 14,49 MM; E= 14,30 MM. ....	57

## RESUMO

Esta dissertação é composta de dois estudos sobre a ecologia da espécie invasora *Limnoperna fortunei* (mexilhão-dourado). O primeiro capítulo, intitulado “Oito anos (2005-2013) de *Limnoperna fortunei* na porção limnica do canal São Gonçalo, Rio Grande do Sul, Brasil” compara a abundância relativa para os anos de 2009 e 2013 do mexilhão-dourado no o canal são Gonçalo. Do ano de 2009 para o de 2013, houve redução substancial na densidade da espécie, uma presença quase que constante de mexilhões nas amostras, associada a um crescimento individual entre os anos. É possível sugerir que o processo de crescimento populacional do mexilhão-dourado no Canal São Gonçalo encontra-se na fase de “equilíbrio oscilatório” totalmente dispersa no ambiente de fundo do Canal. O segundo capítulo “**Ritmo circadiano do comportamento de arrasto do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* em laboratório**”, caracteriza, experimentalmente, o padrão de taxa de diferentes classes de tamanho ( $\leq 1,5$  cm CT;  $> 1,5$  cm CT) do mexilhão-dourado. Os resultados sugerem que o mexilhão-dourado pode deslocar-se para novos locais independente do período do dia, não sendo observada diferença no padrão de movimento entre os experimentos iniciados no dia e na noite. Estes estudos contribuem para o conhecimento da ecologia e do comportamento da espécie invasora que vem causando enormes danos nos ambientes aquáticos continentais.

**Palavras-chave:** espécie invasora, dispersão, comportamento de arrasto, água doce, molusco, processos de invasão biológica.



## **ABSTRACT**

This dissertation consists in two different types of approaches about the ecology of the invasive species *Limnoperna fortunei* (golden mussel). The first chapter entitled "**Eight years (2005-2013) of *Limnoperna fortunei* in the limnic portion of São Gonçalo channel, Rio Grande do Sul, Brazil**" compare the relative abundance for the years 2009 and 2013 the golden mussel *Limnoperna fortunei* for São Gonçalo channel . From 2009 to 2013, there was a substantial reduction in the species density, presence almost constant in samples with mussels, associated with an individual growth between years is possible to suggest that the population growth of the golden mussel in Channel São Gonçalo is at the stage "oscillatory equilibrium" fully dispersed in the environment background Canal. The second chapter "**Circadian rhythm of the crawling behavior of golden mussel *Limnoperna fortunei* in the laboratory**", characterized experimentally, the taxis standard of different size classes ( $\leq 1.5$  cm CT;  $> 1.5$  cm CT) of golden mussel, and our results suggest that the mussels can move to new locations regardless of period of the day, with no difference in movement between experiments started on day and night. These studies contribute to the knowledge of the ecology and behavior of invasive species that has been causing huge damage in aquatic environments.

## INTRODUÇÃO GERAL

O movimento das espécies é uma característica fundamental no planeta e a sua distribuição muda naturalmente ao longo do tempo, nas últimas décadas a atividade do homem incrementa em altas taxas e escalas desta distribuição, seja de forma intencional ou acidental (Carlton & Geller 1993; Ricciardi & MacIssac, 2000). Os avanços da civilização, nas mais diversas áreas, vêm contribuindo para alterar a estrutura e a função de ecossistemas, causando diminuição da biodiversidade do planeta, através do aumento da temperatura global, a fragmentação dos habitats, poluição e a contribuição para a dispersão de espécies ao redor do mundo, podendo esta espécie obter sucesso no ecossistema invadidos sendo considerada exótica (Elton, 1958). Com isso, as espécies exóticas têm homogeneizando a biota ao redor do mundo (Lodge, 1993). As dispersões destas espécies ocorrem de forma direta, através de corredores de invasão (rotas aquáticas, terrestres ou aéreas; comerciais e/ou turísticas) ou de forma indireta, através de ambientes alterados como consequência da mudança global. Esta última expressão ambiental cria um meio potencialmente favorável para o estabelecimento das espécies introduzidas (Dukes & Mooney, 1999). As espécies introduzidas ou exóticas correspondem àquelas presentes em um ecossistema de onde ela não é originária (Fernandes et al., 2012). A capacidade de invasão e colonização de algumas espécies exóticas esta associada as características biológicas, fisiológicas e ecológicas que lhes conferem tolerância aos fatores ambientais (Machado & Oliveira, 2009).

Invasões biológicas são consideradas a segunda maior causa de perda da biodiversidade, sendo superada apenas pela destruição de habitats (Vitousek *et al.*, 1996). Invasões biológicas podem desencadear consequências indesejáveis à estrutura das comunidades, como a extinção de espécies nativas e/ou modificação das interações interespecíficas e diminuição da diversidade biológica (Olsen *et al.*, 1991). As interações ecológicas entre as espécies invasoras e as indígenas são complexas, chegando as primeiras a inibir espécies nativas. É difícil estabelecer os padrões das invasões biológicas e seus efeitos (Darrigran & Damboronea, 2009).

Espécies introduzidas ocasionam impacto maior nos ambientes perturbados que nos íntegros. As características biológicas, químicas e físicas do ecossistema determinam a sua vulnerabilidade à invasão (Fernandes *et al.*, 2012). Já na década de 1950, Charles Elton (1958) estabeleceu o conceito de “resistência biótica”, que são

considerados três elementos interativos na resistência do ambiente a novas invasões: ambientais, bióticos (principalmente com competição e predação) e resistência demográfica. Com isso, sustenta que, em áreas não perturbadas, o conjunto de competidores, predadores, parasitas e enfermidades podem controlar o estabelecimento da maioria das espécies invasoras, ou seja, o sucesso de invasão diminui com a riqueza de espécies. Enquanto que a resistência ambiental é menor em ambientes perturbados devido à redução do número de espécies “defensoras”, ou seja, um ambiente muito degradado estará mais suscetível à invasão. No entanto, os fatores ambientais são o mais crítico na determinação do sucesso das invasões, pelo menos nos sistemas aquáticos, embora claramente o sucesso ou o fracasso da maioria das invasões depende da interação de todos os três elementos (ambientais, bióticos e resistência demográfica) (Lodge, 1993). Contudo, para prever a probabilidade de sucesso de uma espécie não-nativa se tornar invasora ou não, e prever a invasibilidade de um ecossistema depende da compreensão detalhada das características da espécie invasora e do sistema que está sendo invadido (Moyle & Light, 1996).

É importante ressaltar que é baixa a probabilidade de uma espécie exótica sobreviver e, além disso, se estabelecer em um ecossistema diferente do de sua origem (Fernandes *et al.*, 2012). Os fatores ambientais semelhantes ao ambiente de distribuição original podem contribuir com o sucesso da espécie introduzida contribuindo para que ela se torne exótica (Simberloff, 2001).

A nocividade das espécies invasoras é potencializada pelo fato dos organismos nativos terem evoluído na ausência dos novos predadores, competidores ou patógenos e muitas vezes os organismos nativos não possuem adaptações para coexistir com espécies não nativas. Comunidades aquáticas apresentam uma vulnerabilidade maior às espécies invasoras quando comparadas aos ambientes terrestres (Sala *et al.*, 2000).

A introdução de espécies pode ser intencional ou acidental. A introdução intencional geralmente ocorre por razões econômicas, seja para utilização da espécie em sistemas de produção, como alimento, com interesses florestais ou ornamentais (Staples, 2001). A introdução acidental ocorre através de: alteração e perturbação de habitats, como manejo do solo para plantio, abertura de canais de irrigação e transporte marítimo (Vitousek *et al.*, 1996).

No processo de invasão, são consideradas cinco etapas ou obstáculos para a espécie não nativa precisa superar que, em conjunto, conformam a transição: transporte, liberação, estabelecimento, dispersão e impacto. Ultrapassadas as três primeiras, a

espécie transpassa as barreiras naturais que limitavam sua distribuição original e torna-se não-nativa. Uma espécie que transpassa com êxito as cinco etapas é considerada invasora (Kolar & Lodge, 2001).

O início do processo de invasão ocorre quando um conjunto de indivíduos de uma determinada espécie é retirado pelo homem dentro de sua faixa de distribuição, e é transportada por um vetor, rompendo as barreiras geográficas da espécie e liberada em um novo local (Lockwood *et al.*, 2007; Darrigran & Damboronea, 2009).

As espécies não-nativas que superam as etapas de transporte e liberação começam a interagir com o novo ambiente. O resultado destas interações determina se a espécie se estabelecerá ou não (Darrigran & Damboronea, 2009). A espécie está estabelecida quando consegue completar ciclo de vida e realiza aumento populacional, sem apresentar problemas ambientais e econômicos aparentes (Fernandes *et al.*, 2012).

De acordo com Darrigran & Damboronea (2009) a capacidade de invasão das espécies se vincula com a complexa interação entre espécies invasoras, nativas e o *habitat*. Esquemáticamente, os principais elementos do processo de bioinvasão podem ser organizados considerando o *input* (espécies e características do *habitat*) e o *output* (padrões de predição e taxas de invasão).

Em relação ao *output*, e com a finalidade de compreender processos e mecanismos das bioinvasões, o padrão de dispersão é tão importante como a velocidade de dispersão (Darrigran & Damboronea, 2009). Somente espécies com características invasivas conseguem romper barreiras fisiológicas e ecológicas, estabelecendo-se em áreas distintas da original com sucesso reprodutivo, crescimento populacional e dispersão geográfica acelerada (Fernandes *et al.*, 2012). Estes conhecimentos são a base para incrementar a possibilidade de predição e controle das bioinvasões.

Segundo Morton (1996) para uma espécie não nativa obter sucesso e colonizar em um novo ambiente, esta espécie necessita ter uma série de características que a permita tornar invasora, tais como: Curto período de vida; rápido crescimento; rápida maturidade sexual; alta fecundidade; capacidade de colonizar uma ampla faixa de habitat; ampla tolerância fisiológica; comportamento gregário; ampla variabilidade genética; Alimentação por suspensão. Uma espécie que possui uma série de características que a permite torna-se invasiva é o mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei*, que vem causando uma série de prejuízos ambientais e econômicos na América do Sul (Darrigran & Damboronea, 2009).

A espécie invasora *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) popularmente conhecida como mexilhão-dourado, possui hábito epifaunal e é originária dos rios e riachos do sudeste asiático. Em 1965, foi registrada como espécie invasora em Hong Kong (Morton, 1973). Pastorino *et al.*, (1993) registrou pela primeira vez esta espécie na América do Sul no Rio da Prata, próximo a Buenos Aires, Argentina, em 1991, onde foi provavelmente introduzida através de água de lastro de navios. De fato, a época do aparecimento da espécie na Argentina coincidiu com os picos mais altos de importação de produtos asiáticos (Darrigran & Pastorino, 1995). Após dez anos do primeiro registro do mexilhão-dourado no Rio da Prata, houve um avanço de 250 km/ano atingindo 3000 km em sua distribuição rio acima ao longo da bacia em dez anos (Karatayev *et al.*, 2007), sendo registrada sua presença no Uruguai em 1994, no Paraguai em 1997 e Bolívia em 1998 (Darrigran & Drago, 2000; Darrigran, 2002). Esta rápida dispersão esta associada à incrustação dos mexilhões nos barcos e a ampla utilização destas vias aquáticas para a navegação. Já no rio Uruguai, com reduzido tráfego de barcos, o mexilhão-dourado dispersou cerca de 25 Km/ano (Karatayev *et al.*, 2007).

Estudos pioneiros sobre a presença de *L. fortunei* no Sistema Patos – Mirim evidenciam o início de sua invasão e distribuição a partir do Lago Guaíba em 1998 (Mansur *et al.* 1999; 2004). A partir destes primeiros registros a espécie foi reportada mais ao sul na Lagoa dos Patos (Mansur *et al.*, 2003; Capítoli *et al.*, 2008), atingindo a região estuarina de Pelotas do Canal São Gonçalo, podendo assim ter dado início à expansão de sua distribuição no segundo maior corpo lagunar costeiro do Rio Grande do Sul e Uruguai, a Lagoa Mirim (Brugnoli *et al.*, 2005; Capítoli *et al.*, 2008; Langone, 2005, Burns *et al.*, 2006; Colling *et al.*, 2012; Lopes & Vieira, 2012b).

*Limnoperna fortunei* compartilha características biológicas e ecológicas com *Dreissena polymorpha* (Pallas,1771), popularmente conhecido como mexilhão-zebra, espécie que invadiu a América do Norte no final dos anos 1980: ambos são dióicos, têm tamanhos semelhantes, possuem grande poder reprodutivo, ampla resistência às condições ambientais, rápido crescimento e comportamento gregário. Além disso, formam grandes aglomerados em curto espaço de tempo, os indivíduos aderem -se ao substrato por meio do bisco, a fase larval é plantônica, o que aumenta seu poder de dispersão, e atingem elevada densidade populacional (Garton & Haag, 1991). A presença dos macroaglomerados pode superar a biomassa dos demais componentes da comunidade em até 10 vezes (Karatayev *et al.* 1997) e alterar os microhabitats, a estrutura da fauna bentônica (Sylvester *et al.* 2007; Lopes & Villac 2009; Kapusta &

Freitas, 2012; Gazulha, 2012), a dinâmica de nutrientes e contaminantes, e ainda pode causar problemas econômicos como incrustação em estações de tratamento de água, usinas hidrelétricas, tubulações, etc. (Darrigran *et al.* 1998; Darrigran *et al.* 2000; Darrigran, 2002; Orensans *et al.*, 2002; Coling *et al.* 2012; Santos *et al.* 2012). No entanto, em estudos comparativos da biologia de *D. polymorpha* e *L. fortunei* Karatayev *et al.*, (2007), relata que o mexilhão-dourado possuiu maior tolerância as variações ambientais quando comparado ao mexilhão-zebra. *Dreissena polymorpha* e *L. fortunei* respondem a estímulos das condições ambientais influenciando a locomoção de jovens e adultos (Uryu *et al.* 1996; Kobak, 2001).

Existe uma grande similaridade na morfologia, tamanho e comportamento entre os mexilhões de água doce e marinhos (Ackerman *et al.*, 1994). Para compreender o comportamento de *L. fortunei* é preciso primeiro entender alguns aspectos de sua biologia. Existem três períodos principais no ciclo de vida da espécie: os estágios larvais, o juvenil e o adulto. Diferentes estágios larvais são reconhecidos: cinco sem valvas e quatro com valvas. O estágio “pediveliger” é considerado por alguns autores como o último estágio larval, transformando-se em uma “plantígrada”, um estágio entre os estágios de larva e juvenil, na fase plantígrada glândula do pé produz uma secreção que endurece e forma filamentos córneos, dando origem ao bisso, permitindo a fixação em diversos tipos de substratos (Ackerman *et al.*, 1994; Darrigran *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 2005).

Muitos estudos têm sido realizados sobre o comportamento assentamento de larvas de mexilhão e as fases iniciais de pós-larvas (Nakano *et al.*, 2010; Nakano *et al.*, 2011; Mansur *et al.*, 2012). Depois de assentar em um substrato movem-se apenas por arrasto (Ackerman *et al.*, 1994).

Movimentos pós-assentamento/fixação em mexilhões de água doce têm sido observados e estudados (Oldham, 1930 & Shevchenko, 1949 *in* Ackerman *et al.*, 1994; Uryu *et al.*, 1996; Cândido & Romero, 2006; Schwalb & Pusch, 2007; Allen & Vaughn, 2009; Kobak *et al.*, 2009; Kobak *et al.*, 2010; Lara & Parada, 2009; Kappes & Haase, 2012), revelando que os mexilhões-dourados juvenil e adulto podem rastejar sobre diversos substratos e se re-estabelecer em novos locais após perturbação (Uryu *et al.*, 1996; Lopes & Vieira, 2012a; Vieira & Lopes, 2013). No entanto, existem poucas pesquisas sobre o padrão de movimento de mexilhões-dourados adultos (Uryu *et al.*, 1996; Iwasaki, 1997), principalmente porque se imaginava que mexilhões dificilmente se moveriam depois fixados pelo bisso (Iwasaki, 1997).

Sendo o mexilhão-dourado uma espécie invasora que causa grandes prejuízos econômicos e ambientais, conhecer o seu comportamento é um dos requisitos fundamentais para seu efetivo controle, assim como para evitar prejuízos econômicos e ambientais (Filippo, 2003).

**Objetivos:**

**Objetivo geral:** Comparar a abundância relativa do mexilhão-dourado no Canal São Gonçalo entre os verões de 2009 e 2013 e estudar, experimentalmente em laboratório, o padrão de taxa das diferentes classes de tamanho do mexilhão-dourado.

**Objetivos Específicos:**

- a) Comparar a abundância relativa entre anos de 2009 e 2013.
- b) Determinar o padrão de movimento circadiano do mexilhão-dourado em laboratório.



### Referências:

- Ackerman, J. D.; Sim, B.; Nichols, S. J.; Claudi, R. 1994. A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. **Canadian Journal Zoology**, 72: 1169-1179.
- Allen, D. C.; Vaughn, C. C. 2009. Burrowing behavior of freshwater mussels in experimentally manipulated communities. **Journal of the North American Benthological Society**, 93(1): 93-100.
- Baker, P.; Mann, R. 1997. The postlarval phase of bivalve mollusks: A review of functional ecology and new records of postlarval drifting of Chesapeake Bay bivalves. **Bulletin of Marine Science**, 61(2): 409-430.
- 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: updates and predictions. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, 77(2): 235-244.
- Burns, M. D. M.; Garcia, A. M.; Bemvenuti, M. A.; Vieira, J. P.; Marques, D. M. L. M.; Moresco, A.; Conдини, M. V. L. 2006. Bivalvia, Mytilidae, *Limnoperna fortunei*: distribution extension. **Check list (UNESP)**, 2: 41-43.
- Capítoli, R. R.; Colling, L. A.; Bemvenuti, C. E. 2008. Cenário de distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca - Bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS - Brasil. **Atlântica**, 30: 35-44.
- Cândido, L. T. S.; Romero, S. M. B. 2006. Heart rate and burrowing behavior in the mussel *Anodontites trapesialis* (Bivalvia: Mycetopodidae) from lotic and lentic sites. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 145: 131-136.
- Carlton, J. T.; Geller, J. B. 1993. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. **Science**, 261: 78-82
- Colling, L.; A.; Pinotti, R. M.; Bemvenuti, C. E. 2012. *Limnoperna fortunei* na Bacia da Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim. Cap. 14 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodruguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Darrigran, G. 2002. Potential impacto of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological invasion**, 4: 145-156.

- Darrigran, G. Damborenea, C. 2009. **Introdução a biologia das invasões: O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle.** Ed. Cubo. 245p.
- Darrigran, G.; Drago, I. E. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. **The Nautilus**, 114(2): 69-73.
- Darrigran, G.; Pastorino, G. 1995. The recent introduction of a freshwater asiatic bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. **The Veliger**, 32(2): 171-175.
- Darrigran, G., Martin, S.M., Gullo, B.; Armendáriz, L. 1998. Macroinvertebrates associated with *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in Río de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia**, 367: 223-230.
- Darrigran, G.; Penschaszadeh, P; Damborenea, M. C. 2000. An invasion tale: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) in the Neotropics. International **Aquatic Nuisance Species and Zebra-mussels Conference**, Toronto. Proceedings. 219-224.
- Dukes, J. S; H. A. Mooney. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? **Trends in Ecology and Evolution**, 14: 135–139.
- Elton, C. S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen.
- Fernandes, F. C; Mansur, M. C. D; Pereira, D; Fernandes, L. V. G; Campos, S. C; Danelon, O. M. 2012. Abordagem conceitual dos moluscos invasores nos ecossistemas límnicos brasileiros. Cap 1 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Filippo, R. 2003. Mexilhão dourado nos ecossistemas brasileiros. **Sepronews: Série meio ambiente**, 3: 1-2.
- Garton, D.W.; Haag, W. R. 1991. Heterozygosity, shell length and metabolism in the European mussel, *Dreissena polymorpha*, from a recently established population in Lake Eric. **Comparative Biochemistry and physiology**. 99:45-48
- Gazulha, V. 2012. O impacto de *Limnoperna fortunei* sobre as cianobactérias. 2012. Cap 22 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos**

- invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Iwasaki, K. 1997. Climomg Behaviour and Tolerance to Aerial Exposure of a feshwater Mussel, *Limnoperna fortunei*. **Japanese journal of malacology**, 56(1): 15-25.
- Kappes, H.; Haase, P. 2012. Slow, but steady: dispersal of freshwater mollusks. **Aquatic Science**, 74: 1-14.
- Kapusta, S. C.; Freitas, S. M. F. 2012. *Limnoperna fortunei* na bacia hidrográfica do baixo Rio Jacuí: relações com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Cap. 21 in: in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodruguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Karatayev, A. Y.; Padilla D. K.; Minchin, D.; Boltovskoy D.; Burlakova L. E. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. **Biological Invasions**, 9: 161-180.
- Kobak, J. 2001. Light, gravity and conspecifics as cues to site selection and attachment behavior of juvenile and adult *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771. **Journal of Molluscan Studies**, 67: 183-189.
- Kobak, A.; Potznanska, M. Kakareko, T. 2009. Effect of attachment status and aggregation on the behavior of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. **Journal of Molluscan Studies**, 75: 119-126.
- Kobak, J.; Kakareko, T.; Poznańska, M. 2010. Changes in attachment strength and aggregation of zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the presence of potential fish predators of various species and size. **Hydrobiologia**, 644(1): 195–206.
- Kolar, C. S; Lodge, D. M. 2001. Progress in invasion biology: Predicting invaders. **Trends in Ecology and Evolution**, 16(4), 199–205.
- Langone, J. A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (bivalvia, mytilidae) en Uruguay. **Publicación extra del Museo Nacional de Historia Natural y Antropología** (Montevideo), 1: 1-17.
- Lara, G.; Parada, E. 2009. Substrate selection by the freshwater mussel *Diplodon chilensis* (Gray, 1828): Field and laboratory experiments. **Journal of Molluscan Studies**, 75: 153-57.
- Lockwood, J. L; M. Hoopes; M. P. Marchetti. 2007. **Invasion ecology.** Singapore: Blackwell Publishing. 304 p.

- Lodge, D.M. 1993. Biological invasions: Lessons for ecology Trends in Ecology & Evolution, 8(4).p.133.
- Lopes, M.; Vieira, J. 2012a. Space-time variation of the relative abundance of *Limnoperna fortunei* in deep zones of São Gonçalo Channel, Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**. 102(4): 370-374.
- Lopes, M.; Vieira J. 2012. Predadores potenciais para o controle do mexilhão-dourado. Cap. 39 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodruguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Lopes, R.M; Villac, M.C. 2009. Métodos. In: Lopes, R.M (Org.). Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Brasília: MMA/SBF. 19-28.
- Machado, C.J.S.; Oliveira, A.E.S. 2009. Espécies exóticas invasoras: problema nacional ainda pouco conhecido. **Ciência e Cultura**, 61(1):22-23.
- Mansur, M. C. D.; Richinitti L.M.Z.; Santos C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, Porto Alegre. 7 (2):147-149.
- Mansur, M. C. D.; Santos, C. P.; Darrigran, G.; Heydrich, I.; Callil, C.T.; Cardoso, F.R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20(1): 75-84.
- Mansur, M. C. D.; Callil, C. T.; Cardoso, F. R.; Ibarra, J. A. A. 2004. Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do sudeste asiático, na América do Sul. Cap. 5 In: Silva, J. S. V.; Souza, R. C. C. L. (Orgs.). **Água de Lastro e Bioinvasão**. Rio de Janeiro. Interciências. 224 p.
- Mansur, M. C; Santos, C. P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodruguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. A. 2012. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre. Redes Editora. 412p.
- Morton, B. 1973. Some aspects of the biology and functional morphology of the organs of feeding and digestion of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilidae). **Malacologia**, 12: 265-281.

- Morton, B.S. 1996. The aquatic nuisance species problem: a global perspective and review. Cap 1 In **Zebra mussels and aquatic nuisance species**, Editores F. Dimitri. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan. EUA. 639p.
- Moyle, P. B; Light, T. 1996. Biological invasions of fresh water: Empirical rules and assembly theory. **Biological Conservation**, 78(1-2), 149–161
- Nakano, D.; Kobayashi, T.; Sakaguchi, I. 2010. Predation and depth effects on abundance and size distribution of an invasive bivalve, the golden mussel *Limnoperna fortunei*, in a dam reservoir. **Limnology**, 11: 259-266.
- Nakano, D.; Kobayashi, T.; Endo, N.; Sakaguchi, I. 2011. Growth rate and settlement of *Limnoperna fortunei* a temperate reservoir. **Journal of Molluscan Studies**, 77: 142-148.
- Olsen, M. T.; Lodge, D. M.; Gapelli, G. M.; Houlihan, R.J. 1991. Mechanisms of impact of an introduced crayfish (*Orconectes rusticus*) on littoral congeners, snails, and macrophytes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 48: 1853-1861.
- Orensanz, J. M; Schwindt, E; Pastorino, G; Bortolus, A; Casas, G; Darrigran, G; Elias, R; Gappa, J. J. L; Obenat, L; Pascual, M; Penchaszadeh, P; Piriz, M. L; Scarabino, F; Spivak E. D; Vallarino, E. A. 2002. No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. **Biological Invasion.**, 4: 115-143, 2002.
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martin, S.; Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata. **Neotropica**, 39: 101-102.
- Ricciardi, A. & MacIsaac, H.J. 2000. Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species. *Trends in Ecology & Evolution* 15:62– 65.
- Sala, O.E; Chapin III, F.S; Armesto, J; Berlow, E; Bloomfield, J; Dirzo, R; Huber-Sanwald, E; Huenneke, L.F; Jackson, R.B; Kinzig, A; Leemans, R; Lodge, D.M; Mooney, H.A; Oesterheld, M; Poff, N.L; Sykes, M.T; Walker, B.H; Walker, M; Wall, D.H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science** 287: 1770-1774.
- Santos, C. P.; Würding, 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. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(3): 702-708.
- Santos, C. P.; Mansur, M. C.; Würdig, N. L. 2008. Variações no comprimento dos indivíduos de uma população do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae), ao longo do ano, na Praia do Veludo, Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 25(3): 389-396.
- Schwab, A. N.; Pusch, M. T. 2007. Horizontal and vertical movements of unionid mussels in a lowland river. **Journal North American Benthological Society**, 26(2): 261-272.
- Sylvester, F.; Boltovskoy, D; Catalado, D.H. 2007. Fast response of freshwater consumers to a new trophic resource: predation on the recently introduced asian bivalve *Limnoperna fortunei* in the lower Paraná River, South America. **Austral Ecology**. 32(4): 403-415.
- Simberloff, D. 2001. Eradication of island invasives: practical actions and results achieved. **Trends in Ecology & Evolution**, 16: 273-274.
- Staples, G. W. 2001. The understory of human dimensions in biological invasions. In McNeely, J. A. (editor). **The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 242 p.
- Uryu, Y.; Iwasaky, K.; Hinue, M. 1996. Laboratory experiments on behaviour and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER). **Journal of a Molluscan studies**, 62: 327-341.
- Vieira, J. P; Lopes, M. N. 2013. Size-selective predation of the catfish *Pimelodus pintado* (Siluriformes: Pimelodidae) on the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). **Zoologia**, 30(1): 43-48.
- Vitousek, R. M.; D'Antonio, C.M.; Loope, L. L.; Westbrooks, R. 1996. Biological invasions as global environmental change. **American Scientist**, 84: 468-478.

## CAPÍTULO I

Oito anos (2005-2013) de *Limnoperna fortunei* na porção limnica do canal São Gonçalo, Rio Grande do Sul, Brasil

### Resumo

Este trabalho descreve o processo de invasão biológica do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* na porção limnica do canal São Gonçalo, RS, Brasil (2005 e o presente), e compara a variação temporal (verão de 2009 e verão 2013) da abundância relativa (CPUE=número de ind./arrasto) e tamanho (cm) de *L. fortunei* coletados com uma rede camaroneira de arrasto de fundo atuando entre 2 e 6 m de profundidade. O método de coleta com arrasto de fundo possibilita a captura de um amplo espectro de tamanho (0,3 a 2,8 cm) de *L. fortunei* sob o fundo mole lodoso do canal. Os tamanhos foram significativamente menores ( $p < 0,001$ ) no ano de 2009 (1,3+/- 0,05 cm) quando comparado com 2013 (1,6 +/- 0,07 cm). No verão de 2009 a estrutura de tamanho era composta, em sua grande maioria (94,8%), por indivíduos pequenos vágeis (<1,4 cm), enquanto em 2013 os indivíduos pequenos representavam 52,3%. Embora elevada, a diferença das estimativas de abundância relativa média (CPUE) não foram estatisticamente significantes entre os anos, variando de 11.302,4 (+/-12.240,06) ind./arrasto (FO%=75,0) para o verão de 2009 a 1.280,9 (+/-1.355,38) ind./arrasto (FO%=91,7) para o verão de 2013. Os dados sugerem, para o ano de 2013, uma redução substancial na densidade da espécie, uma presença quase que constante nas amostras, associada a um crescimento individual entre os anos. É possível sugerir que o processo de crescimento populacional do mexilhão-dourado no Canal São Gonçalo encontra-se na fase de “equilíbrio oscilatório” e totalmente dispersa no ambiente de fundo do Canal.

## Introdução

Espécies exóticas invasoras são organismos introduzidos em locais diferentes de sua distribuição original e que se adaptam a esses novos locais causando impactos negativos a fauna e aos ecossistemas (IUCN, 2012).

Dentre os exemplos de bioinvasão nas águas continentais brasileiras, o caso do “mexilhão-dourado” *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Mytilidae), é o mais alarmante (Souza *et al.*, 2009). A espécie é nativa da China e foi introduzida em diversos locais do mundo através da água de lastro dos navios (Darrigran & Pastorino, 1995). O primeiro registro dessa espécie para América do Sul ocorreu em 1991, na Argentina, no Rio da Prata (Pastorino *et al.*, 1993). O clima da região da bacia da prata é semelhante ao do país de origem desta espécie invasora, e parece ter contribuído para sua adaptação (Darrigran *et al.*, 2007). Entre os anos 1991 e 1998 o mexilhão-dourado já estava presente na Argentina, Brasil, Uruguai, Paraguai e Bolívia. Segundo Darrigran & Drago (2000) esta rápida dispersão deve-se provavelmente a suas características morfofuncionais, pela falta de competidores, e também pela ampla utilização para a navegação das vias aquáticas na América do Sul (Karatayev *et al.*, 2007), já que os baços servem como vetores de dispersão dos adultos.

O mexilhão dourado foi detectado pela primeira vez no sistema da Lagoa dos Patos ao sul do lago Guaíba (Figura I-1) em 1998, Rio Grande do Sul, Brasil (Mansur *et al.*, 1999). Após a colonização ocorreu à dispersão meridional de *L. fortunei* para a porção estuarial da Lagoa dos Patos (Figura I-1) e gradativamente invadiu o sul da laguna (Capítoli & Bemvenuti, 2004; Piedras *et al.*, 2007; Bemvenuti & Colling, 2010).

A Lagoa dos Patos se conecta com a Lagoa mirim via um canal natural denominado Canal São Gonçalo. Este canal sofre influência de ambos os corpos de água, podendo correr o fluxo ora em um sentido, ora em outro (Burns *et al.*, 2006a). O Canal São Gonçalo apresenta uma barragem eclusa localizada na extremidade nordeste do Canal, distante 3 km da cidade de Pelotas, e a 20 km da confluência com a Lagoa dos Patos. A Barragem Eclusa do Canal São Gonçalo foi construída a fim de impedir a entrada de água salgada proveniente da região estuarina na Lagoa dos Patos em períodos de forte estiagem (Burns *et al.*, 2006a).

Segundo Capítoli *et al.*, (2008), com a progressiva colonização em direção ao sul, em 2002, exemplares foram registrados no Arroio Pelotas, afluente que desemboca



na porção estuarial do Canal São Gonçalo, e também na própria parte estuarial do Canal São Gonçalo (2001-2003). A chegada do mexilhão-dourado na porção estuarina do Canal São Gonçalo pode ter dado início à expansão de sua distribuição para a Lagoa Mirim (Brugnoli *et al.*, 2005; Capítoli *et al.*, 2008; Colling *et al.*, 2012), rompendo a barreira da Barragem.

O primeiro registro da ocorrência de *L. fortunei* na Lagoa Mirim foi em 2005 (Langone, 2005). No mesmo ano foi observada a presença da espécie na porção limnica do Canal São Gonçalo, a montante da Barragem Eclusa, assim como no banhado do Taim (Burns *et al.*, 2006a; 2006b). Considerando os 8 anos desde a invasão do mexilhão-dourado a porção limnico do Canal São Gonçalo, o presente trabalho tem como objetivo comprar sua abundância relativa para os anos de 2009 e 2013.

## **Material e Métodos**

A forma de captura e a análise do material coletado seguem o descrito em Lopes & Vieira (2012a), sendo utilizados nas comparações os dados de Lopes & Vieira (2012a) para o verão de 2009 (12 de Janeiro), e dados atuais coletados no verão de 2013 (7 de março). A área de estudo compreende parte de porção límnica do Canal São Gonçalo (Fig.I-1) abrangendo desde a Barragem-Eclusa até a confluência com o rio Piratini (ECLUSA; S 31°83' O 52°33'; PIRATINI; S 32°02' O 52°41').

Em cada ano de coleta foram efetuadas 12 amostras de arrasto de fundo, em profundidades entre 3 e 6 m, utilizando-se uma rede de portas (15 kg, cada) com as seguintes características: 10,5 m de abertura (6 kg de chumbo na tralha inferior), 0,8 m de altura e 7,5 m de comprimento com malha de 18 mm nas asas e de 5 mm no saco, arrastada por um barco de madeira (12 m comprimento) equipado com motor de 60 HP. Cada amostra teve a duração de 5 minutos de arrasto (vide Lopes & Vieira, 2012a).

As amostras coletadas em campo foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. Para o verão de 2009 as coletas com mais de 1 kg de mexilhão-dourado foram pesadas a bordo e retiradas três alíquotas de peso conhecido (100g). Nas coletas atuais o quarteamento das amostras foi feito em laboratório. Todas as amostras foram conservadas no freezer ou em álcool 70%.

A estimativa da quantidade total de mexilhões capturados por arrasto segue o método descrito em Lopes & Vieira (2012a), que consiste em obter o número médio de indivíduos das três alíquotas de peso conhecido, e extrapolar para o peso total da

amostra através de uma regra de três. De cada alíquota foram selecionados aleatoriamente até 300 exemplares, e estes exemplares foram medidos quanto ao seu comprimento máximo (distância da extremidade anterior, situada logo abaixo e à frente dos umbos até a extremidade posterior da concha (Mansur *et al.*, 1987)), utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. O total da amostra foi pesado em balança de precisão de 0,01g.

Com base no conceito de Darrigran *et al.*, (1999) os indivíduos acima de 0,5 cm de comprimento foram considerados adultos. No presente estudo indivíduos abaixo de 0,5 cm não foram incluídos nas análises. Baseado nos trabalhos de Uryu *et al.*, (1996), Lopes & Vieira, (2012a) e Vieira & Lopes, (2013) a população adulta foi dividida em dois grupos de tamanhos (indivíduos menores que 1,4 cm foram classificados como pequenos e os maiores que 1,4 cm como grandes).

A abundância relativa de mexilhão-dourado foi estimada pelo CPUE (Captura por Unidade de Esforço) que consiste na razão entre o somatório do número total de indivíduos estimados, divididos pelo esforço de captura (doze arrastos por verão).

Após transformação logarítmica ( $\log_{10}+1$ ) e teste dos pressupostos das condições de normalidade, homogeneidade e variância (Zar, 1999), as diferenças entre a abundância total (CPUE) e o comprimento médio por período de coletas (verão 2009 e verão 2013) foram comparadas pelo teste Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ).

## **Resultados**

Para o verão de 2009 o mexilhão-dourado ocorreu em 75% das 12 amostras de arrasto de fundo, e a estimativa de abundância (CPUE) foi de 11.302,4 (+/-12.240,06) ind./arrasto. Foram coletados neste período um total 135.629 indivíduos. Para o verão de 2013 foram coletados um total 15.361 indivíduos e a estimativa de abundância (CPUE) de *L. fortunei* foi de 1.280,9 (+/-1.355,38) ind./arrasto, com 91,7% das 12 amostras contendo mexilhão-dourado.

Após transformação logarítmica ( $\log_{10}$  CPUE+1) observou-se que os pressupostos das condições de normalidade, homogeneidade e variância dos dados de CPUE não foram atingidos. Mesmo que o CPUE de 2009 (11.302,4 ind./arrasto) tenha sido cerca de 9 vezes maior do que o de 2013 (1.280,9 ind./arrasto), devido a grande variabilidade das amostras, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (KW-H(1;24) = 2.177; p = 0,14) não foi capaz de revelar diferenças estatísticas entre as duas médias (Fig.I-2).

O comprimento total de concha dos espécimes mensurados para o verão de 2009 (n=2462) variou entre 0,6 cm e 2,7 cm. Para o verão de 2013 (n=1271) variou entre 0,6 cm e 2,8 cm (Fig.I-3). A distribuição de tamanho para ambos os anos foi unimodal, com moda na classe de 1,2 e 1,5 cm para os verões de 2009 e 2013, respectivamente (Fig. I-4). Observa-se na figura I-3 que os tamanhos foram significativamente menores (KW-H(1;3705) = 934.6045; p <0,001) no ano de 2009 (1,3+/- 0,05 cm) quando comparado com 2013 (1,6 +/- 0,07 cm). No verão de 2009 a estrutura de tamanho era composta, em sua grande maioria (94,8%), por indivíduos pequenos vágeis (<1,4 cm), enquanto em 2013 os indivíduos pequenos representavam 52,3%.

## **Discussão**

Assim como no rio da Prata, a dispersão do mexilhão-dourado no sistema Patos-Mirim também está relacionada à intensa utilização destas lagoas para a pesca e navegação. Brugnoli *et al.*, (2003), baseado no tráfico de embarcações, sugerem que a entrada do mexilhão-dourado na lagoa Mirim deveria ocorrer via Canal São Gonçalo. Segundo Colling *et al.*, (2012), quando efetuado o primeiro registro da espécie no setor estuarino do Canal São Gonçalo em 2002, o bivalve ainda não havia sido registrado no setor límnic do Canal, na Lagoa Mirim, e nem nos seus tributários superiores (Capítoli *et al.*, 2008). O primeiro registro oficial do mexilhão-dourado na Lagoa Mirim foi em 2005 (Langone, 2005) próximo da estação de tratamento de água de Rio Branco (Uruguai), frente à cidade de Jaguarão (Brasil). Este registro ocorreu no mesmo ano que o mexilhão-dourado foi observado no canal São Gonçalo por Burns *et al.*, (2006b). Este processo de observação esporádica da espécie em baixa densidade populacional caracteriza a fase da chegada da ao ambiente, podendo ser denominada de fase de “repouso ou espera” (Darrigran & Damborenea 2009). Nesta fase, a população se encontra enquadrada dentro do limite da capacidade de carga do ambiente, e o processo de invasão, estabelecimento e crescimento populacional pode ser lento. A transposição da Barragem Eclusa e introdução da espécie no sistema no sistema límnic da Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo provavelmente se deu entre os anos de 2001 e 2002, haja visto que consta no FOLHETO Nº 18 do AVISOS AOS NAVEGANTES (ISSN 0104-3102) NºS 122 a 126 30 de setembro de 2002 que na Lagoa Mirim (carta nº 2200) ocorreu a Manutenção do canal do Sangradouro, efetuada pela Draga Ligia, rebocador Arquiteto e o flutuante Bismark., sendo que este processo de dragagem teria tido início em DEZ/01 e Término de OUT/02. Algumas destas embarcações, senão todos, eram

provenientes de Porto Alegre, e nesta época o mexilhão-dourado já estava presente no Lago Guaíba (Mansur *et al.* 1999). No entanto não se deve descartar o transito de embarcações de pesca e de recreio entre a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim como causa do transporte da espécie. De fato, a cidade de Jaguarão (primeiro registro da espécie no Brasil/Uruguai, para a Lagoa Mirim) está situada próxima a uma colônia de pescadores artesanais (Basaglia, 2008) e, esporadicamente abriga veleiros de recreio vindos de diversos locais (disponível em <[http://pt.mashpedia.com/Lagoa\\_Mirim](http://pt.mashpedia.com/Lagoa_Mirim)> Acessado em: 10 de janeiro de 2014).

Vieira & Lopes (2013), baseados na presença da espécie nos estômagos do pintado (*Pimelodus pintado*: Siluriformes: Pimelodidae) sugerem que o mexilhão-dourado está completamente estabelecido no Canal São Gonçalo. Atualmente o mexilhão-dourado é uma presa importante dos peixes do Canal São Gonçalo (Lopes & Vieira, 2012b; Vieira & Lopes, 2013), mas estava ausente nos conteúdos estomacais do pintado até o inverno de 2005. Monitorando os conteúdos estomacais deste peixe, os autores observaram sua presença na primavera de 2005 (FO= 21%), e três anos depois, na primavera de 2008, o mexilhão-dourado passou a ser o item de maior importância relativa nos estômagos, com cerca de 60% de FO (Vieira & Lopes, 2013).

Lopes & Vieira (2012a) em estudos ecológicos sobre a abundância relativa espacial do mexilhão-dourado no canal São Gonçalo entre os anos de 2008 e 2009 demonstram a expansão desta espécie invasora. Estes autores revelam, para todo o ano de 2008, que o mexilhão-dourado apresenta uma distribuição agregada não uniforme no fundo do canal com abundância relativa média (CPUE) de 9.515,3 ind./arrasto entre fevereiro de 2008 e Janeiro de 2009. Nossos dados revelam que ocorreu um aumento na frequência de ocorrência do mexilhão-dourado nas amostras entre os verões de 2009 (75%) e 2013 (91,7%), no entanto, provavelmente devido a forma de distribuição da espécie, não foi possível detectar diferenças na abundância média. A diminuição de 11.302,4 ind/arrato em janeiro de 2009 para 1.280,9 ind/ arrasto em março de 2013, que corresponde a uma redução de cerca de 90% da abundância, indica que existe uma tendência de diminuição da população.

Embora descrito com metodologia diferente por Mansur *et al.*, (2003) e Santos *et al.*, (2008), este fenômeno já havia sido descrito no lago Guaíba, onde o mexilhão-dourado passou de pequenos aglomerados com poucos indivíduos para população com um pico em torno de 140.000 ind/m<sup>2</sup> no início de 2001 passando por um decréscimo na

abundancia para de 40.000 a 80.000 ind/m<sup>2</sup> no final de 2001 (Mansur *et al.*, 2003), estabilizando se em uma média de 49.032 ind/m<sup>2</sup> (Santos *et al.*, 2008) em 2003.

Segundo Lopes & Vieira (2012a), a densidade média estimada para *L. fortunei* para a região profunda do Canal São Gonçalo variou de 1,2 a 10,3 ind./m<sup>2</sup>, sendo registrada uma densidade máxima de 84,9 ind./m<sup>2</sup> no outono de 2008. O mexilhão-dourado apresenta uma distribuição de forma agregada e não uniforme que está associada à disponibilidade de substratos rígidos (Boltovskoy *et al.*, 2006; Boltovskoy *et al.*, 2009; Lopes & Vieira, 2012a). As populações mais densas, com pouca ou nenhuma mobilidade, são de adultos e ocorrem em substratos duros, ao passo que, em sedimentos mais finos a densidade de mexilhão-dourado é mais irregular. Por exemplo, Karatayev *et al.*, (2010) revela que fundos argilosos geralmente são livres de mexilhões-dourados, exceto os aglomerados associados a alguns artefatos duros presentes no fundo (pedaços de madeira, pedras, garrafas). O fato de a distribuição estar associada à disponibilidade de artefatos dificulta o monitoramento da espécie em ambiente natural, em função da variabilidade de substratos ao qual ela adere e da inaplicabilidade de método tradicionais de amostragem (Mansur *et al.*, 2008). De fato, a falta de substratos duros para a fixação do mexilhão-dourado não limita a sua expansão, mas apenas controla elevadas densidades populacionais.

A metodologia de coleta usando arrastos de fundo, empregados neste trabalho e por Lopes & Vieira (2012a), por varrer uma grande área de amostragem (2100m<sup>2</sup>), não tem a capacidade de detectar precisamente onde estes aglomerados foram coletados. A conjunção entre aglomerados de grande densidade e grandes áreas desertas confere ao método de coleta por rede de arrasto de fundo uma alta variabilidade nas estimativas de densidade (Lopes & Vieira, 2012a). Karatayev *et al.*, (2010), usando transectos de 0,25 m<sup>2</sup> como método de coleta, estimam uma densidade media (ind/m<sup>2</sup>) variando de 0,6 (arenoso-lodoso) a 0,7 (lodoso) para o Rio Tercero, AR. Estas baixas densidades são relativamente inferiores às estimativas de Lopes & Vieira (2012a) para o canal São Gonçalo (1,2 a 10,3 ind./ m<sup>2</sup>), embora o método de Karatayev *et al.*, (2010) seja, aparentemente, mais preciso.

Santos *et al.*, (2008) acompanharam a distribuição de frequência de comprimento da população de *L. fortunei* ao longo do ano de 2003 no Lago Guaíba, e relatam maior abundância de indivíduos com maior comprimento de concha na primavera e no verão. A desova do mexilhão-dourado está associada a temperaturas quentes (Maroñas *et al.*, 2003) e a presença de indivíduos pequenos o ano inteiro é

característica da América do Sul (Cataldo & Boltovskoy, 2000; Boltovskoy *et al.*, 2009; Mansur *et al.*, 2012). O presente trabalho compara dois verões e revela que o tamanho corporal médio da população amostrada foi maior no segundo período entre os anos estudados. Baseados no tempo decorrido (8 anos) desde sua invasão no Canal São Gonçalo (2005), nos picos populacionais observados por Lopes & Vieira (2012) em 2008-2009, na evidencia de uma sensível queda na abundância relativa de mexilhões amostrados entre os verões de 2009 e 2013, e no fato dos indivíduos em 2013 estarem com maior comprimento de concha do que em 2009, é possível sugerir que o processo de crescimento populacional do mexilhão-dourado no Canal São Gonçalo encontra-se na fase descrita por Darrigran & Damborenea (2009) como “equilíbrio oscilatório”, encontrando-se totalmente dispersa no ambiente de fundo do Canal São Gonçalo.

## Referências

- Basaglia, T. P. Lagoa Mirim: Caracterização da Pesca Artesanal e Composição da Captura. 2008. Dissertação (Mestrado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Federal do Rio Grande, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul.
- Bemvenuti C. E.; Colling, L. A. 2010. As comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Cap. 9 In: Seeliger, U.; Odebrecht, C. (editores). **O estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações**. Rio Grande – RS, BR. FURG. 179 p.
- Boltovskoy, D.; Correa, N.; Cataldo, D.; Sylvester, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. **Biological Invasions**, 8: 947-963.
- Boltovskoy, D., Karatayev, A.; Burlakova, L.; Cataldo, D.; Karatayev, V., Sylvester, F.; Mariñelarena, A. 2009. Significant ecosystem-wide effects of the swiftly spreading invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei*. **Hydrobiologia**, 636(1): 271-284.
- Brugnoli, E.; Clemente, J.; Boccardi, L.; Borthagaray, A.; Scarabino F. 2003. Distribución del mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) en las cuencas hidrográficas de Uruguay: situación actual y predicciones. **Actas VII Jornadas de Zoología y I Encuentro de Ecología Uruguay**, Montevideo, Uruguay, 110 p.
- 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: updates and predictions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 77(2): 235-244.
- Burns, M. D.; Garcia, A. M.; Vieira, J. P.; Bemvenuti, M. A.; Motta Marques. D. M. L.; Conдини, V., 2006a. Evidence of fragmentation affecting fish movement between Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 4(1): 69-72.
- Burns, M. D.; Geraldi, R. M.; Garcia, A. M.; Bemvenuti, C. E.; Capítoli, R. R.; Vieira, J.P. 2006b. Primeiro registro de ocorrência do mexilhão dourado *Limnoperna*

- fortunei* na Bacia de drenagem da Lagoa Mirim, RS, Brasil. Notas e Resenhas, **Biociências**, 14(1): 83-83.
- Capítoli, R.; Bemvenuti, C. E. 2004. Distribuição do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) na área estuarina da Lagoa dos Patos e Canal São Gonçalo. Anais do VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. São José dos Campos, SP. **Academia de Ciências do Estado de São Paulo –ACIESP**, 110(1): 98-107.
- Capítoli, R. R.; Colling, L. A.; Bemvenuti, C. E. 2008. Cenário de distribuição do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca - Bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS - Brasil. **Atlântica**, 30: 35-44.
- Cataldo, D. H.; Boltovskoy, D. 2000. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* ( Bivalvia ) as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Parana river and the Rio de la Plata estuary ( Argentina ) **Aquatic Ecology**, 34: 307-317.
- Colling, L.; A.; Pinotti, R. M.; Bemvenuti, C. E. 2012. *Limnoperna fortunei* na Bacia da Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim. Cap. 14 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Darrigran, G.; Pastorino, G. 1995. The recent introduction of a freshwater asiatic bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. **The Veliger**, 32(2): 171-175.
- Darrigran, G. Damborenea, C. 2009. **Introdução a biologia das invasões: O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle**. Ed. Cubo. 245p.
- Darrigran, G.; Drago, I. E. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. **The Nautilus**, 114(2): 69-73.
- Darrigran, G.; Penchaszadeh P.; Damborenea, M. C. 1999. The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker,1857) (Mytilidae) from a neotropical temperate locality. **Journal of Shellfish Research**, 8(2): 361-365.
- Darrigran, G.; Damborenea, C.; Greco, N. 2007. An evaluation pattern for antimacrofouling procedures: *Limnoperna fortunei* larvae study in a hydroelectric power plant in South America. **Ambio**, 36(7): 575-9.



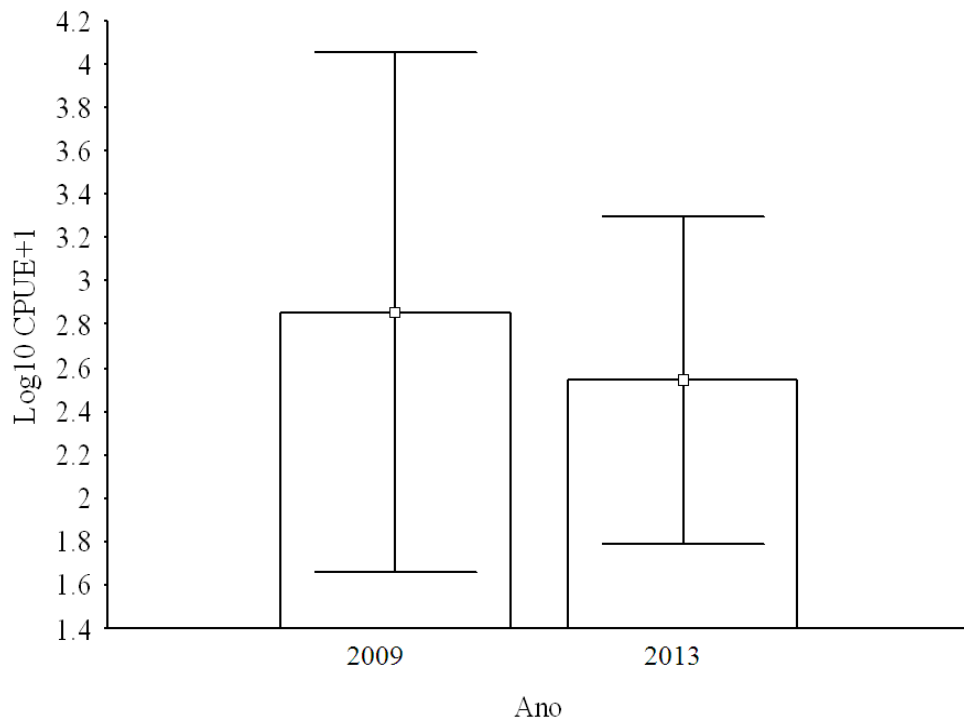
- Karatayev, A. Y.; Padilla D. K.; Minchin, D.; Boltovskoy, D.; Burlakova L. E. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. **Biological Invasions**, 9: 161-180.
- Karatayev, A. Y.; Burlakova, L. E.; Karatayev, V. A. 2010. *Limnoperna fortunei* Versus *Dreissena polymorpha*: Population Densities and Benthic Community Impacts of Two Invasive Freshwater Bivalves. **Journal of Shellfish Research**, 29(4): 975-984.
- Langone, J. A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (bivalvia, mytilidae) en Uruguay. **Publicación extra del Museo Nacional de Historia Natural y Antropología** (Montevideo), 1: 1-17.
- Lopes, M.; Vieira, J. 2012a. Space-time variation of the relative abundance of *Limnoperna fortunei* in deep zones of São Gonçalo Channel, Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, 102(4): 370-374.
- Lopes, M.; Vieira J. 2012b. Predadores potenciais para o controle do mexilhão-dourado. Cap. 39 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Mansur, M. C. D.; Schulz, C.; Garces, L. M. M. P. 1987. Moluscos bivalves de água doce: Identificação dos gêneros do sul e leste do Brasil. **Acta Biológica Leopoldencia**, 9(2): 181-202.
- Mansur, M. C. D.; Richinitti, L. M. Z.; Santos, C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, 7(2): 147-149.
- Mansur, M. C. D.; Santos, C. P.; Darrigran, G.; Heydrich, I.; Callil, C.T.; Cardoso, F.R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20(1): 75-84.
- Mansur, M. C.; Fegueiró, H.; Santos, C. P.; Glock, L.; Bergonci, P. E. A.; Pereira, D. 2008. Variação espacial do comprimento e do peso úmido total de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no delta do rio Jacuí e lago Guaíba (RS, Brasil). **Biotemas**, 21(4): 49-54.

- Mansur, M. C.; Santos, C. P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T.; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. A. 2012. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre. Redes Editora, 412 p.
- Maroñas, M. E.; Darrigran, G. A.; Sendra, E. D.; Breckon, G. 2003. Shell growth of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Rio de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia**, 495: 41-45.
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martin, S.; Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata. **Neotropica**, 39: 101-102.
- Piedras, S. R.; Bager, A.; Corrêa, F. 2007. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) durante um período de salinização do baixo Arroio Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Pesca**, 33(1): 121-125.
- Santos, C. P.; Mansur, M. C.; Würdig, N. L. 2008. Variações no comprimento dos indivíduos de uma população do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae), ao longo do ano, na Praia do Veludo, Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 25(3): 389-396.
- Souza, R. C. C. L.; Calazans, S. H.; Silva, E. P. 2009. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Ciência & Cultura**, 61(1): 35-41.
- Uryu, Y.; Iwasaky, K.; Hinue, M. 1996. Laboratory experiments on behaviour and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER). **Journal of a Molluscan studies**, 62: 327-341.
- Vieira, J. P.; Lopes, M. N. 2013. Size-selective predation of the catfish *Pimelodus pintado* (Siluriformes: Pimelodidae) on the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). **Zoologia**, 30(1): 43-48.
- Zar, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall, New Jersey, USA, 662p.

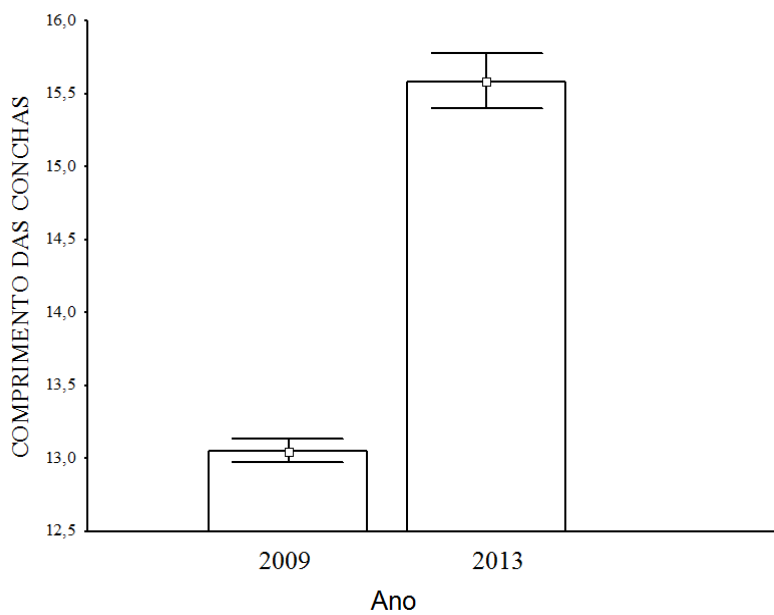
## FIGURAS



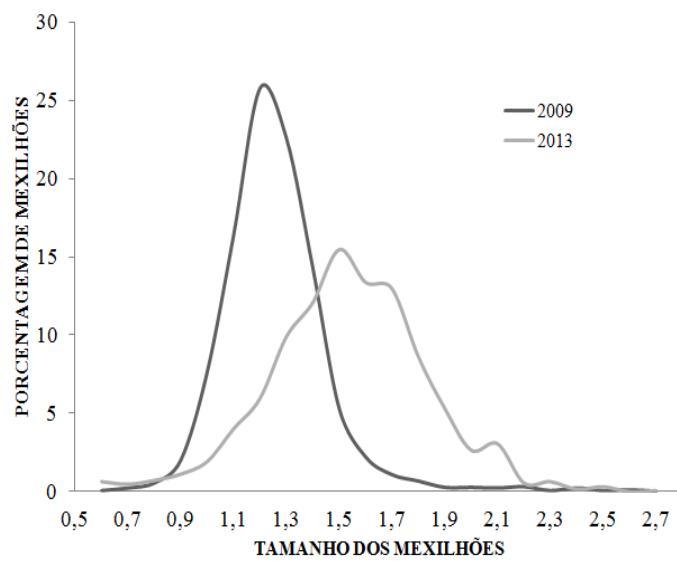
**FIGURA I-1:** Lagoa Mirim (Bacia de drenagem), Lagoa dos Patos e Canal São Gonçalo que conecta as duas lagoas. Pontos de coleta no Canal São Gonçalo entre a barragem eclusa e a confluência com o Rio Piratini.



**FIGURA I-2:** Variação média da CPUE (Captura por Unidade de Esforço) e intervalo de confiança (95%) de *Limnoperna fortunei* para os verões de 2009 e 2013 no Canal São Gonçalo, RS, Brasil. N= 12 amostras por estação do ano.



**FIGURA I-3:** Variação média do comprimento e intervalo de confiança (95%) das conchas de *Limnoperna fortunei* para o verão de 2009 e verão de 2013 no Canal São Gonçalo, RS, Brasil. N-2009= 2462; N-2013= 1243.



**FIGURA I-4:** Distribuição percentual de tamanho (classes 0,1 cm) de *Limnoperna fortunei* para o verão de 2009 (linha preta) e verão de 2013 (linha cinza) 2013, no Canal São Gonçalo, RS, Brasil.

## CAPÍTULO II

Ritmo circadiano do comportamento de arrasto do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* em laboratório.

### Resumo

*Limnoperna fortunei* é uma espécie com grande potencial invasivo. Indivíduos jovens e adultos possuem habilidade de deslocamento, podendo destacar-se do substrato e aderir em novos locais. Sendo uma espécie que pode causar prejuízos econômicos e ambientais, conhecer o seu comportamento de taxia é um dos requisitos fundamentais para seu controle. Os objetivos deste trabalho foram: descrever o padrão circadiano de deslocamento e avaliar a tigmotaxia, (preferência por ângulos) do mexilhão-dourado em laboratório. Os mexilhões foram separados em dois grupos de tamanho: pequenos (<15 mm) e grandes ( $\geq 15$  mm). Os mexilhões pequenos e grandes apresentaram um padrão semelhante na atividade ao longo do dia, porém os mexilhões pequenos desenvolvem percurso cerca de 4 vezes maior que os grandes. Dos 31 mexilhões observados, 14 indivíduos (45%) atingiram os cantos da caixa pelo menos uma vez, nove (64%) permaneceram nos cantos até o final dos experimentos. A duração dos experimentos (22 h) não permite concluir se os indivíduos vageis retornam ao movimento em um período superior a um dia, mas existem fortes indícios que pode haver retorno da atividade, sendo que mexilhões sésseis podem apresentar um comportamento semelhante a mexilhões vageis quando libertos do substrato. Mexilhões-dourados apresentam tigmotaxia, mas existem indícios que não é 100% efetiva. A preferência por ângulos aumenta as chances de sobrevivência, pois locais angulares no ambiente são mais abrigados da predação, movimento d'água e dessecação, no entanto indivíduos pequenos que se movem provavelmente estão mais sujeitos a serem predados que os fixos.

## Introdução

*Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) popularmente conhecido como mexilhão-dourado é um bivalve da família Mytilidae originário dos rios e riachos do sudeste asiático (Ricciardi, 1998). Pastorino *et al.*, (1993) registraram pela primeira vez esta espécie na América do Sul no Rio da Prata, próximo a Buenos Aires, Argentina, em 1991, onde foi provavelmente introduzida através de água de lastro de navios. Após dez anos do primeiro registro do mexilhão-dourado no Rio da Prata, houve um avanço de 250 Km/ano e 3000 Km em dez anos em sua distribuição rio acima ao longo da bacia (Darrigran & Drago, 2000; Darrigran, 2002; Karatayev *et al.*, 2007). Esta rápida dispersão pode estar associada a incrustação dos mexilhões nos barcos e a ampla utilização destas vias aquáticas para a navegação. Já no rio Uruguai com reduzido tráfego de barcos, o mexilhão-dourado dispersou cerca de 25 Km/ano rio a cima (Karatayev *et al.*, 2007).

Estudos pioneiros sobre a presença de *L. fortunei* no Sistema Patos – Mirim evidenciam o início de sua invasão e distribuição a partir do Lago Guaíba em 1998 (Mansur *et al.*, 1999). A partir destes primeiros registros a espécie foi reportada mais ao sul na Lagoa dos Patos (Mansur *et al.*, 2003; Capítoli *et al.*, 2008), atingindo a região estuarina de Pelotas do Canal São Gonçalo (Piedras *et al.*, 2007), podendo assim ter dado início à expansão de sua distribuição no segundo maior corpo lagunar costeiro do Rio Grande do Sul e Uruguai, a Lagoa Mirim (Brugnoli *et al.*, 2005; Capítoli *et al.*, 2008; Langone, 2005; Burns *et al.*, 2006; Colling *et al.*, 2012; Lopes & Vieira, 2012a; Capítulo I).

Indivíduos jovens e adultos de *L. fortunei* possuem considerável habilidade de deslocamento após o manuseio podem restabelecer em novos locais, sendo que e os mexilhões pequenos podem mover-se por maiores distâncias quando comparados com os mexilhões grandes (Uryu *et al.*, 1996). Embora este comportamento possa sugerir uma estratégia para a minimização da pressão de predação, a disponibilidade de indivíduos jovens vágeis junto ao fundo dos corpos de água, parece favorecer a predação pelos peixes (Lopes & Vieira 2012b; Vieira & Lopes, 2013).

Sendo o mexilhão-dourado uma espécie invasora que causa grandes prejuízos econômicos e ambientais, conhecer o seu comportamento é um dos requisitos fundamentais para seu efetivo controle, e para evitar prejuízos ambientais (Filippo, 2003). Neste sentido, estudos experimentais são essenciais para conhecer o padrão



ontogenético de taxa do mexilhão-dourado e quais fatores ambientais afetam o seu poder de assentamento (Morton, 1982).

Entender os mecanismos de dispersão de espécies invasoras é crucial para evitar futuras infestações em locais não invadidos. O fato de *L. fortunei* ter invadido diversos ambientes mostra sua enorme versatilidade, oferecendo uma oportunidade única para estudar o comportamento de uma espécie invasora altamente agressiva (Darrigran & Damborenea, 2006; Karatayev *et al.*, 2010; Mansur *et al.*, 2012). Devido a pouca compreensão do padrão de movimento do mexilhão-dourado, os resultados deste estudo devem fornecer informações a respeito do padrão de taxa do mexilhão-dourado ao longo do dia. O objetivo deste estudo é analisar, através de experimentos laboratoriais, o padrão de taxa de diferentes classes de tamanho do mexilhão-dourado (<1,5 cm CT; >= 1,5 cm CT). De acordo com os estudos realizados por Uryu *et al.*, (1996) os mexilhões pequenos (< 15mm) movem-se por maiores distâncias que os mexilhões grandes (>= 15mm), no entanto se desconhece o ritmo circadiano desta atividade (dia e noite). O objetivo deste trabalho foi determinar o padrão de movimento circadiano do mexilhão-dourado em laboratório.

## **Material e Métodos**

### **Área de coleta de organismos:**

Para desenvolvimento do experimento os estoques de mexilhões-dourados foram renovados mensalmente através de coletas no Canal São Gonçalo, RS, Brasil (S 31°49'85"; O 52°23'32"). Para obtenção dos mexilhões-dourados as margens do canal foram percorridas a procura de vegetação aquática. Foram coletados indivíduos aderidos a vegetação e transportados em recipientes plásticos com água do local e trazidos ao Laboratório do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande, permanecendo aderidos ao substrato e mantidos na mesma água do ambiente. No laboratório os organismos foram acondicionados em aquários com água do ambiente, aerada, em sala com temperatura controlada (20° C). Os mexilhões-dourados foram alimentados em intervalos de dois a três dias com um composto concentrado de microalgas. Após um mês de permanência dos organismos em laboratório, tendo sido utilizados ou não para os experimentos, os organismos foram eutanasiados através a adição de hipoclorito de sódio em altas concentrações na água para eliminação de larvas e adultos de mexilhões-dourados e posterior descarte.

Para os experimentos foram selecionados aleatoriamente indivíduos menores que 22 cm CT, aderidos ao substrato através do bisso e que apresentavam atividade de filtração. Os organismos que não possuíam bisso, ou que apresentam suas conchas abertas sem atividade filtrante não foram selecionados.

O comprimento maior da concha dos mexilhões-dourados foi medido com um paquímetro digital (CT mm). Os indivíduos foram separados em dois grupos de tamanho, pequenos (<15 mm CT) e grandes ( $\geq$ 15 mm CT). Cada indivíduo foi utilizado apenas uma vez nos experimentos. Os experimentos de deslocamento foram realizados com duração máxima de 22 horas e os mexilhões-dourados não foram alimentados nas 22 horas de experimento. A água utilizada nos experimentos foi coletada do sistema de abastecimento público do município de Rio Grande, aerada por pelo menos 96 horas antes dos experimentos para eliminação do cloro.

### **Experimento sobre a taxia**

Os experimentos foram individuais, com os indivíduos colocados no centro de uma caixa plástica (dimensões interna de 34 cm de altura, 32 cm de largura e 65,5 cm de comprimento) com fundo quadriculado de 1 cm para posterior contagem da distância percorrida. A altura da coluna da água foi de três centímetros para deslocamento ocorrer na horizontal e posteriormente efetuar a contagem da distância percorrida. Foi utilizada uma câmera filmadora da marca Sony, modelo DCR-SR68 para gravar o deslocamento ao longo de 22 horas. Para observar possíveis alterações comportamentais no ritmo circadiano, os experimentos foram iniciados em dois períodos distintos: 1) Início às 9 horas, com o período de luz clara das 9 às 18 horas e luz vermelha [gravação sob luminosidade reduzida das 18 às 07 horas, denominados experimentos claro-escuro (C-E)]; 2) Início às 19 horas com luz vermelha até às 8 horas e com luz clara das 8 às 17 horas, denominados experimentos escuro-claro (E-C).

### **Análise dos dados**

A soma de percurso (Pc) foi definida como a soma dos percursos individuais durante o experimento. As horas de atividade (Ha) foi definida com a soma do número de horas em que foi desenvolvido o percurso. A velocidade média (V) foi definida como a soma do percurso individual dividido pelas horas de atividade. Para observar as diferenças estatísticas entre Pc, V e Ha entre mexilhões-dourados pequenos (P) e grandes (G), nos diferentes experimentos, com início no claro e término no escuro (C-E)

e experimentos com início no escuro e término no claro (E-C), foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de duas vias (experimento x tamanho), seguida do teste de Tukey. Para verificar a influência do tamanho individual dos mexilhões-dourados (CT) na soma de percurso (Pc) foi realizada análise de regressão simples (software R) considerando todos os mexilhões-dourados dos experimentos. Mexilhões-dourados considerados mortos ou sem movimento aparente nas 22 horas do experimento não foram analisados.

## **Resultados**

### **Comparação dos Experimentos E-C e C-E**

Observa-se nas tabelas II-1, II-2, e II-3 que não houve interação entre os fatores experimentos (C-E e E-C) e grupos de tamanho (pequenos-P e Grandes-G) para as variáveis soma de percurso (Pc), velocidade média (V) e horas de atividade (Ha).

Para a variável Pc não foi observada interação entre as variáveis períodos de experimentos e tamanho, assim como não foi observada diferença significativa entre os períodos de experimentos (C-E e E-C), sendo que os mexilhões-dourados pequenos apresentam média de Pc (Pc Pequeno=109 cm +/- Dp 65) significativamente ( $p < 0,001$ ) maior que os grandes (Pc Grande=24 cm +/- Dp 26) (tabela II-1). O mesmo padrão foi observado para V, não apresentando interação nem diferenças significativas entre os períodos de experimentos, e os indivíduos pequenos (V Pequeno=23 cm/h +/-Dp 9,3) apresentando média de V significativamente maior ( $p < 0,001$ ) que os grandes (V Grande=5,3 cm/h +/-Dp 4,8) (tabela II-2). Não foram observadas interações entre período e tamanho, nem diferenças significativas entre as médias de Ha para os diferentes experimentos e os grupos de tamanho (tabela II-3).

Observa-se na figura II-1 que o tamanho do mexilhão-dourado influencia na distância percorrida quando considerados todos os mexilhões ( $R^2=0,62$ ;  $p < 0,001$ ), isto é, quanto menor o tamanho da concha dos mexilhões-dourados, maior foi a distância percorrida. A máxima distância percorrida por um indivíduo de 7,44 mm CT, foi de 285 centímetros ao longo de 10 horas, atingindo até 60 cm em 1 hora.

### **Descrição dos Experimentos**

Considerando que não foram observadas diferenças entre os períodos de experimentos (C-E e E-C) descreve-se nas tabelas II-4, II-5, II-6 e II-7 o padrão da atividade nos experimentos dentro dos grupos de tamanho (P e G, respectivamente).

Foram utilizados 14 mexilhões-dourados pequenos (<15 mm CT) e 17 grandes (>= 15 mm CT). Observa-se nas tabelas II-4, II-5, II-6 e II-7 que, independente da classe de tamanho (P e G) os mexilhões-dourados são mais ativos nos períodos iniciais dos experimentos, com cerca de 80% dos indivíduos ativos nas primeiras oito horas de experimento, e que esta atividade é menor do que 22 horas (tempo de duração do experimento). Os picos de atividades foram mais cedo para os pequenos, quando comparados com os grandes. Os mexilhões-dourados pequenos permanecem mais tempo em atividade que os mexilhões-dourados grandes, sendo que na 18ª hora todos os indivíduos grandes estavam inativos, enquanto que os mexilhões-dourados pequenos ficaram inativos apenas na 20ª hora.

Foi observado que cerca de 7% dos mexilhões-dourados pequenos iniciam suas atividades na 1ª hora, passando para 35% na 2ª hora, e atingindo o clímax (70%) na 6ª hora. A partir daí observa-se uma diminuição gradual na frequência da atividade, sendo que na 20ª hora todos os indivíduos estavam inativos. Um dos mexilhões-dourados grandes não se deslocou. Dentre os demais (N=16) observa-se 23% de atividade na 1ª hora, oscilando entre as 2ª e 7ª horas, atingindo o clímax 41% na 8ª e 9ª hora.

### **Ângulos**

Observa-se na Figura II-2 que, após serem colocados no centro das caixas (32 cm de largura por 65,5 cm de comprimento) dos 31 mexilhões-dourados observados, independente do experimento (C-E e E-C), 14 indivíduos (45%) atingiram os cantos da caixa pelo menos uma vez. Destes 14 indivíduos, nove (64%) permaneceram nos cantos até o final dos experimentos. Destes 14 indivíduos: cinco tocaram o canto uma vez, e quatro deles permaneceram no canto; quatro mexilhões-dourados tocaram duas vezes o canto e dois permaneceram no canto; dois mexilhões-dourados tocaram três vezes e permaneceram no canto; ao passo que dois mexilhões-dourados tocaram quatro vezes e um permaneceu no canto; um mexilhão-dourado tocou oito vezes e nunca permaneceu no canto.

### **Padrão de Movimentos**

Dos 31 mexilhões-dourados observados, um indivíduo não apresentou movimento considerável (inferior a 1 cm). O percurso mínimo percorrido que permitiu a observação de um padrão de movimento foi de 58 cm. Quatorze indivíduos desenvolveram percurso entre 1 e 44 cm, sem apresentarem um padrão de movimento

observável. Apenas três indivíduos, entre os que percorreram distâncias superiores a 58 cm. Treze indivíduos (dois grandes e onze pequenos) apresentaram movimento de forma circular como o representado na figura II-3, sendo que entre estes 11 andaram em sentido anti-horário e dois em sentido horário.

## **Discussão**

O estudo sobre o comportamento de arrasto de mexilhões jovens e adultos sésseis é um fenômeno subestimado e merece maior consideração. Os resultados do presente trabalho permitem melhor entender os diversos meios de dispersão dos mexilhões (Toomey *et al.*, 2002).

Assim como em Uryu *et al.*, (1996) nossos resultados revelam que mexilhões-dourados grandes ( $\geq 15$  mm CT), assim como os pequenos ( $< 15$  mm CT), demonstram considerável habilidade de locomover-se. Estes indivíduos são capazes de se restabelecer em novos locais após o manuseio. No entanto, em nossos experimentos não foram observadas diferenças na atividade de arrasto nos experimentos iniciados no dia e na noite, ou seja, logo após uma perturbação os mexilhões-dourados apresentam atividade de arrasto semelhante no dia ou na noite, não ocorrendo diferença no ritmo circadiano.

Nossos dados revelam que independentemente do tamanho os mexilhões-dourados apresentaram padrão de atividade similar ao longo do dia, com cerca de 80% de atividade/locomoção nas primeiras oito horas de experimento. A duração dos nossos experimentos (22 h) não nos permite concluir se os indivíduos retornam ao movimento em um ciclo diário. No entanto, sabe-se que mexilhões-dourados frequentemente são desalojados por uma variedade de distúrbios físicos (Iwasaki, 1997), e indivíduos jovens e adultos podem mover longas distâncias e restabelecer em novos locais após perturbações (Uryu *et al.*, 1996).

Atividade de locomoção superior a 24 horas foi registrada em *Dreissena polymorpha*. Após seis dias de fixação pelo bisso indivíduos de *D. polymorpha*, foram submetidos a um gradiente de luz, desprenderam o bisso e locomoveram para novas áreas (Kobak *et al.*, 2009). No entanto, é clara a diferenciação entre mexilhões-dourados pequenos e grandes na habilidade de movimentação. Provavelmente devido a maior mobilidade e disponibilidade, mexilhões-dourados pequenos são encontrados mais frequentemente que os grandes nos conteúdos estomacais de peixes (Lopes & Vieira, 2012b; Vieira & Lopes, 2013), e estes dados corroboram a hipótese de que indivíduos

menores que 14-15 mm CT são mais vageis e conseqüentemente mais propensos a predação do que mexilhões grandes e sésseis.

A luz influencia a direção do movimento e, conseqüentemente, na a direção da dispersão dos mexilhões (Uryu *et al.*, 1996;. Toomey *et al.*, 2002,.. Kobak *et al.*, 2009). No entanto, não foram observadas diferenças na distância e velocidade do movimento entre os experimentos que começaram em situação clara ou escura. Sendo assim, é plausível supor que o período do dia não influencia no padrão de atividade ou na distância percorrida pelos mexilhões após a fase platígrada.

Mexilhões apresentam preferência por ângulos (tigmotaxia) para sua fixação (Morton, 1960; Kennedy, 1984; Uryu *et al.*, 1996;. Toomey *et al.*, 2002;. Kobak, 2005). Uryu *et al.*, (1996) descrevem uma tigmotaxia pronunciada para o mexilhão-dourado. Em nossos experimentos foi observado que dos 14 indivíduos que atingiram os cantos das caixas, nove (64%) mantiveram-se nos cantos após uma ou diversas tentativas. Nossos resultados sugerem que mexilhões-dourados apresentam tigmotaxia, mas existem indícios que está taxia não é 100% efetiva, pois cerca de 50% dos indivíduos que atingiram os cantos não permaneceram nos mesmos.

A preferência por ângulos aumenta as chances de sobrevivência, pois locais angulares no ambiente são mais abrigados da predação, movimento d'água e dessecação (Morton, 1960; Kennedy, 1984; Toomey *et al.*, 2002; Kobak, 2005). É provável que o mexilhão-dourado possa retornar a movimentar-se e procurar outros cantos/locais em um período superior aos nossos experimentos. Pequenos mexilhões podem se desprender e buscar novos locais com menor competição por recurso (Jager *et al.*, 2008), o que aumenta as chances de sobrevivência (Uryu *et al.*, 1996).

## Referências

- 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: updates and predictions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 77(2): 235-244.
- Burns, M. D. M.; Garcia, A. M.; Bemvenuti, M. A.; Vieira, J. P.; Marques, D. M. L. M.; Moresco, A.; Conдини, M. V. L. 2006. Bivalvia, Mytilidae, *Limnoperna fortunei*: distribution extension. **Check list** (UNESP), 2: 41-43.
- Capítoli, R. R.; Colling, L. A.; Bemvenuti, C. E. 2008. Cenário de distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca - Bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS - Brasil. **Atlântica**, 30: 35-44.
- Colling, L.; A.; Pinotti, R. M.; Bemvenuti, C. E. 2012. *Limnoperna fortunei* na Bacia da Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim. Cap. 14 in: Mansur, M. C; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodruguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Darrigran, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological invasion**, 4: 145-156.
- Darrigran, G.; Drago, I. E. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. **The Nautilus**, 114(2): 69-73.
- Darrigran, G. & Damboronea, C. 2006. Bio-invasión del mejillón dorado en El continente americano. 1<sup>a</sup> editora La Plata : Univ. Nacional de La Plata. 226 p.
- Filippo, R. 2003. Mexilhão dourado nos ecossistemas brasileiros. **Sepronews: Série meio ambiente**, 3: 1-2.
- Iwasaki, K. 1997. Climomg Behaviour and Tolerance to Aerial Exposure of a feshwater Mussel, *Limnoperna fortunei*. **Japanese journal of malacology**, 56(1): 15-25.
- Jager, M.; Weissing, F. J.; Herman, P. M. J.; Nolet, B. A.; Koppel, J. V. 2011. Lévy Walks Evolve Through Interaction Between Movement and Environmental Complexity (Supporting Online Material). **Science**. 332: 1551-1553.

- Karatayev, A. Y.; Padilla D. K.; Minchin, D.; Boltovskoy, D.; Burlakova L. E. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. **Biological Invasions**, 9: 161-180.
- Karatayev, A. Y.; Burlakova, L. E.; Karatayev, V. A. 2010. *Limnoperna fortunei* Versus *Dreissena polymorpha*: Population Densities and Benthic Community Impacts of Two Invasive Freshwater Bivalves. **Journal of Shellfish Research**, 29(4): 975-984.
- Kennedy, V. S. 1984. Crawling and clustering behaviour of 3 species of intertidal mussels in New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, 18(4): 417-423.
- Kobak, J. 2005. Recruitment and Distribution of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) on Substrates of Different Shape and Orientation. **International Review of Hidrobiology**, 90(2): 159-170.
- Kobak, A.; Potznanska, M. Kakareko, T. 2009. Effect of attachment status and aggregation on the behavior of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. **Journal of Molluscan Studies**, 75: 119-126.
- Langone, J. A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (bivalvia, mytilidae) en Uruguay. **Publicación extra del Museo Nacional de Historia Natural y Antropología** (Montevideo), 1: 1-17.
- Lopes, M.; Vieira, J. 2012a. Space-time variation of the relative abundance of *Limnoperna fortunei* in deep zones of São Gonçalo Channel, Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**. 102(4): 370-374.
- Lopes, M.; Vieira J. 2012b. Predadores potenciais para o controle do mexilhão-dourado.. Cap. 39 in: Mansur, M. C.; Santos, C.P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. 412 p.
- Mansur, M. C. D.; Richinitti, L. M. Z.; Santos, C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, 7(2): 147-149.
- Mansur, M. C. D.; Santos, C. P.; Darrigran, G.; Heydrich, I.; Callil, C.T.; Cardoso, F.R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos



- Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20(1): 75-84.
- Mansur, M. C.; Santos, C. P.; Pereira, D.; Paz, I. C. P.; Zurita, M. L.; D.; Raya Rodriguez, M. T; Nerhke, M. V.; Bergonci, P. A. 2012. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre. Redes Editora. 412p.
- Morton, J. E. 1960. The responses and orientation of the bivalve *Lasaea rubra montagu*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 9: 5-26.
- Morton, B. 1982. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. **Malacologia**, 16(1): 165-182.
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martin, S.; Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata. **Neotropica**, 39: 101-102.
- Piedras, S. R. N.; Bager, A.; Corrêa, F. 2007. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) durante um período de salinização do baixo arroio Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Pesca**, 33(1): 121-125.
- Ricciardi, A. 1998. Global range expansion of the asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems. **Biofouling**, 13(2): 97-106.
- Toomey, M. B.; McCabe, D.; Marsden, J. E. 2002. Factors affecting the movement of adult zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). **Journal of North American Benthological Society**, 21(3): 468-475.
- Uryu, Y.; Iwasaky, K.; Hinue, M. 1996. Laboratory experiments on behaviour and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER) **Journal of a Molluscan studies**, 62: 327-341.
- Vieira, J. P.; Lopes, M. N. 2013. Size-selective predation of the catfish *Pimelodus pintado* (Siluriformes: Pimelodidae) on the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). **Zoologia**, 30(1): 43-48.

**TABELA II-1: Tabela da Análise de variância (ANOVA) do percurso:** QM=Quadrados médios, GL=graus de liberdade, SQ=soma dos quadrados, F=variância entre os grupos, p=probabilidade de a hipótese nula ser verdadeira. Variável dependente = Percurso. Variáveis independentes: Tamanho (mexilhões-dourados grandes (> 1,5 mm) e pequenos (<= 1,5 mm)) e Período C=claro e E= escuro.

PERCURSO	QM	GL	SQ	F	P
TAMANHO	3,956	1	3,956	18,47	0,000*
PERÍODO (C-E*E-C)	0,05	1	0,05	0,23	0,634
TAMANHO*PERÍODO	0,393	1	0,393	1,83	0,187

**Tabela II-2: Tabela da Análise de variância (ANOVA) da velocidade.** QM=Quadrados médios, GL=graus de liberdade, SQ=soma dos quadrados, F=variância entre os grupos, p=probabilidade de a hipótese nula ser verdadeira. Variável dependente = velocidade. Variáveis independentes: Tamanho (mexilhões-dourados grandes (> 1,5 mm) e pequenos (<= 1,5 mm)) e Período C=claro e E= escuro.

VELOC	QM	GL	SQ	F	P
TAMANHO	1,733	1	1,733	20,71	0,000*
PERIODO (C-E*E-C)	0,019	1	0,019	0,23	0,637
TAMANHO*PERIODO	0,351	1	0,351	4,19	0,051

**Tabela II-3: Tabela da Análise de variância (ANOVA) das Horas de atividade.**

QM=Quadrados médios, GL=graus de liberdade, SQ=soma dos quadrados, F=variância entre os grupos, p=probabilidade de a hipótese nula ser verdadeira. Variável dependente = horas de atividade. Variáveis independentes: Tamanho (mexilhões-dourados grandes (> 1,5 mm) e pequenos (<= 1,5 mm)) e Período C=claro e E= escuro.

HORA ATIV	QM	GL	SQ	F	P
TAMANHO	0,174	1	0,174	3.533	0,07
PERÍODO (C-E*E-C)	0,068	1	0,068	1.381	0,25
TAMANHO*PERÍODO	0,009	1	0,009	0,174	0,68

**TABELA II-4: Padrão de atividade por hora do mexilhões-dourados pequenos (< 15 mm) experimento C-E.** Tamanho dos mexilhões em mm. HR=horas do dia. HS = hora sequenciais de experimento. Cada letra representa um indivíduo. Soma (soma da distância percorrida em centímetros por todos os mexilhões na hora); Ativ% (frequência de mexilhões ativos em %); Ha (horas de atividades); Pc (Soma de percurso); V (velocidade média).

		MEXILHÕES PEQUENOS DIA												
TAMANHO		11	9,7	14,4	13,8	11,7	11,5	10	14,3	10,4	12,9			
HR	HS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	soma	Ativ%	
CLARO	10:00	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	10	
	11:00	2	24	33	1	4	26	0	0	0	0	88	50	
	12:00	3	35	54	0	28	23	0	0	0	0	140	40	
	13:00	4	19	13	5	27	41	12	0	0	0	117	60	
	14:00	5	23	0	45	11	11	40	6	8	0	144	70	
	15:00	6	9	0	14	10	0	32	48	33	19	165	70	
	16:00	7	0	0	0	0	0	22	48	28	40	138	40	
	17:00	8	0	0	0	0	0	15	23	11	41	90	40	
ESCURO	18:00	9	0	0	0	0	0	16	0	0	41	57	20	
	19:00	10	0	0	0	0	0	0	0	0	24	64	20	
	20:00	11	0	0	0	0	0	0	0	0	23	56	20	
	21:00	12	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	10	
	22:00	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	23:00	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	00:00	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	01:00	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	02:00	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	03:00	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04:00	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
05:00	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
06:00	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
07:00	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HA		6	3	4	5	4	6	4	4	7	2			
Pc		122	100	65	80	101	137	125	80	193	73			
V		20,3	33,3	16,3	16,0	25,3	22,8	31,3	20,0	27,6	36,5			

**TABELA II-5: Padrão de atividade por hora dos mexilhões-dourados pequenos (< 15 mm) experimento E-C.** Tamanho dos mexilhões em mm. HR=horas do dia. HS = hora sequenciais de experimento. Cada letra representa um indivíduo. Soma (soma da distância percorrida em centímetros por todos os mexilhões na hora); Ativ% (frequência de mexilhões ativos em %); Ha (horas de atividades); Pc (Soma de percurso); V (velocidade média).

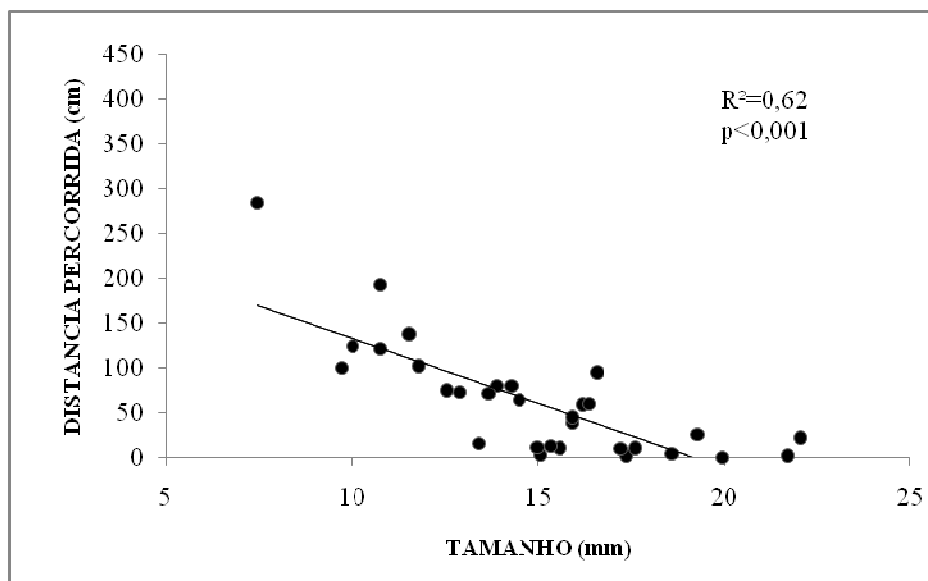
		MEXILHÕES PEQUENOS NOITE							
		TAMANHO	13,7	7,4	12,5	13,4			
		HR	HS	A	B	C	D	soma	Ativ%
ESCURO	20:00	1	0	0	0	0	0	0	0
	21:00	2	0	0	0	0	0	0	0
	22:00	3	1	8	0	0	0	9	50
	23:00	4	3	60	0	0	0	63	50
	00:00	5	24	31	0	0	0	55	50
	01:00	6	24	38	8	0	0	70	75
	02:00	7	14	34	45	0	0	93	75
	03:00	8	1	26	21	0	0	48	75
	04:00	9	5	23	0	3	0	31	75
	05:00	10	0	29	0	3	0	32	50
	06:00	11	0	29	0	0	0	29	25
	07:00	12	0	7	0	0	0	7	25
	08:00	13	0	0	0	0	1	1	25
CLARO	09:00	14	0	0	0	0	0	0	0
	10:00	15	0	0	0	1	1	1	25
	11:00	16	0	0	0	3	3	3	25
	12:00	17	0	0	0	1	1	1	25
	13:00	18	0	0	0	0	0	0	0
	14:00	19	0	0	0	4	4	4	25
	15:00	20	0	0	0	0	0	0	0
	16:00	21	0	0	0	0	0	0	0
	17:00	22	0	0	0	0	0	0	0
	HÁ			7	10	3	7		
Pc			72	285	74	16			
V			10,3	28,5	24,7	2,3			

**TABELA II-6: Padrão de atividade por hora do mexilhões-dourados grandes ( $\geq 15$  mm) experimentos C-E.** Tamanho dos mexilhões em mm. HR=horas do dia. HS = hora sequenciais de experimento. Cada letra representa um indivíduo. Soma (soma da distância percorrida em centímetros por todos os mexilhões na hora); Ativ% (frequência de mexilhões ativos em %); Ha (horas de atividades); Pc (Soma de percurso); V (velocidade média).

		MEXILHÕES GRANDES DIA													
TAMANHO		19,4	15,3	15	17,3	17,2	17,6	18,6	16,1	15,9	15,6	15,9			
HR	HS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	soma	Ativ%	
CLARO	10:00	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9,1	
	11:00	2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	4	27,3	
	12:00	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	18,2	
	13:00	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	9,1	
	14:00	5	0	5	0	0	0	0,5	1	1	0	0	7,5	36,4	
	15:00	6	0	0	0	0	0	0	2	17	8	0	27	27,3	
	16:00	7	0	0	0	0	0	0,5	1	20	5	0	26,5	45,5	
	17:00	8	0	0	0	0	0	0,5	1	11	18	2	32,5	45,5	
	18:00	9	0	0	0	0	0	1	0	9	8	2	20	36,4	
	19:00	10	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0,5	9,5	27,3	
ESCURO	20:00	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	9,1	
	21:00	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	19	20	18,2	
	22:00	13	0	0	0	0	0	2	0	0	0	17	19	18,2	
	23:00	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	9	18,2	
	00:00	15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	9,1	
	01:00	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
	02:00	17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	9,1	
	03:00	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	04:00	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	05:00	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06:00	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
07:00	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HA			3	2	1	3	10	4	5	4	4	3			
Pc			13	3	1	10	9,5	5	58	39	8,5	44			
V			4,3	1,5	1,0	3,3	1,0	1,3	11,6	9,8	2,1	14,7			

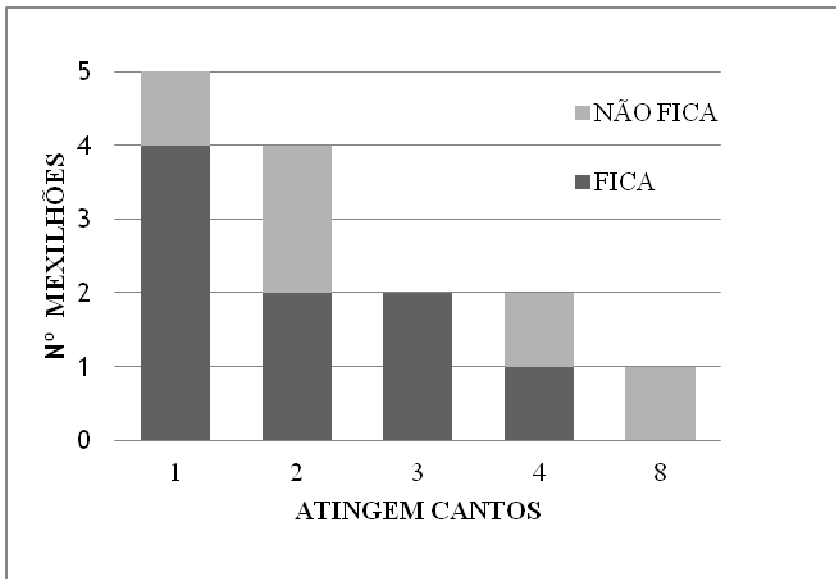
**TABELA II-7: Padrão de atividade por hora dos mexilhões-dourados grandes( $\geq 15$  mm) experimentos E-C.** Tamanho dos mexilhões em mm. HR=horas do dia. HS = hora sequenciais de experimento. Cada letra representa um indivíduo. Soma (soma da distância percorrida em centímetros por todos os mexilhões na hora); Ativ% (frequência de mexilhões ativos em %); Ha (horas de atividades); Pc (Soma de percurso); V (velocidade média).

		MEXILHÕES GRANDES NOITE								
TAMANHO		22	19,3	16,6	15,0	16,3	21,7			
HR		HS	A	B	C	D	E	F	soma	Ativ%
ESCURO	20:00	1	8	3	6	0		0	17	50,0
	21:00	2	1	19	29	9	0	0	58	66,7
	22:00	3	0	4	24	3	0	0	31	50,0
	23:00	4	6	0	12	0	0	0	18	33,3
	00:00	5	6	0	6	0	0	0	12	33,3
	01:00	6	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	02:00	7	0	0	8	0	0	0	8	16,7
	03:00	8	0	0	5	0	15	0	20	33,3
	04:00	9	0	0	2	0	12	1	15	50,0
	05:00	10	0	0	2	0	0	0	2	16,7
CLARO	06:00	11	0	0	0	0	2	0	2	16,7
	07:00	12	0	0	0	0	17	0	17	16,7
	08:00	13	0	0	0	0	6	0	6	16,7
	09:00	14	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	10:00	15	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	11:00	16	0	0	0	0	2	0	2	16,7
	12:00	17	0	0	0	0	6	0	6	16,7
	13:00	18	0	0	0	0	0	0	0	0
	14:00	19	0	0	0	0	0	0	0	0
	15:00	20	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	21	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:00	22	0	0	0	0	0	0	0	0	
HÁ			4	3	9	2	7	1		
Pc			21	26	94	12	60	1		
V			5,3	8,7	10,4	6,0	8,6	1		

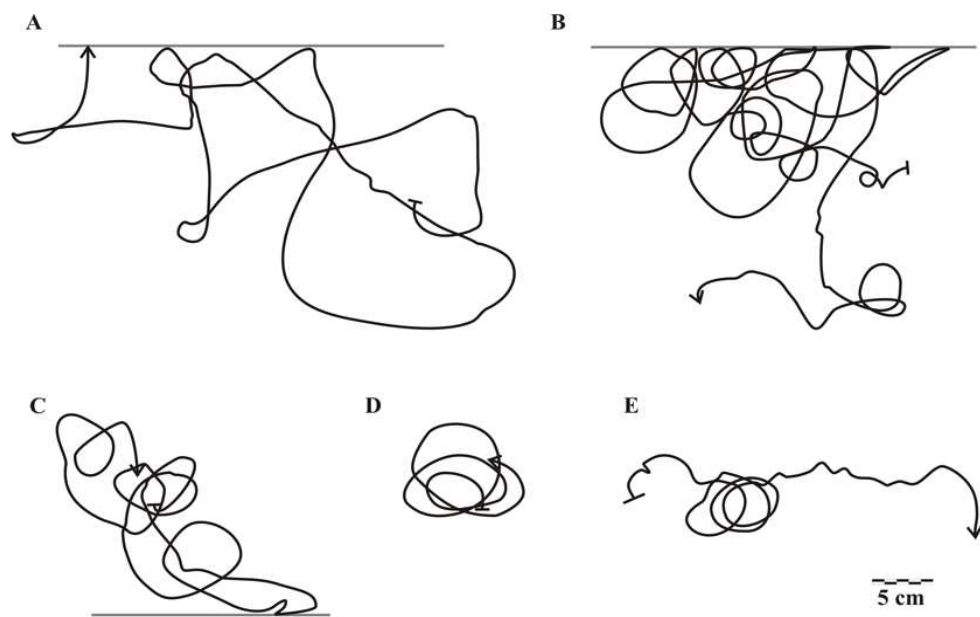


**FIGURA II-1:** Análise de regressão da distância percorrida versus tamanho de 31 mexilhões-dourados em 22 horas de experimentos. Quanto menor o indivíduos menor é a distância percorrida.





**FIGURA II-2:** Número de vezes e comportamento (fica estavel ou não permanece estavel) que os mexilhões-dourados atingiram os cantos da caixa.



**FIGURA II-3:** Exemplo de Padrão de movimento do mexilhão-dourado. Tamanho dos indivíduos: A= 11,56 mm; B= 7,44 mm; C= 10,74; D= 14,49 mm; E= 14,30 mm.