

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E MEIO
AMBIENTE

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

***LIMNOPERNA FORTUNEI* OU MEXILHÃO DOURADO:
OCORRÊNCIA, SITUAÇÃO ATUAL, IMPACTOS
CAUSADOS E A IMPORTÂNCIA DO SEU CONTROLE**

Glaysimara Aparecida Felipe

Belo Horizonte
2009

Glaysimara Aparecida Felipe

***Limnoperna fortunei* ou Mexilhão Dourado: Ocorrência,
Situação Atual, Impactos Causados e a Importância do seu
Controle**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de
Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Eduardo von Sperling

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2009

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Eduardo von Sperling pelas orientações que foram fundamentais na conclusão do trabalho.

Agradeço à minha família: meus pais, irmãos, pelo apoio, compreensão e carinho.

Especialmente ao meu irmão Geisel, pelo companheirismo, apoio, paciência e cumplicidade.

Aos meus amigos Tales Viana e Andressa Drummond, agradeço pelos conselhos e pelo fundamental apoio.

Ao Marcus, pelo carinho, incentivo e paciência.

Aprender é a única coisa de que a mente
nunca se cansa, nunca tem medo e
nunca se arrepende.

(Leonardo da Vinci)

RESUMO

Invasões biológicas têm sido reconhecidas como uma das ameaças mais sérias à biodiversidade e aos ecossistemas da Terra. Os impactos causados pela introdução das espécies exóticas invasoras variam de acordo com as espécies e os ambientes, causando impactos sérios e de amplas consequências, principalmente se não controladas.

Na década de 1990, iniciou-se um novo fenômeno de invasão biológica na América do Sul: *Limnoperna fortunei*, também conhecido como mexilhão dourado, é um molusco de água doce, originário da Ásia, que chegou ao Brasil em 1998. Este mexilhão apresenta comportamento gregário e causa grandes prejuízos ambientais e econômicos nas regiões onde são introduzidos.

Ambientalmente, ele afeta a comunidade de espécies nativas, além de alterar química e fisicamente o ecossistema onde foi introduzido. Economicamente, vem causando sérios transtornos as empresas de abastecimento e energia. O molusco incrusta em tubulações, grades e redes nas estações de tratamento de água, além de tubulações dos trocadores de calor das hidrelétricas, obstruindo sistemas coletores de água e sistemas de refrigeração de usinas.

A infestação de instalações não é um problema sem solução, pois métodos de controle através de meios físicos ou químicos têm se mostrado eficientes. Porém, a maioria dos métodos desenvolvidos, são de difícil aplicação em sistemas industriais e sempre trazem custos associados, quer de ordem econômica ou ambiental.

A educação ambiental é uma importante ferramenta a fim de se evitar a dispersão do mexilhão dourado para outros ambientes. Através da comunicação é possível levar à sociedade informações sobre a importância, a abrangência socioeconômica e ambiental dos possíveis impactos advindos da dispersão desta espécie em águas brasileiras.

O presente trabalho tem como objetivos apresentar um levantamento bibliográfico referente aos estudos publicados sobre organismos invasores, em especial sobre o mexilhão dourado, além de sugerir a elaboração e aplicação de um plano de controle direcionado às Companhias de Saneamento e Serviços Autônomos de Água e Esgoto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE ABREVIATURAS	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	12
3.1. ESPÉCIES INVASORAS	12
3.2. MEXILHÃO DOURADO	18
4. SUGESTÕES PARA AS COMPANHIAS DE SANEAMENTO E SAAE – SERVIÇOS AUTÔNOMOS DE ÁGUA E ESGOTO.....	40
4.1. EDUCAÇÃO AMBIENTAL	40
4.2. PESQUISA E MONITORAMENTO.....	41
4.3. TRABALHOS DE PREVENÇÃO E MONITORAMENTO.....	45
4.4. MANUAL DE PROCEDIMENTOS E PADRONIZAÇÃO DE COLETAS.....	46
4.5. PROCEDIMENTOS DE BIOSSEGURANÇA EM LABORATÓRIOS	47
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Capim Gordura.....	14
Figura 3.2 – <i>Eucalyptus</i> spp.....	14
Figura 3.3 – Exemplos de Algas Tóxicas	15
Figura 3.4 – Pombo <i>Columba livia</i>	16
Figura 3.5 – Caramujo-gigante-africano	16
Figura 3.6 – Carpa	17
Figura 3.7 – Tilápia	17
Figura 3.8 – <i>Corbicula fluminea</i> , à direita e à esquerda e <i>Limnoperna fortunei</i> , ao centro.....	18
Figura 3.9 – Exemplares de Mexilhão Dourado	19
Figura 3.10 – Esquema ilustrativo da utilização de água de lastro nos navios.....	20
Figura 3.11 – Distribuição atual do mexilhão dourado na América do Sul.....	21
Figura 3.12 – Detalhe do bisso, estrutura utilizada pelo mexilhão para fixação em substratos	23
Figura 3.13 – Estágios larvais do <i>L.fortunei</i>	25
Figura 3.14 – Mexilhões incrustados em pedra	26
Figura 3.15 – Mexilhões aderidos em vegetação e tronco submersos	27
Figura 3.16 – Mexilhões em sistemas de água bruta – sistema de abastecimento de água.....	27
Figura 3.17 – Mexilhões em sistemas de água bruta em hidrelétrica	28
Figura 3.18 –Casco de barco incrustado por mexilhões	29
Figura 3.19 – Mexilhão em pneu usado na proteção lateral de barcos	29
Figura 3.20 – <i>Lheringichthys labrosus</i> (mandi) com o seu conteúdo estomacal.....	30
Figura 3.21 – Mexilhão dourado aderido ao molusco nativo	31
Figura 3.22 – Mexilhão sobre raízes de plantas palustres	31
Figura 3.23 – Grade de proteção de Usina Hidrelétrica incrustada de <i>L. fortunei</i> , como observado no detalhe à direita	34
Figura 3.24 – <i>L. fortunei</i> incrustado no interior de tubulações	34
Figura 3.25 – Mexilhão dourado na captação da ETA	35
Figura 3.26 – Gradeamento da ETA com mexilhão.....	35
Figura 3.27 – Tanque rede com mexilhão dourado.....	36
Figura 3.28 – Embarcação e o detalhe do casco com mexilhões aderidos.....	36
Figura 4.1 – Reservatório Vargem das Flores – Copasa.....	41
Figura 4.2 – Aquários para criação e cultivo da espécie.....	44
Figura 4.3 – Sistema de água desclorada	44
Figura 4.4 – Caixa de infiltração no solo.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Classificação da espécie <i>Limnoperna fortunei</i>	22
Tabela 3.2 – Principais mudanças ambientais que podem ocorrer após o estabelecimento do mexilhão dourado.....	32
Tabela 3.3 – Principais impactos sobre as atividades socioeconômicas, provocados pelo mexilhão dourado.....	37
Tabela 4.1 – Procedimentos Operacionais de Segurança do Laboratório de Cultivo de <i>Limnoperna fortunei</i>	43

LISTA DE ABREVIATURAS

AM – Autoridade Marítima

AJB – Águas Jurisdicionais Brasileiras

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CESP – Companhia Energética de São Paulo

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPH-UFGM – Centro de Pesquisas em Hidráulicas e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais

ETAs – Estações de Tratamento de Água

FTN – Força-Tarefa Nacional

GISP – Programa Global de Espécies Invasoras

HCl – Ácido Clorídrico

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IMO – Organização Marítima Internacional

LELF – Laboratório de Estudos do Limnoperna fortunei

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NORMAM – Norma da Autoridade Marítima

ONU – Organização das Nações Unidas

PAE – Plano de Ação Emergencial

PPM – Parte por Milhão

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

UV – Radiação Ultravioleta

UHEs – Usinas Hidrelétricas

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de sua história, a humanidade tem transportado milhares de espécies para fora de suas regiões de ocorrência natural. As primeiras translocações de espécies de uma região a outra do planeta tiveram a intenção de suprir necessidades agrícolas, florestais ou atender a outras necessidades associadas a diferentes atividades humanas (ZILLER, 2004).

Atualmente, a introdução e a dispersão de espécies invasoras é uma das três principais causas de extinção de espécies no mundo. As outras duas são a destruição de habitats (desmatamento, queimadas, drenagem de áreas alagadas, expansão urbana, plantio de monocultura etc.) e a extração (caça e coleta) de espécimes da natureza (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2003).

O traslado de espécies invasoras, e as vias através das quais isto ocorre são tecnicamente chamadas de rotas de dispersão (*pathways*), como rodovias, rotas comerciais e o tráfego ligado ao comércio ornamental, florestal, de pesca e agrícola.

As maneiras ou materiais através dos quais as espécies são transportadas são denominados vetores. Exemplos de vetores são a água de lastro, cascos de barcos e navios, amostras de solos, animais, madeira e outros materiais utilizados em embalagens, equipamentos de pesca e de mergulho, lixo, entre muitos outros.

Contata-se que existe pouca conscientização pública para a importância desse tema, propiciando a introdução acidental de espécies exóticas invasoras. Foi assim que chegou ao Brasil, nos anos 90, o *Limnoperna fortunei*, conhecido como mexilhão-dourado que vem causando sérios transtornos a empresas de energia e abastecimento (DARRIGRAN & DRAGO, 2000).

Isso mostra a importância do direcionamento de atenção a este novo problema, pois se não houver um controle adequado da disseminação desta espécie, a fim de evitar a invasão para outros ambientes, sérios problemas poderão ser causados não só aos ambientes aquáticos, mas também aos sistemas industriais.

Em vista disso, o presente trabalho apresenta informações sobre a espécie, as prováveis vias de introdução, o histórico da dispersão, os principais impactos, algumas tecnologias de

tratamento e sugestões direcionadas às Companhias de Saneamento e Sistemas Autônomos de Água e Esgoto, voltadas à prevenção da introdução desta espécie.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva apresentar um levantamento bibliográfico referente aos estudos publicados sobre organismos invasores, em especial sobre o mexilhão dourado.

2.1. *Objetivos Específicos*

- Abordar o histórico de sua invasão, biologia, impactos ambientais e econômicos, métodos de controle passíveis de serem utilizados, assim como a importância do controle de sua disseminação.
- Sugerir a elaboração e aplicação de um plano de controle direcionado às Companhias de Saneamento e Serviços Autônomos de Água e Esgoto.
- Prover a informação necessária sobre como limitar a expansão do mexilhão dourado para novas regiões.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. *Espécies Invasoras*

São vários os termos empregados para definir espécies invasoras. O conceito básico para todos os termos é o mesmo, embora haja conotações distintas para cada um deles: não nativas (*nonnatives*), exóticas (*exotics*), alienígenas (*aliens*), daninhas (*weeds*), introduzidas (*introduced*), não-aborígenes (*non-aboriginal*), não-indígenas (*non-indigenous*), nocivas (*noxious*), naturalizadas (*naturalized*), pragas (*pests*), pragas ambientais (*environmental pests*), pragas de áreas naturais (*natural area pests*), dentre outros (BECHARA, 2003).

Espécie exótica invasora é aquela que não sendo originária de um determinado ambiente ou ecossistema, nele se estabelece após ser introduzida pela ação humana ou por fatores naturais, passando a se reproduzir e dispersar neste novo ambiente sem a ajuda direta do homem (ZILLER, 2004).

Invasão biológica é definida como o estabelecimento das espécies exóticas invasoras nos ecossistemas naturais ou manejado pelo homem. Os danos causados por estas espécies que não fazem parte, naturalmente, de um dado ecossistema, mas que se naturalizam, passam a se dispersar e provocam mudanças em seu funcionamento é denominado contaminação biológica (*biological contamination*) ou poluição biológica (*biological pollution*) (ZILLER, 2004).

A introdução pode ser realizada intencional ou acidentalmente, por vias humanas ou não. Ao contrário de muitos problemas ambientais que se amenizam com o tempo, como por exemplo, a poluição química, a contaminação biológica tende a se multiplicar e espalhar, causando problemas a longo prazo que se agravam com o passar do tempo e não permitem que os ecossistemas afetados se recuperem naturalmente (BECHARA, 2003).

Para se estabelecer em um novo ambiente, uma espécie exótica invasora deve possuir as seguintes características, sumarizadas por Ricciardi (1998):

- Ampla tolerância ambiental (deve ser capaz de colonizar diversos tipos de habitats e possuir grande flexibilidade de adaptações fisiológicas).
- Alta variabilidade genética.
- Ciclo de vida curto.

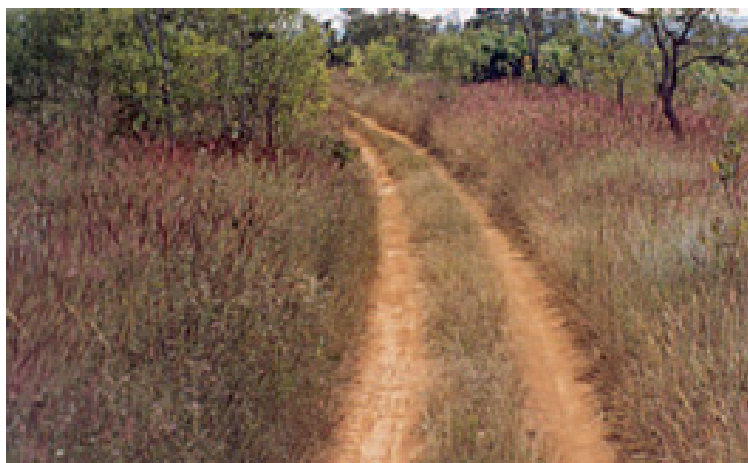
- Rápido crescimento.
- Maturidade sexual precoce.
- Alta capacidade reprodutiva.

Pelo fato de não possuírem inimigos naturais (predadores, competidores e parasitas), estas espécies se reproduzem rapidamente e em grandes quantidades. Assim, expandem-se e ocupam de modo efetivo o novo território, competindo com as espécies nativas, podendo causar a extinção de algumas delas.

Enquanto numerosas espécies exóticas invasoras provenientes de outros continentes ocorrem na América do Sul, muitos dos animais e plantas da região têm invadido outras partes do mundo. O Brasil também é fonte de espécies invasoras para outras partes do mundo. Por exemplo, o aguapé (*Eichornia crassipes*), planta aquática originária do Brasil, se transformou em praga em 90 países. A densidade das redes formada por essas plantas provoca o bloqueio dos cursos d'água e impede o tráfego de barcos, atrapalhando o comércio, a pesca e atividades recreativas (GISP, 2005).

As redes formadas pelo aguapé também põem em risco estações de geração de energia hidrelétrica e aumentam a sedimentação em rios e reservatórios, reduzindo o volume da água do rio e retendo partículas em suspensão. Constituem ainda um risco à saúde, afetando negativamente a qualidade da água potável e criando condições favoráveis à proliferação de mosquitos e outros vetores de doenças.

No Brasil, mais de 75% das espécies invasoras foram introduzidas intencionalmente, com finalidade econômica ou comercial. É o caso de várias gramíneas como o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), mostrado na Figura 3.1, trazido da África para servir como grama de pasto na pecuária. Esta espécie tem invadido beiras de rodovias, terras agrícolas e plantações florestais, bem como ambientes naturais, onde substitui espécies nativas (GISP, 2005).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.1 – Capim Gordura

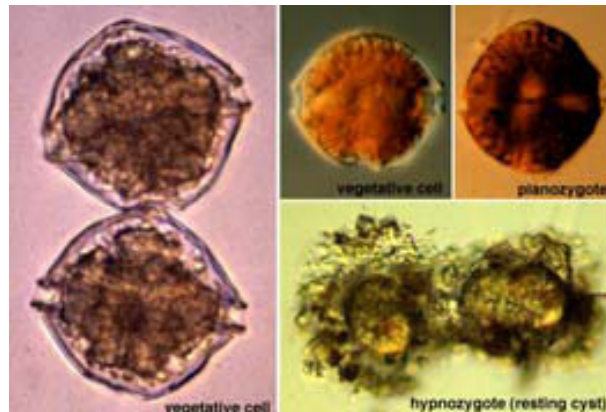
O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) como apresentado na Figura 3.2, de origem australiana, foi introduzido no Brasil para fins ornamentais e para uso econômico (madeira e celulose). Os principais impactos ambientais causados por esta espécie são a transformação de ecossistemas abertos em fechados (de porte arbóreo), com perda de biodiversidade por sombreamento, exposição do solo com conseqüente erosão e assoreamento de cursos de água, com impactos sobre a biota aquática. Além disso, acarreta a redução de área pastoril para animais herbívoros (GISP, 2005).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.2 – *Eucalyptus* spp

Algumas espécies de algas tóxicas, como observadas na Figura 3.3, nativas de outras regiões do mundo, foram observadas em várias regiões do Brasil. Essas algas, geralmente dinoflagelados, formam manchas coloridas que são chamadas de maré vermelha e podem ser muito tóxicas (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.3 – Exemplos de Algas Tóxicas

Dentre os animais, o pombo *Columba livia* é considerado a principal praga urbana (Figura 3.4). Descendente de um pombo europeu domesticado, esta espécie é hoje encontrada em todos os continentes, concentrada nas cidades, onde causa consideráveis danos a construções e monumentos, devido aos seus excrementos corrosivos.

Os pombos também representam uma ameaça à saúde, uma vez que são transmissores de uma variedade de doenças, como a histoplasmose e ornitose, tanto às pessoas, quanto para criações de aves e para a vida selvagem em geral (NUNES, 2003).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.4 – Pombo *Columba livia*

Já o caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*) foi trazido para o Brasil nos anos 1980 para servir de escargot (Figura 3.5). O animal não apenas se mostrou inútil para o consumo, mas se transformou num grave problema.

O animal é extremamente resistente, sobrevivendo em diferentes temperaturas, alimenta-se de todo tipo de vegetais, causando incalculável prejuízo à agricultura (GISP, 2005).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.5 – Caramujo-gigante-africano

Dentre os peixes, a carpa, mostrada na Figura 3.6, é considerada uma espécie invasora indesejável devido aos seus hábitos alimentares. Ao desenraizar plantas e revolver sedimentos

de fundo, ela torna a água barrenta, o que reduz a penetração da luz, inibindo o crescimento de plantas submersas.

Além disso, o aumento da turbidez dificulta a alimentação dos peixes e reduz a disponibilidade de alimento, uma vez que os organismos bentônicos são soterrados pelos sedimentos revolvidos (CAMPOS *et al.*, 2005).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.6 – Carpa

As tilápias (Figura 3.7) impactam a biodiversidade em nível local porque se estabelecem e competem com os peixes nativos por comida, habitat e locais de desova. Elas também desalojam outros peixes em função da agressividade com que defendem seus ninhos. (GISP, 2005).



Fonte: Instituto Hórus, 2008

Figura 3.7 – Tilápia

O *Corbicula fluminea* (Figura 3.8) é molusco asiático que causa grandes problemas obstruindo tubos e canais de água doce, em sistemas de refrigeração de usinas, além de dominância dos habitats. É encontrado na Europa desde 1981 e também na América do Sul, tendo invadido a Argentina nos anos 1970 e o Uruguai por volta de 1981. No Brasil, foi detectado em 1991 (MANSUR, 2004).

Em todas as bacias ocupadas por *C. fluminea*, a espécie passou a apresentar em poucos anos (aproximadamente cinco anos de ocupação de uma área) uma maior densidade populacional que os Corbiculidae nativos e demais espécies de bivalves de água doce autóctones (Hyriidae, Mycetopodidae, Sphaeriidae) (MANSUR *et al*, 2004).



Fonte: Campos, 2009

Figura 3.8 – *Corbicula fluminea*, à direita e à esquerda e *Limnoperna fortunei*, ao centro

O mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857), mostrado na Figura 3.10, é um molusco de água doce, nativo dos rios do Sudeste da Ásia, em especial da China. Sua presença nos rios e lagos do Brasil vêm causando diversos prejuízos ambientais e econômicos, principalmente em atividades antrópicas como agricultura, indústria, saneamento ambiental, geração de energia, turismo e aquicultura (CAMPOS, 2009).

Este molusco se fixa a qualquer superfície submersa e se multiplica muito rápido, inclusive dentro de tubulações. E foi a introdução deste mexilhão no Brasil que determinou uma mudança na forma de abordar as espécies exóticas invasoras.

A recente história de invasão de *L. fortunei* identifica esse molusco como uma espécie que deve ser cuidadosamente monitorada (Ricciardi, 1998). Assim, este trabalho objetiva abordar o histórico de sua invasão, biologia, impactos ambientais e econômicos, métodos de controle passíveis de serem utilizados, assim como a importância do controle de sua disseminação.

3.2. Mexilhão Dourado

3.2.1. Distribuição e Disseminação

O mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Figura 3.9) é nativo de rios e córregos chineses e do sudeste asiático e vem expandindo sua distribuição em todo o mundo. Em 1965, invadiu as águas de Hong Kong (MORTON, 1975). Expansões subsequentes são reportadas apenas

muitos anos depois, no Japão (KIMURA e SEKIGUCHI, 1994), Coreia e Taiwan (RICCIARDI,1998; BELZ,2006).



Fonte: Campos, 2009

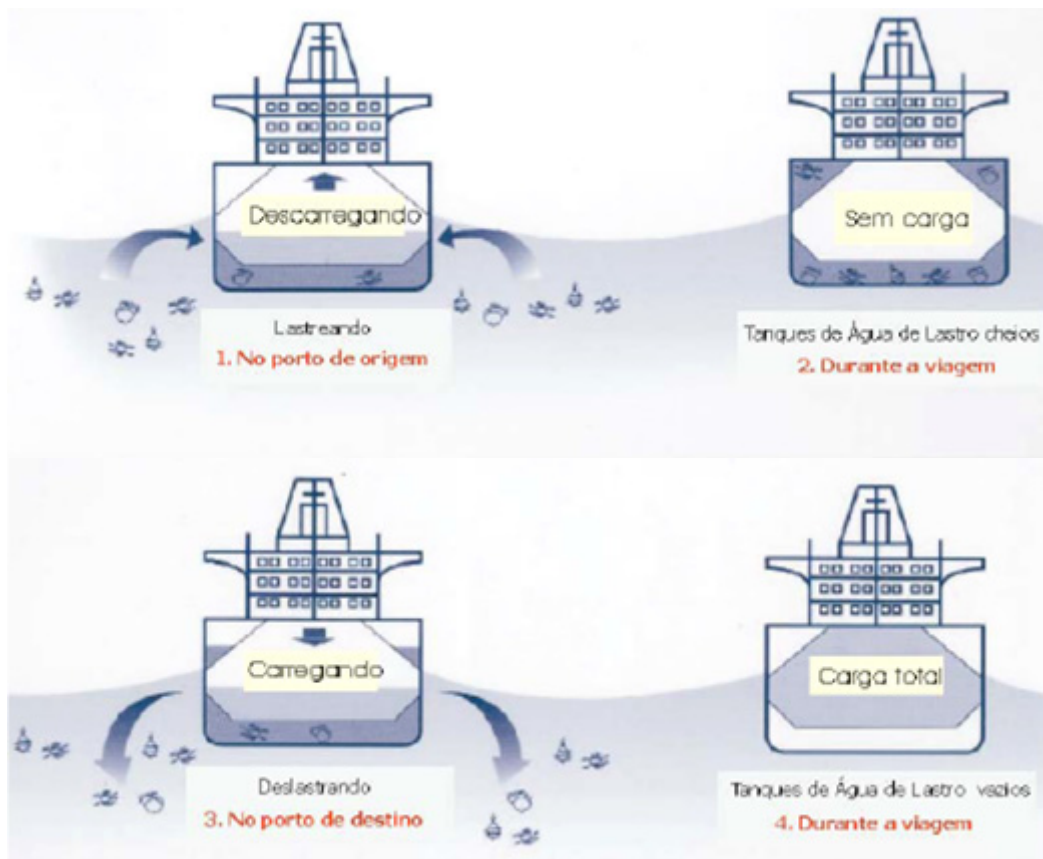
Figura 3.9 – Exemplos de Mexilhão Dourado

Este molusco foi trazido para a América do Sul por meio da água de lastro dos navios mercantes descarregada nos portos argentinos em 1991, na foz do rio da Prata (PASTORINO *et al.*, 1993).

O lastro consiste em qualquer material usado para dar peso e/ou manter a estabilidade de um objeto. Os navios carregavam lastro sólido, na forma de pedras, areia ou metais, por séculos. Nos tempos modernos, as embarcações passaram a usar a água como lastro, o que facilita bastante a tarefa de carregar e descarregar um navio, além de ser mais econômico e eficiente do que o lastro sólido (RUIZ *et al.*, 2000).

Entretanto, durante seu carregamento, a água do porto de origem é lançada ao mar, e assim os portos podem receber grandes volumes de água de lastro. A descarga de água de lastro é a mais importante via de introdução de espécies indesejáveis nos portos de todo o mundo e uma das grandes ameaças ao equilíbrio ecológico dos ambientes aquáticos (SILVA *et al.*, 2004). (Figura 3.10)

A Organização Marítima Internacional – IMO, agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU), que desde 1948 regulamenta o transporte e as atividades marítimas com relação à segurança, à preservação do meio ambiente e às matérias legais relacionadas, passou a considerar a água de lastro como um dos temas mais importantes nas suas convenções (SILVA *et al.*, 2004).

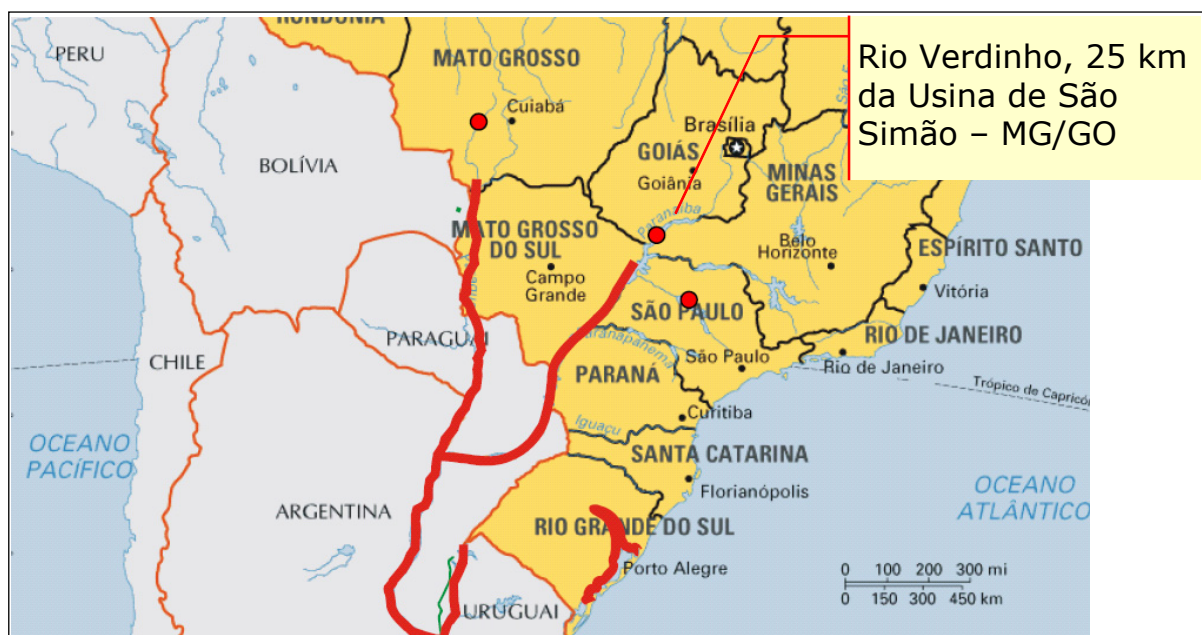


Fonte: MMA, 2004b

Figura 3.10 – Esquema ilustrativo da utilização de água de lastro nos navios

No final de 1998, constatou-se no Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, os primeiros exemplares do mexilhão dourado que foram coletados na área do Delta do Jacuí, em frente ao porto de Porto Alegre (MANSUR *et al.*, 1999), chegando na lagoa dos Patos em 2000. Neste mesmo ano, sua presença foi detectada na Usina de Itaipu (ZANELLA e MARENDA, 2002) e em 2002, nas usinas hidrelétricas de Porto Primavera e Sérgio Motta, a jusante do Rio Paraná, em São Paulo (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Em 2003 foi detectado nas Usinas de Jupia - SP/MS e Ilha Solteira - SP/MS, e em 2005 chegou a Três Irmãos - SP. Atualmente, o mexilhão é encontrado no rio Verdinho, confluência com o Paranaíba, a 25 km da usina hidrelétrica de São Simão MG/GO (MOTA, 2009). (Figura 3.11)



Fonte: Adaptado Ministério do Meio Ambiente, 2006

Figura 3.11 – Distribuição atual do mexilhão dourado na América do Sul

Além destes locais, não existem registros de *L. fortunei* em nenhuma outra bacia da América do Sul. Todavia, parece que os primeiros registros do mexilhão dourado em novas localidades não refletem a data efetiva da invasão.

Frequentemente, os indivíduos detectados já apresentam comprimento total compatível com mexilhões adultos. Evidentemente, a probabilidade de detecção da presença do mexilhão dourado é diretamente proporcional ao tamanho da população local. Uma população pequena será de difícil detecção (BELZ, 2006).

A dispersão do mexilhão dourado é muito rápida. Estima-se que entre 1991-1998 esta espécie tenha invadido cinco países da América do Sul (Argentina, Paraguai, Uruguai, Brasil e Bolívia) avançando, em média, 240 km/ano (DARRIGRAN, 2002).

Dentre as características que tornam *L. fortunei* uma espécie invasora de grande sucesso está a sua grande resistência a condições ambientais e sua fecundidade (CATALDO *et al.*, 2002a).

3.2.2. Morfologia e Biologia da Espécie

Este molusco, conhecido vulgarmente como mexilhão dourado, “*golden mussel*” ou “*mejillón dourado*”, é um Bivalve, Mytilidae (Tabela 3.1). Os Bivalves são caracterizados por apresentar uma concha composta por duas valvas (direita e esquerda) dentro da qual o corpo

do animal está protegido. As valvas, que são semelhantes, são unidas por um ligamento no lado dorsal do animal.

Os Mytilidae são bivalves de tamanho bastante variável e com conchas relativamente finas e alongadas, com a extremidade posterior arredondada e a anterior afilada. O ligamento é externo. A linha de articulação é longa, algumas vezes com poucos dentes pequenos (RUPPERT e BARNER, 1996).

Tabela 3.1 – Classificação da espécie *Limnoperna fortunei*

FILO	Mollusca
CLASSE	Bivalvia
SUBCLASSE	Pteriomorpha
ORDEM	Mytiloidea
SUPERFAMÍLIA	Mytiloidea
FAMÍLIA	Mytilidae
GÊNERO	<i>Limnoperna</i>
ESPECIE	<i>Limnoperna fortunei</i> (DUNKER, 1857)

Fonte: Adaptado Belz, 2006

O *L. fortunei* assemelha-se a um mexilhão marinho. No entanto, vive somente em água doce ou salobra, com baixíssima salinidade, onde apresenta considerável poder adaptativo dotado de concha calcária dupla, com coloração marrom escura na porção superior e amarela na porção inferior (DARRIGRAN e DRAGO, 2000).

Apresenta uma estrutura protéica chamada bisso (Figura 3.12) que permite a fixação do organismo em qualquer tipo de substrato natural ou artificial, incluindo superfícies de concreto, aço, ferro, vegetação aquática, dentre outros, ao contrário dos mexilhões nativos que vivem enterrados no fundo arenoso de rios e lagos.



Fonte: Campos, 2009

Figura 3.12 – Detalhe do bisso, estrutura utilizada pelo mexilhão para fixação em substratos

Dentre as características que tornam *L. fortunei* uma espécie invasora de grande sucesso está a sua resistência a condições ambientais e sua alta fecundidade, sendo capaz de colonizar uma grande variedade de habitats. Suas colônias atingem densidades de mais de 150.000 indivíduos por metro quadrado. As populações são compostas por um número maior de fêmeas do que machos (cerca de 2/3 de fêmeas) e indivíduos hermafroditas também ocorrem na natureza (DARRIGRAN e DRAGO, 2000).

Fêmeas podem produzir milhares de ovos por desova. Os trabalhos realizados na Região Neotropical sugerem que nas águas mais setentrionais da Bacia do Rio Paraná, a atividade reprodutiva desta espécie ocorre, continuamente, ao longo de nove meses do ano (CATALDO e BOLTOVSKOY, 2000), com picos de desova nos períodos mais quentes (BOLTOVSKOY e CATALDO, 1999).

Limnoperna fortunei é uma espécie dioica, com fertilização externa. O tamanho dos indivíduos na primeira maturação sexual, em clima temperado, varia sazonalmente. De junho a outubro, gônadas maturam em indivíduos de 5-6 mm de comprimento de concha. De março a maio, a maturação ocorre em indivíduos de 7-10 mm. Machos adultos apresentam espermatozóides maduros ao longo de todo o ano (DARRIGRAN *et al.*, 1999).

Os espermatozóides e os óvulos são liberados na água e, uma vez fecundados se desenvolvem numa larva nadadora (véliger), de vida livre. A densidade populacional de larvas varia ao longo do ano, podendo chegar, em momentos de pico, a mais de 20.000 ind/m³ (CATALDO e BOLTOVSKOY, 2000).

Na fase larval, primeiramente reconhece-se um estágio ciliado, que se desenvolve em trocófora com quatro fases distintas e valvadas. Quando pós-larvas ou plantígradas começam a secretar o fio de bisso, permitindo a fixação ao substrato.

Uma das razões do sucesso do mexilhão dourado na colonização de novos ambientes advém do fato de possuírem estágio larval planctônico (véliger), ao contrário da maioria dos bivalves de água doce, que possui desenvolvimento direto ou um breve estágio larval parasita.

Essa característica, associada à alta fecundidade e a presença de bisso nos adultos, que também não é encontrado em outras espécies de bivalves de água doce, cria condições propícias para que essas espécies dominem rapidamente o ambiente invadido (JOHNSON e CARLTON, 1996).

Sabe-se também que é na fase larval que a espécie se dispersa, invadindo novos ambientes, especialmente em áreas onde a água apresenta boa oxigenação, como nos sistemas coletores de água de estações de tratamento, canalizações, bombas de sucção, sistemas de irrigação, refrigeração de indústrias e nos trocadores de calor de unidades hidroelétricas (MANSUR *et al.*, 2003; DARRIGRAN e PASTORINO, 1995).

O trabalho básico de monitoramento e de qualquer tipo de controle do animal, a ser efetivado em ambientes antrópicos, fundamenta-se no conhecimento da larva. Este possibilitaria também as avaliações prévias de rios e lagos, que estariam na rota de dispersão do mexilhão dourado, facilitando o desenvolvimento de estratégias preventivas, como a instalação de barreiras sanitárias para evitar a contaminação de novos ambientes.

Todo planejamento e gestão de bacias hidrográficas deveria sugerir um sistema constante de monitoramento do mexilhão dourado através do exame periódico do plâncton. Outra contribuição seria a possibilidade de detectar a presença das larvas na água de lastro das embarcações vindas de outros ambientes hídricos, já contaminados pelo molusco, e assim poder oferecer subsídios à implantação de uma gestão da água de lastro e mesmo de áreas portuárias para evitar a contaminação de novos ambientes.

A metodologia utilizada para a caracterização dos estágios larvais se baseia naquela adotada por Santos *et al.* (2005) que tem como critério a morfologia externa das valvas, classificando-as em estágios 1, 2 e 3 e seus intermediários, conforme a seguir. (Figura 3.13)

Estágio 1 – em forma de D, é o primeiro estágio valvado. Começa quando a valva fecha completamente a trocófora, e a estrutura que une as valvas apresenta um perfil reto. O comprimento varia de 110 a 140 μm .

Estágio 2 - A margem da charneira vai se curvando pela aparição de uma protuberância de forma mais ou menos arredondada no centro, chamada de umbo. A larva começa a ser assimétrica, o velo ainda é presente. O comprimento neste estágio é $>140 \mu\text{m}$.

Estágio 3 - O umbo está bem desenvolvido, valva bem assimétrica, velo absorvido e pé bem desenvolvido, tende a descer ao fundo passando da fase nadante a uma fase rastejante. Nesta fase, a larva possui um pequeno pé para ajudá-la a fixar em algum substrato. Se não conseguir aderir, ela morre. Comprimento $> 250 \mu\text{m}$.



Fonte: Campos, 2009

Figura 3.13 – Estágios larvais do *L.fortunei*

A influência da temperatura sobre os processos de maturação sexual, sobrevivência de estágios larvais e desova é bem clara. A temperatura de inibição do processo de desova parece ser em torno de 15 - 17°C (DARRIGRAN e DRAGO, 2000; CATALDO e BOLTOVSKOY, 2000a).

Todavia, podem existir outros fatores menores que influenciem a reprodução, como por exemplo, a densidade de organismos no fitoplâncton, como ocorre em espécies de *Dreissena polymorpha* (mexilhão zebra), molusco invasor presente na América do Norte (STOECKMANN e GARTON, 1992). O pH (6,2 – 7,4) e a concentração de cálcio (3,96 mg/L) na água também são importantes para o desenvolvimento do mexilhão dourado (DARRIGRAN, 2002).

É um animal filtrador (chega a filtrar 100-150 mL/hora) como a maioria dos Bivalvia. A espécie é capaz de se alimentar tanto do fitoplâncton como de espécies de zooplâncton e detritos orgânicos, como ocorre com *Dreissena polymorpha* (LEI *et al.*, 1996).

Os poucos fatores limitantes ao seu crescimento são a temperatura e o oxigênio dissolvido. Estudos sobre o ciclo de vida do mexilhão dourado indicam que este organismo possui uma longevidade de 36 meses, podendo atingir até 3 cm de comprimento da concha, ao final desse período (COLARES *et al.*, 2002).

Estes mesmos autores ressaltam que esta espécie pode causar gosto e odor na água, mas nenhuma referência é realizada sobre a possibilidade do mesmo causar toxicidade. Cabe destacar que, de forma geral, moluscos não conferem toxicidade à água.

No caso do mexilhão dourado, devido a sua característica filtrante, o mesmo pode até mesmo remover substâncias tóxicas e acumular as mesmas em seus tecidos, entre elas metais pesados, agrotóxicos e toxinas presentes na água. O que causa problemas somente caso haja ingestão de grande quantidade destes organismos.

3.2.3. Onde Encontrar o Mexilhão Dourado

Os ambientes preferenciais do mexilhão são locais de águas oxigenadas, onde colonizam vários tipos de substratos presentes no leito dos rios e lagos, com preferência para rochas, pedras (Figura 3.14), madeira, cordas, plásticos, pedaços de argila, concrecionados, entre outros.



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.14 – Mexilhões incrustados em pedra

Ele coloniza também vegetação e troncos submersos (Figura 3.15) e raízes de macrófitas, como a *Eichornia crassipes* (aguapé).



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.15 – Mexilhões aderidos em vegetação e tronco submersos

São encontrados também em sistemas de indústrias que utilizam água bruta como em estações de abastecimento de água (Figura 3.16) e em hidrelétricas como mostrado na Figura 3.17.



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.16 – Mexilhões em sistemas de água bruta – sistema de abastecimento de água



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.17 – Mexilhões em sistemas de água bruta em hidrelétrica

A dispersão acontece principalmente através de embarcações, água de lastro, em materiais de coleta (utilizados em trabalhos de pesquisa), transposição de águas entre regiões infestadas e não infestadas, por meio de projetos de irrigação ou outras formas de troca de água e por meio de organismos aquáticos (peixes, plantas, tartarugas, aves etc).

Através do tráfego de barcos transportados via terrestre são levados de um lugar a outro no mesmo dia ou em poucos dias. O mexilhão dourado pode sobreviver até 4 dias fora da água em determinadas condições de umidade e temperatura, o que facilita muito a sua dispersão para locais distantes.

Além disso, como mostrado na Figura 3.18 e na Figura 3.19, os barcos pequenos que circulam nos rios transportando passageiros, assim como pesca esportiva e profissional, podem disseminar o mexilhão em forma de larva ou adulto presentes nos cascos, motores, equipamentos de pesca, depósitos de água para consumo ou limpeza dos barcos, transporte de alevinos e matrizes de peixes e nos sistemas de resfriamento de motores.



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.18 – Casco de barco incrustado por mexilhões



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.19 – Mexilhão em pneu usado na proteção lateral de barcos

3.2.4. Impactos causados por *Limnoperna fortunei*

Desde a sua introdução, o mexilhão dourado considerado uma espécie de grande potencial de impacto devido às suas características biológicas, tem provocado alterações significativas na cadeia alimentar e estrutura físico-química dos ecossistemas invadidos.

Os impactos econômicos gerados por esta espécie estão relacionados com a diminuição da capacidade e eficiência na adução e tratamento de água.

A seguir são apresentados os principais impactos causados por esta espécie.

- **Ambientais**

Para Darrigran (2002), os danos ecológicos causados por este mexilhão, na América do Sul, são semelhantes aqueles causados por *Dreissena polymorpha* (mexilhão zebra) na América do Norte.

Os impactos vão desde a remoção das partículas, causando aumento na transparência da água e decréscimo das comunidades fitoplanctônicas, até a deposição de fezes e pseudofezes (partículas que foram filtradas pelo organismo e após passarem pela cavidade do manto são expelidas para o ambiente embebidas em muco) que podem causar modificações nos padrões de sedimentação do ambiente e, conseqüentemente, na composição da fauna bentônica.

Em sua filtração o mexilhão provoca a redução da biomassa vegetal suspensa, alimento de algumas espécies nativas. Aliado a este fato, o mesmo já foi incorporado na dieta alimentar de alguns peixes que deixaram de predar o organismo que normalmente serviam de alimento para estes peixes.

Porém é importante ressaltar que o mexilhão, por apresentar alta resistência de sua carapaça pode levar o peixe à morte, já que suas conchas não são digeridas completamente no trato digestivo do animal. A Figura 3.20 mostra a espécie *Iheringichthys labrosus* (mandi) com o seu conteúdo estomacal.



Fonte: Campos, 2009

Figura 3.20 – *Iheringichthys labrosus* (mandi) com o seu conteúdo estomacal

Já no alto rio Paraguai o mexilhão dourado tem sido utilizado como alimento por peixes pertencentes às famílias Characidae (*Piaractus mesopotamicus*), Anostomidae (*Leporinus friderici*), Pimelodidae (*Pimelodus maculatus*) e Doradidae (*Oxydoras kneri* e *Pterodoras granulosus*) e neste caso, alguns mexilhões podem acumular metais, como o mercúrio transferindo-os diretamente aos peixes (OLIVEIRA, 2003).

Por se assemelhar muito às espécies nativas na preferência por habitat e recursos tróficos, o mexilhão dourado afeta negativamente a estrutura das comunidades e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

Outro impacto sobre a fauna de moluscos é o assentamento da espécie exótica sobre outros bivalves nativos prejudicando a abertura e o fechamento normal das suas conchas e seu desenvolvimento, como mostrado na Figura 3.21.



Fonte: Campos, 2009

Figura 3.21 – Mexilhão dourado aderido ao molusco nativo

As margens de rios e lagos são fortemente alteradas pelo sufocamento das raízes das macrófitas, como mostra a Figura 3.22.



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.22 – Mexilhão sobre raízes de plantas palustres

O molusco também influencia a rota de aves aquáticas. Estas ao encontrarem grande quantidade de alimento disponível, permanecem por mais tempo no local, afetando a rota, o tempo e a distribuição de suas migrações (ROLLA *et al.*, 2004).

Assim, estes fatores combinados alteram de forma expressiva a cadeia alimentar dos ecossistemas invadidos (GIORDANI *et al.* 2005).

A Tabela 3.2 resume as principais mudanças, no ambiente, que podem ocorrer após o estabelecimento do mexilhão dourado.

Tabela 3.2 – Principais mudanças ambientais que podem ocorrer após o estabelecimento do mexilhão dourado

Transparência da água	Aumenta
Sêston (substâncias orgânicas e inorgânicas suspensas na água)	Decresce
Matéria orgânica	Decresce
Mineralização da matéria orgânica	Aumenta
Fitoplâncton	Decresce
Produção primária do fitoplâncton	Decresce
Bacterioplâncton	Aumenta
Macrófitas	Aumenta
Fitoperifiton e Fitobenton	Aumenta
Zooplâncton	Decresce em quantidade com mudanças estruturais na comunidade
Zoobentos	Aumenta na quantidade com mudanças da estrutura da comunidade
Peixes	Aumenta quantidade de espécies de fundo

Fonte: Adaptado de Cemig, 2005

- **Econômicos**

Os problemas econômicos causados por esta espécie são decorrentes de sua característica incrustante sendo o mesmo responsável pela formação de *biofouling* (incrustação biológica) ou *macrofouling* (grandes incrustações). Todos os equipamentos e instalações por onde se dá a circulação de água bruta, sejam nas captações, estações de bombeamento ou adutoras, são suscetíveis ao fenômeno de *macrofouling*.

Quando o mexilhão dourado fixa-se a substratos firmes, formando, em curto espaço de tempo, grandes aglomerados, causa entupimentos em filtros, turbinas e encanamentos tanto de Usinas Hidrelétricas (UHE), como de Estações de Tratamento de Água (ETA) e sistemas de refrigeração de indústrias que utilizam água bruta, alterando assim toda a rotina de manutenção destas empresas.

Além disso, aumenta o custo de operação devido a diminuição da eficiência das bombas, corrosão de tubos por causa da proliferação de bactérias e fungos, e interrupção do serviço para limpeza e trocas de filtros.

O ingresso desta espécie ocorre, em particular, durante os primeiros estágios de desenvolvimento. Alcançando o sistema, as larvas se fixam a todo tipo de substrato duro (metal, plástico, cimento, madeira etc.), se transformam em adultos e crescem descontroladamente.

Segundo Phillips *et al.* (2005) a extensa proliferação e fixação de moluscos em usinas hidrelétricas pode provocar principalmente:

- Entupimento ou redução da seção de tubulações.
- Decomposição de material orgânico.
- Aumento na corrosão de tubulações, ligas metálicas, concreto e polímeros, pela proliferação de outros agentes biológicos indesejáveis (bactérias, fungos etc.).
- Diminuição da vida útil de equipamentos pelo aumento da manipulação durante a manutenção.
- Aumento da mão-de-obra para limpeza ou troca de encanamentos, filtros etc.
- Redução da velocidade do fluxo de água em tubulações devido a perdas por fricção (fluxos turbulentos).
- Acumulação de valvas vazias e contaminação das vias de água por mortalidade massiva, devido a inadequados tratamentos de controle.
- Oclusão de filtros.

Desde 2001, a espécie habita o reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu aonde vem aumentando sua população (ZANELLA e MARENDA, 2002) e causando problemas nos sistemas de resfriamento da usina, como mostrado na Figura 3.23.



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.23 – Grade de proteção de Usina Hidrelétrica incrustada de *L. fortunei*, como observado no detalhe à direita

No Pantanal foi constatado que o mexilhão dourado entra no sistema de refrigeração dos motores das embarcações impedindo que a água circule, causando superaquecimento do motor, que pode vir a fundir.

Na estação de captação de água da Companhia Paranaense de Saneamento que capta água do reservatório de Itaipu e na Estação de Tratamento de Água das cidades de Corumbá e Ladário foi observada a incrustação de mexilhões nas tubulações, causando uma diminuição do volume de água captada (Figura 3.24).



Fonte: Oliveira *et al*, 2004

Figura 3.24 – *L. fortunei* incrustado no interior de tubulações

Nestas estações de tratamento foram verificados problemas como perda de carga em função do bloqueio dos gradeamentos e redução do diâmetro das adutoras de água bruta (Figura 3.25 e Figura 3.26). A acumulação de valvas vazias e acúmulo de organismos mortos nas estações podem provocar gosto e odor na água, mas nenhuma referência é realizada sobre a disponibilidade do mesmo causar toxicidade (COLARES, 2002).



Fonte: Giordani *et al*, 2005

Figura 3.25 – Mexilhão dourado na captação da ETA



Fonte: Giordani *et al*, 2005

Figura 3.26 – Gradeamento da ETA com mexilhão

Esses problemas tornam clara a importância do estudo do mexilhão dourado para os serviços de abastecimento público de água potável, pois pode tornar necessária a utilização de produtos como carvão ativado para remoção de gosto e odor.

Observou-se ainda a colonização desses bivalves em tanques-rede submersos utilizados para experimento em piscicultura, localizados em um canal lateral ao rio Paraguai, próximo a Corumbá (Figura 3.27). Os bivalves foram encontrados fixos em tela de aço, cordas de *nylon* e tambores plásticos (OLIVEIRA, 2003).



Fonte: Oliveira, 2003

Figura 3.27 – Tanque rede com mexilhão dourado

O *L. fortunei* também vem provocando importantes alterações paisagísticas e na rotina de pesca. O mexilhão causa danos às redes de arrasto e em embarcações fluviais (recreio, carga, passageiro, pesca etc.) com incrustações em casco, hélice, leme e nas tubulações de refrigeração de motor, causando aumento dos custos de combustível e manutenção (Figura 3.28).



Fonte: Furnas, 2003

Figura 3.28 – Embarcação e o detalhe do casco com mexilhões aderidos

- **Na Saúde**

Os mexilhões dourados não podem ser utilizados na alimentação porque em alguns indivíduos adultos foram encontrados *Salmonella* sp., bactéria que causa infecção intestinal. Já estão sendo realizadas pesquisas sobre algumas doenças que podem ser transmitidas pelos mexilhões dourados, entre elas a esquistossomose e a dermatite, uma inflamação de pele (GISP, 2005).

Cabe destacar que o mexilhão dourado, devido a sua característica filtrante, pode remover substâncias tóxicas e acumular as mesmas em seus tecidos, entre elas metais pesados, agrotóxicos e toxinas presentes na água. Assim, se o homem se alimentar de algum consumidor que se alimentou do mexilhão dourado contaminado, está sujeito a contaminação por estas substâncias, já que elas se acumulam nos níveis tróficos.

A Tabela 3.3 mostra os principais impactos sobre as atividades socioeconômicas provocados pelo mexilhão dourado.

Tabela 3.3 – Principais impactos sobre as atividades socioeconômicas, provocados pelo mexilhão dourado

ATIVIDADES	IMPACTOS	EFEITOS
USINAS HIDRELÉTRICAS (UHE)	Incrustações nas grades de retenção, no sistema de resfriamento e obstrução de filtros.	Custos adicionais de limpeza e manutenção e possibilidades de interrupção de atividades
USO DIRETO DA ÁGUA (irrigação, refrigeração, uso da água como insumo de produção e abastecimento)	Colmatação (obstrução) das tubulações	Novos custos em limpeza e manutenção do sistema (até então desnecessários) e possibilidade de redução e interrupção de serviços
EMBARCAÇÕES FLUVIAIS (recreio, carga, passageiro, pesca, etc.)	Incrustações nas obras vivas (casco, hélice, lema) e nas tubulações de refrigeração do motor.	Aumento dos custos de combustível e manutenção. Riscos de danos no motor
PESCA E CULTIVOS	Colmatação (obstrução) de tanques rede, danos físicos a redes de arrasto e adoção de novos procedimentos de prevenção de dispersão do mexilhão dourado no transporte e distribuição da produção.	Custos extras de procedimentos de transporte de produtos de piscicultura

Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente, 2004b

3.2.5. Legislação Ambiental

Não existe, até o momento, uma lei ou norma específica aplicável à questão do mexilhão dourado. Assim, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) instituiu pela Portaria n.º 494, de 22 de dezembro de 2003, a “Força Tarefa Nacional (FTN) para o Controle do Mexilhão Dourado”, baseada nas diversas experiências no combate do mexilhão dourado realizadas no Brasil e naquelas realizadas nos Estados Unidos, no combate ao mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*).

Foi elaborado um Plano de Ação Emergencial (PAE), com propostas de ações de divulgação, capacitação, monitoramento e fiscalização. Os resultados das atividades da FTN foram apresentados em onze reuniões, compreendendo o período de agosto de 2003 a agosto de 2004.

Assim, foram sugeridas medidas para a estruturação, implementação e avaliação de uma proposta de controle da infestação do mexilhão dourado a partir da análise do quadro atual de sua expansão e tendências, assim como dos mecanismos de resposta para as diferentes regiões de sua concentração, levando-se em conta aspectos de custo-benefício sócio-ambiental e a exequibilidade pretendida (MMA, 2004a).

A continuidade das ações de combate e contenção ao mexilhão dourado, após o encerramento das atividades da FTN, ficou sob a coordenação, em nível nacional, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), pela pertinência do tema em relação às suas atribuições institucionais. Essa atividade implicou na designação de setores responsáveis pela centralização de informações e na eventual redefinição de orientações para o controle do mexilhão.

O registro e reconstrução histórica dos eventos de invasão sugerem que *L. fortunei* é introduzido em portos cuja salinidade local seja baixa, como é o caso dos portos do estuário do Rio da Prata e de Porto Alegre.

Portanto, alguns portos brasileiros, especialmente aqueles localizados em águas de baixa salinidade, como os portos de Belém e Manaus, deveriam ser colocados em estado de alerta para barcos oriundos de regiões infestadas, definindo medidas legais para o tratamento da água de lastro. A Autoridade Marítima (AM) vem trabalhando para estabelecer requisitos para o gerenciamento da água de lastro em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB).

Em outubro de 2005 foi editada a NORMAM 20 (Norma da Autoridade Marítima), para fazer com que todos os navios com acesso aos portos e terminais nacionais operem nos termos estabelecidos pela Convenção da IMO (Organização Marítima Internacional) (BELZ, 2006).

3.2.6. Exemplos de Metodologias Propostas para o Controle da Espécie

A infestação de instalações não é um problema sem solução, pois métodos de controle através de meios físicos ou químicos têm se mostrado eficientes. Porém, a maioria dos métodos desenvolvidos, são de difícil aplicação em sistemas industriais e sempre trazem custos associados, quer de ordem econômica ou ambiental.

A experiência tem mostrado que dificilmente um único método é suficiente para minimizar o problema em uma planta industrial, sendo necessária a utilização de dois ou mais métodos atuando de forma sinérgica. (BELZ, 2006).

Cataldo *et al.* (2002b) citam uma variedade de medidas para o controle do *Limnoperna fortunei*, incluindo sua remoção manual ou mecânica através de água sob alta pressão, utilização de filtros, manipulação da temperatura da água, utilização de campos elétricos, luz ultravioleta, ozônio, anoxia, pinturas antiincrustante, pulsos elétricos etc.

Na Usina de Itaipu está sendo testada a injeção de cloro em baixas concentrações no sistema de resfriamento de uma unidade geradora. Também está em análise o uso de filtros mecânicos para retenção dos moluscos e até ações de correntes elétricas.

Está em fase de teste um produto antiincrustante e desnaturizador de proteínas, capaz de proteger as máquinas, equipamentos e tubulações dos mexilhões e lamas ferruginosas. Em testes realizados na Usina de Ilha Solteira (CESP), o produto apresentou uma eficiência de 97% no controle do mexilhão dourado e não apresentou efeito tóxico ao meio ambiente (ROLLA, 2009).

Cataldo *et al.* (2002a) avaliaram a capacidade de predação de mexilhão dourado por peixes existentes na bacia do Prata através de pesquisa experimental. Foi observado que a predação por peixes é um promissor método de controle do assentamento deste organismo no meio ambiente, mas que tem pouco potencial de ser aplicado ao controle do assentamento em instalações de adução e tratamento de água.

4. SUGESTÕES PARA AS COMPANHIAS DE SANEAMENTO E SAAE – SERVIÇOS AUTÔNOMOS DE ÁGUA E ESGOTO

Para manter e ampliar a qualidade de seus mananciais, as Companhias de Saneamento e os Serviços Autônomos de Água e Esgoto se preocupam com as questões ambientais. E atualmente, o principal cuidado deve-se à invasão silenciosa e perigosa representada por espécies de algas, plantas e também animais, como peixes e moluscos originários de outras regiões, que podem influenciar no trabalho de conservação feito até hoje.

Para o mexilhão dourado já estão sendo utilizadas metodologias de controle como descargas elétricas, biocidas, altas temperaturas, dentre outras. Porém, estas metodologias ainda não são ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis.

Assim, a melhor maneira de se evitar problemas decorrentes de sua invasão é colaborar para que a disseminação desse molusco seja lenta, ou mesmo impedida, através das ações mencionadas a seguir.

4.1. Educação Ambiental

Através da comunicação é possível levar à sociedade informações sobre a importância, a abrangência socioeconômica e ambiental dos possíveis impactos advindos da dispersão do mexilhão dourado em águas brasileiras. Assim, a conscientização da comunidade pode ser feita através das seguintes ações:

- Desenvolver um programa de educação ambiental nas comunidades próximas aos reservatórios, informando a população sobre a fauna e flora local, além de espécies invasoras.
- Firmar parcerias com os Comitês de Bacias, Conselhos Municipais e Estaduais e órgãos de fiscalização para a divulgação do programa.
- Desenvolver materiais para divulgação, como vídeos, CD, adesivos, *link* no *site* das Companhias de Saneamento/SAAE com informações sobre o mexilhão dourado, folhetos, cartazes, anúncio de serviço público (TV, rádio etc.).
- Delimitar área de acesso a terceiros para evitar a degradação e possível contaminação biológica nas áreas de proteção dos reservatórios.

- Aproveitar áreas de turismo, como por exemplo, o Reservatório Vargem das Flores - COPASA (Figura 4.1), localizado no município de Contagem/MG, como forma de educar e/ou disseminar informações sobre o mexilhão e prevenir a sua introdução. Instalar, ao longo do reservatório, placas informativas sobre o mexilhão invasor e firmar convênio com a Polícia Ambiental para otimizar a fiscalização.



Fonte: Felipe, 2007

Figura 4.1 – Reservatório Vargem das Flores – Copasa

- Orientar os piscicultores sobre medidas de prevenção em relação às áreas de riscos no momento de adquirirem os alevinos e matrizes.
- Informar aos desportistas da pesca, sobre as áreas de riscos e medidas preventivas com as embarcações no que diz respeito ao risco de transportar o mexilhão dourado para outros ambientes.

4.2. Pesquisa e Monitoramento

FILIPPO (2003) ressalta que conhecer a biologia da espécie invasora, tanto no ambiente humano quanto no natural, é um dos requisitos fundamentais para um efetivo controle e para evitar deteriorações indesejáveis do ambiente.

4.2.1. Capacitação de corpo técnico

- Formar e capacitar um corpo técnico para as atividades de reconhecimento, monitoramento e disseminação das informações sobre o mexilhão dourado.
- Promover curso para a identificação de larvas, já que esta é a forma infectante dos sistemas (coletores de água em ETA, canalizações, bombas de sucção etc.).

- Incentivar estudos da biologia do mexilhão dourado, a fim de conhecer o potencial de sobrevivência da espécie em diferentes ambientes aquáticos

4.2.2. Laboratórios para cultivo, manipulação e estudos do mexilhão

Para o controle dessa espécie invasora é necessário conhecer melhor sua ecologia, para assim definir a metodologia e técnicas para o seu manejo e ensaios laboratoriais. Também é imprescindível, principalmente, em áreas ainda não sujeitas à invasão, que procedimentos legais e operacionais para o cultivo e manipulação do mexilhão sejam definidos.

Tendo em vista a preocupação com a não contaminação de rios e lagos, salientados por estes procedimentos, é necessária a existência de laboratórios preparados para o cultivo, manipulação e descarte dos moluscos.

Conforme tabela 4.1, os procedimentos operacionais de segurança dos laboratórios foram definidos a partir de levantamento bibliográfico referente à sensibilidade das larvas e dos adultos do mexilhão.

Segundo Simeão (2009), com o foco nesta preocupação ambiental e baseado nestas informações acima descritas, o Centro de Pesquisas em Hidráulicas e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais (CPH-UFGM) está construindo um Laboratório de Estudos do *Limnoperna fortunei* (LELF).

Tabela 4.1 – Procedimentos Operacionais de Segurança do Laboratório de Cultivo de *Limnoperna fortunei*

PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA DO LABORATÓRIO DE CULTIVO DE <i>LIMNOPERNA FORTUNEI</i>	
INFRA-ESTRUTURA LABORATORIAL	<ul style="list-style-type: none"> - controle da saída de água - isolado da rede de esgoto <p>saída de água: sistema fechado, dispersão no solo</p>
ACESSO	<ul style="list-style-type: none"> - restrito - com controle de entrada e saída - uso obrigatório de equipamentos de segurança: jaleco, luvas e protetores de calçados
VIDRARIA	<ul style="list-style-type: none"> - uso restrito - desinfecção em HCl 10% por 12h - lavada apenas no laboratório
DESCARTE DO MOLUSCO	<ul style="list-style-type: none"> • LARVAS <ul style="list-style-type: none"> - registro - água descartada apenas no laboratório - descarte da caixa d'água: cloro 5ppm por 24h • ADULTOS <ul style="list-style-type: none"> - registro - mantidos em HCl 10% - autoclavagem e incineração
DESCARTE DE RESÍDUOS	<ul style="list-style-type: none"> - Sólido: incinerado

Fonte: Adaptado de Campos, Gruckert e Rolla, 2003

A Figura 4.2 apresenta o aquário de criação da espécie implantado pelo laboratório de estudos de *L. fortunei*.



Fonte: Simeão, 2009

Figura 4.2 – Aquários para criação e cultivo da espécie

Para a implantação do laboratório nas instalações do CPH, as paredes e o piso receberam tintas impermeabilizantes e as portas, isolamento termo-acústico. A água para abastecimento será desclorada (Figura 4.3) e toda água descartada será direcionada a um reservatório onde receberá radiação ultravioleta (UV) 13 W.



Fonte: Simeão, 2009

Figura 4.3 – Sistema de água desclorada

A radiação promove a desinfecção, exterminando as larvas do mexilhão. Deste reservatório a água seguirá para uma caixa de infiltração, tendo esta uma camada de 30 cm de pedra de mão, 30 cm de brita e capacidade para 3.000L, como se observa na Figura 4.4.



Fonte: Simeão, 2009

Figura 4.4 – Caixa de infiltração no solo

4.3. Trabalhos de prevenção e monitoramento

Inventariar e mapear estas espécies exóticas invasoras, bem como os ecossistemas em que foram introduzidas e áreas susceptíveis de invasão são essenciais para nortear estudos dos impactos gerados e ações de controle.

4.3.1. Identificação de possíveis áreas de risco

- Identificar bacias hidrográficas com problemas críticos em relação às espécies invasoras e mapear as áreas que estão na rota de dispersão do mexilhão dourado.
- Implantar um plano de manejo considerando as áreas de ocorrência e as áreas consideradas de maior risco.
- Mapear e monitorar a área de ocorrência do mexilhão dourado e identificar os locais de ocorrência através de placas informativas.
- Identificar, através de análise de risco, as áreas de maior potencial de invasão do mexilhão dourado.
- Definir um programa básico de monitoramento que inclua: protocolo de amostragens, análise, frequência de coletas e parâmetros de monitoramento.

- Estabelecer um programa de monitoramento para detectar invasões recentes.

4.3.2. Inspeção visual

- Observar detalhadamente as margens dos rios, lagos, reservatórios artificiais e outros corpos hídricos em busca dos mexilhões dourados, especialmente onde se encontram substratos duros, total ou parcialmente submersos.
- Os mexilhões podem estar fixados em cordas, garrafas plásticas, pedras, troncos de árvores, raízes, folhas de plantas flutuantes ou submersas e também nas estruturas de turismo, balneários, portos, balsas, paliteiros, régua de medição hidrométrica, pilares de pontes, barragens, e em grades e tubulações de Estações de Tratamento de Água (ETA).

4.4. Manual de procedimentos e padronização de coletas

Pesquisadores e técnicos devem ter cuidado com o material de coleta, pois o uso continuado e manutenção dos equipamentos em ambiente podem permitir a fixação das larvas e o desenvolvimento de mexilhões. Usar itens específicos para cada local e desinfetá-los.

4.4.1. Embarcações

Como os bivalves são também disseminados incrustados nos cascos das embarcações, alguns cuidados podem ser tomados para evitar sua dispersão:

- Estabelecer um método para inspeção de barcos e realizar treinamento de pessoas para esta função.
- Uso de equipamentos de navegação deve ser restrito e específico para cada reservatório de acumulação. Cada unidade deverá possuir os equipamentos necessários ao monitoramento de forma a se evitar a contaminação destes mananciais.
- Verificar a presença de incrustação na parte externa de barcos e motores, bem como retirar qualquer vegetação encontrada dentro e fora do barco ou do reboque e águas provenientes de áreas onde possa ocorrer o mexilhão dourado.
- Lavar o casco e outras partes do barco e do reboque com solução de água sanitária a 5% (misturar um litro de água sanitária a 20 litros de água). Remos, tarrafas e redes também devem ser desinfetados. Resíduos e água resultantes da operação de limpeza do barco devem ser descartados em terra.

- Não devolver ao ambiente aquático bivalve retirado durante processos de limpeza.
- Sugere-se ainda o uso de tintas anti-incrustantes nos cascos das embarcações.

4.5. Procedimentos de Biossegurança em Laboratórios

As áreas laboratoriais devem ser reformadas e reestruturadas para obedecer aos critérios e normas de biossegurança, de forma a se evitar a disseminação acidental da espécie. Deve-se criar um sistema de descartes controlados e impedir, por meio de adaptações na instalação hidráulica, a disposição de resíduos e águas servidas diretamente na rede.

O primeiro passo é não descartar restos de amostras diretamente na rede de esgotos comuns. Na fase larval, não é possível visualizar o mexilhão. Assim, qualquer amostra de água, coletada em corpos hídricos, contaminados ou sob suspeita de contaminação, devem receber cuidados especiais que garantam a eliminação de qualquer forma de propagação.

Desta forma, os resíduos de coleta oriundos de áreas de risco, como triângulo mineiro e sul do estado de Minas Gerais, áreas localizadas próximo aos locais onde já se encontra o mexilhão, devem passar por severo controle de desinfecção.

Assim, pedaços de plantas aquáticas devem ser enterrados e os restos de amostras devem ser descartados em caixa d'água clorada a 5ppm por 24 h e depois descartada em fossa seca. As vidrarias devem ser desinfetadas em HCl 10% ou em cloro 5ppm por 12 h. (CAMPOS, GRUCKERT e ROLLA, 2003).

5. CONCLUSÃO

O grande problema das invasões biológicas é que inicialmente são apenas alguns indivíduos e estes não costumam receber atenção até que ocorra uma explosão populacional. Quando a invasão chega a este ponto em geral é irreversível, pois a erradicação de uma espécie amplamente dispersa é cara e difícil de atingir.

Quanto mais tempo passar sem ação de controle e esforço para a erradicação, maior a dificuldade e o custo envolvidos. Por este motivo, este assunto tem recebido bastante atenção por parte de diferentes setores da sociedade, instituições de pesquisa, economistas e tomadores de decisão.

Assim, a primeira estratégia a adotar é a prevenção que consiste em impedir a entrada de espécies exóticas em um ambiente. A segunda é montar um sistema de detecção precoce e ação imediata, ou seja, um sistema de alerta em que qualquer espécie que não pertença a um ambiente deva ser eliminada antes que tenha oportunidade de se tornar um problema.

Para isso, é fundamental que planos de manejo identifiquem os problemas existentes e proponham soluções práticas de ação rápida para a remoção de espécies exóticas invasoras.

O sucesso dessa empreitada dependerá da conscientização da população para os problemas que o mexilhão oferece. E para proteger a diversidade biológica dos corpos hídricos é fundamental documentar as invasões atuais, prever locais susceptíveis e impedir futuras invasões.

Por este motivo as Companhias de Saneamento e SAAE devem implementar um conjunto de normas de conduta em relação à proteção de áreas destinadas à preservação da qualidade das águas e da biodiversidade dos corpos hídricos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECHARA, F. A. Contaminação Biológica. In: Restauração Ecológica de Restingas Contaminadas por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. Tese Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BELZ, C. E. Análise de risco de bioinvasão por *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), um modelo para a bacia do rio Iguaçu, Paraná. 2006. Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

BOLTOVSKOY, D. e CATALDO, D. H. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the lower Parana river (Argentina). *Biofouling* 14 (3): 255-263. 1999.

CAMPOS, M.C.S. Descrição e caracterização do habitat de *Limnoperna fortunei* – bacia do Alto Paraná. In: II Seminário Internacional sobre Manejo e Controle de Espécies Aquáticas Invasoras. Belo Horizonte/MG. 2009.

CAMPOS, M.C.S.; RUCKERT, G.V.; ROLLA, M.E. Nota sobre procedimentos de segurança no cultivo e manutenção de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em laboratório. In: IX Congresso Brasileiro de Limnologia. Juiz de Fora: UFJF, 2003.

CAMPOS, J.B.; TOSSULINO, M.C; MÜLLER, C,R. (Organizadores). Unidades de Conservação - Ações para a valorização da Biodiversidade. Curitiba. Instituto Ambiental do Paraná – IAP. 2005.

CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D. 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 (3): 307-317. 2000.

CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; MARINI, V.; CORREA, N. Limitantes de *Limnoperna fortunei* en la cuenca del Plata: La predacion por peces. In. Tercera jornada sobre conservación de la fauna en el río Uruguay, Paysandu, Uruguay. 2002a.

CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; POSE, M. Control del molusco incrustante *Limnoperna fortunei* mediante el agregado de moluscicidas al agua. Tercera jornada sobre conservación de la fauna íctica en el rio Uruguay. Paysandu, Uruguay. 2002b.

COLARES, E. R. da C.; SUMINSKY, M.; BENDATI, M. M. de A. Diagnóstico e controle do Mexilhão Dourado *Limnoperna fortunei* em sistemas de tratamento de água em Porto Alegre, RS, Brasil . In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, 2002.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - Cemig. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. – Cetec. O mexilhão dourado, uma ameaça às águas e hidrelétricas brasileiras. Belo Horizonte. Cemig, 2005.

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

DARRIGRAN, G.; DRAGO, E. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, v. 114, n. 2, p.69-73. 2000.

DARRIGRAN, G.; PENCHASZADEH, P. e DAMBORENEA, M. C. The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from a neotropical temperate locality. *Journal of Shellfish Research* 18 (2): 361-365. 1999.

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of a freshwater Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *Veliger*, Santa Bárbara, v. 38, n. 2, p. 171-175, 1995.

ELETROBRÁS-FURNAS. Ações Ambientais - Mexilhão Dourado. 2003. Disponível em http://www.furnas.com.br/meioambiente_mexilhao2.asp Acesso em 05.ago.2008.

FELIPE, G. A.; Programa de Biossegurança - Invasões Biológicas. Copasa - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007.

FILIPPO, R. Mexilhão dourado nos ecossistemas brasileiros. *Sepronews*. Série meio ambiente. Ano 1 n^o 3 Maio. 2003.

GIORDANI, S.; ANDREOLI, C.V.; NEVES, P.S. *Limnoperna fortunei* ou mexilhão dourado: Impactos causados, métodos de controle passíveis de serem utilizados e a importância do controle de sua disseminação. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande. 2005.

GISP- Programa Global de Espécies Invasoras. A América do Sul Invasida. 2005. Disponível em: < <http://www.gisp.org> > Acesso em: 05 set.2008.

INSTITUTO HÓRUS. Levantamento Nacional de Espécies Exóticas Invasoras. 2008. Disponível em: < <http://www.institutohorus.org.br> > Acesso em: 05 ago. 2008.

JOHNSON, L. E.; CARLTON, J. T. Post-establishment spread in large-scale invasions: dispersal mechanisms of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Ecology*. 77(6): 1686-1690. 1996.

KIMURA, T. & SEKIGUCHI, H. Larval and Post-Larval Shell Morphology of Two Mytilid Species *Musculista shousia* (Benson) and *Limnoperna fortunei* (Habe). *Venus. Jap. Jour. Malac.* 53(4): 307 – 318. 1994.

LEI, J.; PAYNE, B. S. e WANG, S. Y. Filtration dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 29 – 37. 1996.

MANSUR, M.C.D.; CALLIL C.T. ; CARDOSO F.R. & IBARRA J.A.A. Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do sudeste asiático, na América do Sul, p. 39-58. In: J.S.V. Silva & R.C.C.L. Souza (Eds). Água de lastro e Bioinvasão. Rio de Janeiro, Interciências. 2004.

MANSUR, M.A.D.; SANTOS, C.P.; DARRIGRAN, G. HEYDRICH, I.; CALLIL, C.; CARDOSO R.S. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20 (I): 75-84, março, 2003.

MANSUR, M. C. D.; RICHINITTI, L. M. Z.; SANTOS, C. P. dos. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), molusco bivalve invasor, na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*. Porto Alegre 7 (2): 147-150. 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras – Ações Prioritárias. 2003. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/aguadelaastro/>> Acesso em: 10 mai. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de Ação Emergencial – Força-Tarefa Nacional para controle do mexilhão-dourado, Brasília, 2004a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/aguadelaastro/>> Acesso em: 10 ago. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Projeto de comunicação - mexilhão dourado - Documento de Apoio às ações de comunicação, Brasília, 2004b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/aguadelaastro/>> Acesso em: 10 ago. 2006.

MORTON, B. The Colonization of Hong Kong's raw water supply system by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilacea) from China. Malacol. Rev., 8: 91-105. 1975.

MOTA, H.R.; Programa de Prevenção e Controle sobre os Impactos Causados por Espécies Aquáticas Invasoras. In: II Seminário Internacional sobre Manejo e Controle de Espécies Invasoras. Belo Horizonte: 2009.

NUNES, V. P. Pombos Urbanos: O Desafio de Controle. Biológico, São Paulo, v.65, n.1/2, p.89-92. 2003.

OLIVEIRA, M. D.; PELLEGRIN, L. A.; BARRETO, R. R.; SANTOS, C. L.; XAVIER, I. G. “Área de ocorrência do mexilhão dourado na bacia do alto Paraguai, entre os anos de 1998 e 2004”, Documento 64 – Embrapa. 2004.

OLIVEIRA, M D. Ocorrência e impactos do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) no Pantanal Mato-Grossense, Corumbá. Embrapa Pantanal. Circular Técnica 38. 2003.

PASTORINO, G.; DARRIGRAN, G.; MARTIN, S.; LUNASCHI, L.. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor em águas Del Rio de la Plata. Neotropica, 39 (101-102): 34. 1993.

PHILLIPS, S.; DARLAND, T. & SYTSMA, M. Potencial Economic Impacts of Zebra Mussels on the Hydropower Facilities in the Columbia River Basin. Prepared for the Bonneville Power Administration by Pacific States Marine Fisheries Commission. 2005. Disponível em Disponível em: <<http://www.psmfc.org/>> Acesso em: 23 ago. 2008.

- RICCIARDI, A. Global range expansion of the asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems. *Biofouling* 13 (2): 97-106. 1998.
- ROLLA, M. E. Controle do Mexilhão Dourado em Usinas da Cemig - Proposta de Procedimentos. In: II Seminário Internacional sobre Manejo e Controle de Espécies Aquáticas Invasoras. Belo Horizonte/MG. 2009.
- ROLLA, M. E. *et al.* O mexilhão dourado, uma ameaça às águas e hidrelétricas brasileiras. Belo Horizonte: Cemig, 2004.
- RUIZ, G. M.; RAWLINGS, T. K.; DOBBS; F. C. DRAKE, L. A.; MULLADY, T. ; HUQ, A. e COLWELL, R. R. Global spread of microorganisms by ships *Nature* v.408 p. 49-50. 2000.
- RUPPERT, E. E.; BARNER, R. D. Zoologia dos Invertebrados. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996.
- SANTOS, C. P. dos, WURDIG, N. L.; MANSUR, M. C. D. Larval stages of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Bivalvia, Mytilidae) in Guaíba Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2005, vol.22, no.3, p.702-708. 2005.
- SILVA, J. S. V.; FERNANDES, F. da C.; SOUZA, R. C. C. L.; LARSEN, K. T. S. DANELON, O. M. Água de Lastro e Bioinvasão. In: SILVA, J. S. V. e SOUZA, R. C. C. L. Água de Lastro e Bioinvasão. Editora Interciência. Rio de Janeiro, RJ. 2004.
- SIMEÃO, C. M. Construção do Laboratório de Biossegurança para a sua criação/manutenção. In: II Seminário Internacional sobre Manejo e Controle de Espécies Invasoras. Belo Horizonte: 2009.
- STOECKMANN, A. M. e GARTON, D. W. Metabolic responses of zebra mussels to increased food supply and induced spawning. *Shell fish Res.* 11 (1): 239. 1992.
- VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG M. C. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica. *Química Nova* vol.27 n°1. São Paulo. 2004.
- ZANELLA, O.; MARENDA, L. D. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* na Central Hidrelétrica de Itaipu. In: V Congresso Latino-Americano de Malacologia. Instituto Butantan/ Instituto de Biociências – USP. São Paulo, Brasil: p. 41. 2002.

ZILLER S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. Ciência Hoje, 2004.