

**Estratégias de gestão ambiental adotadas pelo setor elétrico para controle do  
*Limnoperna Fortunei*****Environmental Management Strategies Adopted by *Limnoperna Fortunei* Power  
Sector to Control**

Recebimento dos originais: 05/09/2019

Aceitação para publicação: 25/09/2019

**Romero de Albuquerque Maranhão**

Pós-Doutorando em Educação, Arte e História da Cultura pela Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Doutor em Administração, Mestre em Geografia

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo - SP, 01302-907

E-mail: romeroalbuquerque@bol.com.br

**Norberto Stori**

Professor Titular do Programa de Pós Graduação em Educação, Arte e História da Cultura da  
Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Doutor pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Livre Docente pela UNESP.

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo - SP, 01302-907

E-mail: nstori@uol.com.br

**RESUMO**

O *Limnoperna fortunei* é responsável por impactos sócio-ambientais e econômicos, principalmente no setor hidrelétrico responsável pela maior parte da produção de energia elétrica no Brasil. Possui alta capacidade de reprodução, podendo se reproduzir durante todo o ano com alguns picos nas estações mais quentes e sua capacidade de dispersão deve-se ao fato da espécie possuir uma fase larval em seu ciclo de vida onde é livre. Esta característica aliada à ausência de predadores naturais e capacidade de adaptação faz com que a espécie se reproduza demasiadamente formando aglomerações que causam impactos ambientais e econômicos. O objetivo desta pesquisa é apresentar as estratégias de gestão ambiental que as empresas do setor elétrico têm utilizado para controlar a expansão do mexilhão dourado e evitar seus impactos ao setor energético. Esta é uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, já que se propõe a preencher uma lacuna no conhecimento a respeito das estratégias de gestão ambiental adotadas por empresas do setor elétrico. Os resultados apontam que as estratégias de gestão ambiental adotadas pelas empresas do setor elétrico estão relacionadas a técnicas de controle químico, físico, monitoramento e educação ambiental. O estudo aponta que o sucesso de cada estratégia depende das condições ambientais da localidade, além da cooperação da população que pode indicar os locais de ocorrência das colônias de mexilhão e evitar o seu transporte com medidas de controle sanitário.

**Palavras-chave:** Mexilhão Dourado, Invasão Biológica, Hidroelétrica, Educação Ambiental

**ABSTRACT**

*Limnoperna fortunei* is responsible for socio-environmental and economic impacts, mainly in the hydroelectric sector responsible for most of the electricity production in Brazil. It has high reproductive

capacity and can reproduce throughout the year with some peaks in the warmer seasons and its dispersal capacity is due to the fact that the species has a larval phase in its life cycle where it is free. This feature combined with the absence of natural predators and adaptability makes the species reproduce too much forming agglomerations that cause environmental and economic impacts. The objective of this research is to present the environmental management strategies that the electric sector companies have used to control the expansion of the golden mussel and to avoid its impacts on the energy sector. This is a qualitative exploratory research, as it proposes to fill a knowledge gap about the environmental management strategies adopted by companies in the electricity sector. The results indicate that the environmental management strategies adopted by the companies in the electric sector are related to chemical, physical control, monitoring and environmental education techniques. The study points out that the success of each strategy depends on the environmental conditions of the locality, in addition to the cooperation of the population that can indicate the locations of occurrence of mussel colonies and avoid their transportation with sanitary control measures.

**Keywords:** Golden Mussel, Biological invasión, Hydroelectric, Environmental education

## 1 INTRODUÇÃO

O *Limnoperna fortunei*, vulgarmente conhecido como mexilhão dourado, é um molusco bivalve originários do sudeste asiático. Esta espécie exótica foi introduzida, acidentalmente, na América do Sul no início da década de 1990. A hipótese mais aceita no meio acadêmico é de que sua inserção ocorreu no litoral da Argentina por meio de águas de lastro de navio. Atualmente o mesmo já é encontrado em várias cidades do Uruguai, Brasil, Paraguai, Argentina e Bolívia. Há registros na literatura que o mexilhão dourado invadiu também a China, Coreia, Japão (MAGARA, 2001; GIORDANI *et al.*, 2005).

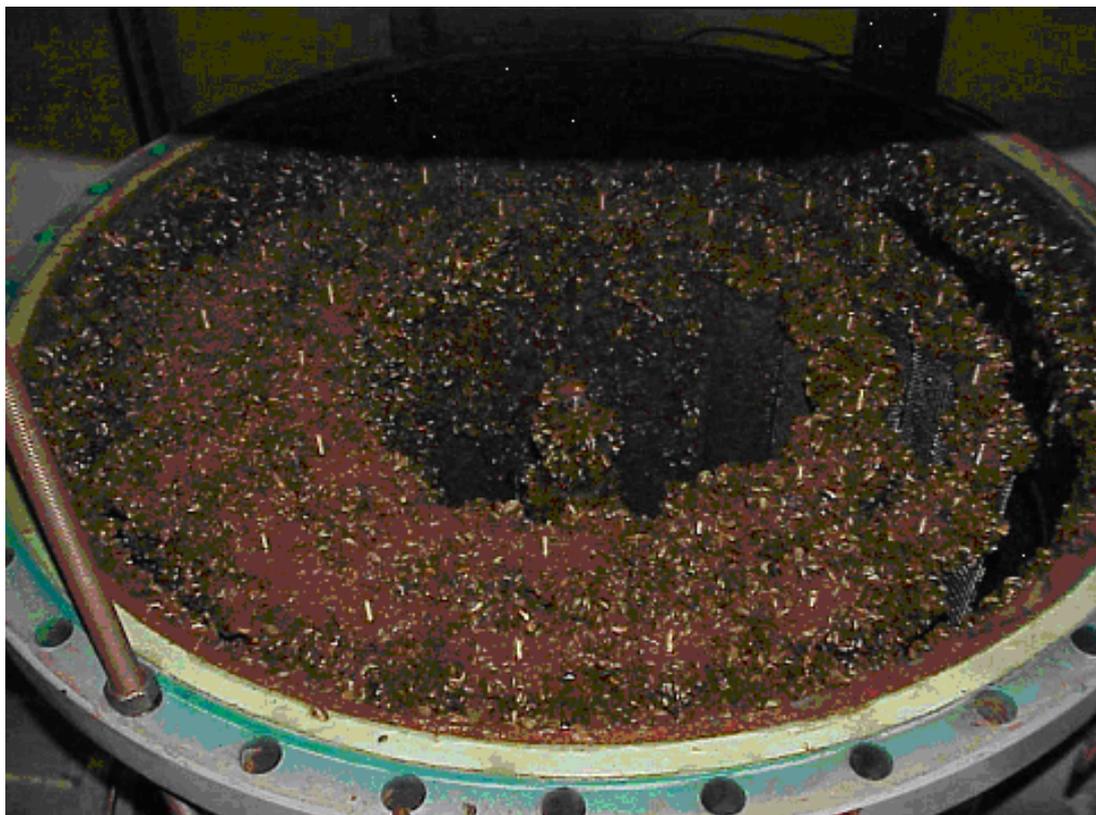
Destaca-se que as invasões biológicas são consideradas a segunda maior causa de perda de diversidade biológica, tanto em relação à fauna, flora, fungos quanto aos microorganismos, sendo que a primeira são as intervenções ocasionadas pelo homem (DARRIGRAN, 2002; ZILLER, 2001).

De acordo com Oliveira (2004) o primeiro registro deste organismo no Brasil ocorreu em 1998 no Pantanal Mato-grossense, incrustado nas embarcações que trafegam no sistema Paraná-Paraguai, sendo observado no rio Paraguai até Bela Vista do Norte, acima da confluência com o rio Cuiabá e no canal de ligação entre Bolívia e o rio Paraguai.

O avanço bem-sucedido do mexilhão dourado tem como principais razões a ausência de predadores naturais, sua facilidade de adaptação, precocidade e alta taxa reprodutiva. Os impactos econômicos gerados por esta espécie estão relacionados com a diminuição da capacidade e eficiência na adução e tratamento de água. Os impactos ambientais causados pela introdução deste organismo são decorrentes da alteração do equilíbrio ecológico visto que este mexilhão provoca alterações significativas na cadeia alimentar e estrutura físico-química dos ecossistemas invadidos (GIORDANI *et al.*, 2005).

Os mexilhões dourados se proliferam em estruturas metálicas submersas e podem causar problemas às empresas de energia e saneamento, por exemplo (figura 1). Não há registros de que a presença dos moluscos tenha prejudicado a geração de energia, mas tem levado as empresas a adotarem medidas para impedir sua incrustação em alguns equipamentos, como nos trocadores de calor. Em Itaipu foi identificada uma infestação de mexilhões dourados em 2001. Dentre as iniciativas adotadas para impedir a proliferação do molusco, no setor elétrico, citamos o aumento da velocidade da passagem de água, estratégia que impede a aderência das larvas.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é apresentar as estratégias de gestão ambiental que as empresas do setor elétrico têm utilizado para controlar a expansão do mexilhão dourado e evitar seus impactos ao setor energético.



**Figura 1: Mexilhões Dourados causando o entupimento de uma tubulação do setor elétrico.** Fonte: <http://www.furnas.com.br/frmMAAcoesMexilhaoDourado.aspx>

## 2 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, já que se propõe a preencher uma lacuna no conhecimento a respeito das estratégias de gestão ambiental adotadas por empresas do setor elétrico. As pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar uma maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses, tendo como objetivo principal, por assim dizer, o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições (GIL, 2002).

A exploração é utilizada quando a área de investigação é nova ou com poucos dados, onde variáveis importantes podem ser conhecidas ou não estar totalmente definidas e os objetivos da exploração podem ser atingidos com diferentes técnicas. Na maioria dos casos, as pesquisas exploratórias envolvem: levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e; análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2002).

Para atender ao objetivo desta pesquisa foram analisadas as informações disponíveis nos relatórios de sustentabilidade de 10 empresas do setor elétrico, das quais, apenas 06 possuíam informações sobre as estratégias utilizadas para controle do mexilhão dourado. As 04 que não continham informações é porque não foram afetadas pelo molusco. Após leitura dos relatórios, foram realizadas visitas aos “sites” das empresas relacionadas ao objeto de estudo, com o intuito de melhor entender o problema apresentado e encontrar as práticas de gestão ambiental realizadas pelas empresas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *Limnoperna fortunei*, conhecido popularmente como mexilhão dourado, é um molusco bivalve que invade sistemas hidráulicos e tubulações, progressivamente obstrui seu diâmetro interno, crescendo em camadas. Devido ao fato desse problema ser relativamente novo no Brasil, existe atualmente muito pouco material disponível no país acerca desse assunto. Hoje representa não apenas uma ameaça ambiental, mas uma questão de importância econômica, pois afeta o funcionamento das hidroelétricas e consequentemente na geração de energia elétrica.

Em 2003, preocupado com a bioinvasão, o governo federal através do Ministério do Meio Ambiente, criou uma força tarefa nacional (FTN) para o controle do mexilhão dourado (Portaria nº 494 de dezembro de 2003). Composta por representantes de sete ministérios e 13 entidades ligadas aos setores de geração de energia, abastecimento e meio ambiente, essa FTN se destinava a traçar um diagnóstico dos danos causados pelo mexilhão dourado e tentar controlá-lo.

Com o desdobramento das ações da FTN, foram criadas coordenações locais, nas bacias dos rios Paraná, Paraguai e Guaíba e em 2004 foi lançado o plano emergencial para combate ao mexilhão

dourado. Com a desativação da FTN em 2007, o plano não foi adiante e a espécie continuou a se espalhar, pois sua taxa de crescimento é assustadora chegando a uma velocidade de ocupação de 240 km/ano. Atualmente o mexilhão dourado já se encontra também na bacia Uberaba, conectada ao rio Paraguai, no rio Cuiabá, próximo à foz do rio Paraguai, no rio Paranaíba, na divisa de Minas Gerais com Goiás, na bacia do rio Tietê em São Paulo, além da região do lago de Itaipu (KOWALSKI e KOWALSKI, 2008).

O controle do mexilhão dourado é complexo, e o grau de complexidade é intensificado na medida em que a aplicação de metodologias de controle é retardada. Não há até o momento método de controle desse “*macrofouling*” que se possa considerar como definitivo. As tentativas de controle até agora se detiveram em métodos físicos, químicos, pinturas anti-incrustantes, controle biológicos por predadores, parasitas e competidores, além de campanhas educativas para evitar a dispersão do molusco. Sem confirmação, estima-se que as empresas gastem acima de R\$ 300.000,00 para manutenção de usinas e invistam R\$ 800.000,00 em tratamento.

A presença do *L. fortunei* no Brasil foi registrada pela primeira vez em 1998, no Delta do rio Jacuí, próximo a Porto Alegre. Em abril de 2001, foi encontrado em uma das tomadas de água da Barragem de Itaipu. Atualmente, encontra-se presente nas usinas hidrelétricas de Jupuí, Três Irmãos, Porto Primavera, Salto Grande, Ilha Solteira e São Simão, e são consideradas com risco potencial de invasão as usinas de Água Vermelha, Volta Grande, Cachoeira Dourada e Itumbiara, conforme imagem satélite com a cronologia de invasão (figura 2).

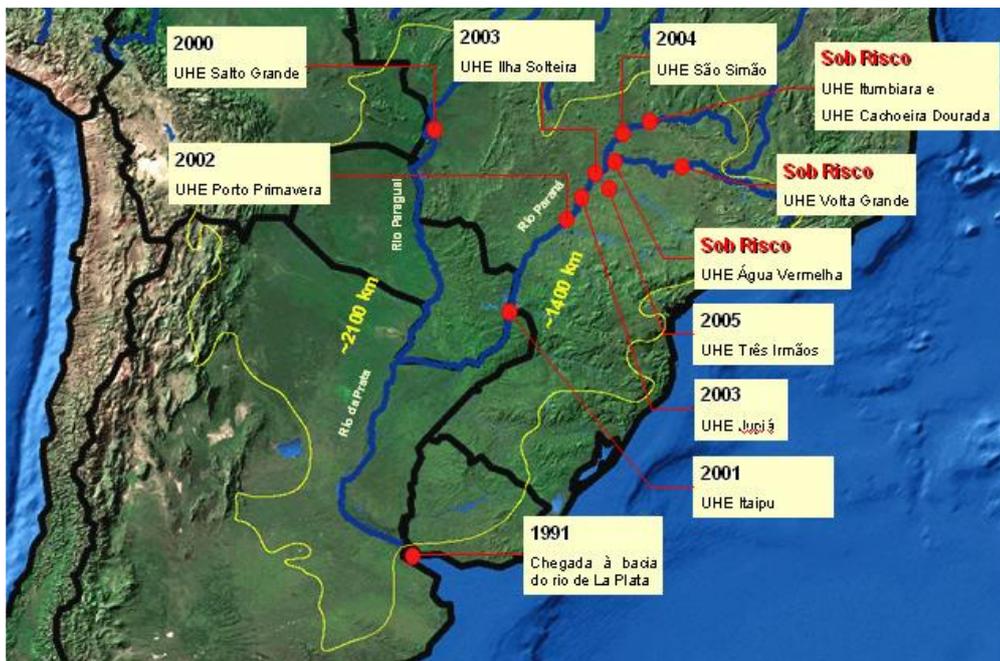


Figura 2: Imagem satélite com a cronologia da invasão do *Limnoperna fortunei* nas usinas brasileiras.

Fonte: RESENDE e MARTINEZ, 2008.

Os impactos do mexilhão dourado nas atividades humanas foram observados pouco tempo após sua invasão na América do Sul. No Brasil, Uruguai, Paraguai, na Argentina e Bolívia, muitas atividades econômicas (duas indústrias nucleares, várias centrais hidrelétricas, estações de tratamento da água, refinarias, etc.) localizadas no estuário do Rio da Prata e nos rios Paraná, Paraguai e Uruguai e seus afluentes, começaram a experimentar problemas de obstruções associados às incrustações de *L. fortunei*. O bivalve invasor provocou o entupimento dos filtros de captação de água, das tubulações, dos trocadores de calor, dos condensadores, etc., tornando-se um grande incômodo para indústrias e companhias de energia que utilizam água bruta, principalmente, para fins de resfriamento.

As estratégias de gestão ambiental em ação pelas empresas do setor elétrico estão relacionadas a técnicas de controle químico, físico, monitoramento e educação ambiental. Do total de empresas empregadas no estudo n=06, 80% empregam a estratégia de monitoramento para localizar e controlar o mexilhão dourado; 40% utilizam a educação ambiental para conscientizar a população do entorno das hidrelétricas quanto aos riscos que o mexilhão apresenta para o sistema de geração de energia e sua invasão nos corpos hídricos; e 100% das empresas fazem investimentos em pesquisas e alternativas viáveis para eliminar a invasão do mexilhão dourado de suas instalações, haja vista o prejuízo com a paralisação do sistema elétrico. A tabela 1 apresenta uma síntese das estratégias adotadas pelas empresas estudadas.

**Tabela 1: Estratégias de Gestão Ambiental utilizadas pelas empresas do setor elétrico para o controle do mexilhão dourado.**

EMPRESA	AÇÕES
DUKE-ENERGY	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controle do molusco invasor <i>Limnoperna Fortunei</i> em sistemas de resfriamento de usinas hidrelétricas com injeção de ozônio.</li> <li>- Acompanhamento da infestação pelo mexilhão-dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>) em suas fases larval e adulta nos reservatórios das UHEs Rosana, Taquaruçu, Capivara, Canoas I, Canoas II, Salto Grande e Chavantes.</li> </ul>
CESP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de sistema automático de tratamento da água do sistema de resfriamento, em Porto Primavera - Unidade Geradora nº 14, para controle do mexilhão dourado, reduzindo as paradas para limpeza dos equipamentos;</li> <li>- Monitoramento e controle do mexilhão dourado, organismo incrustante de tubulações e ambientes de alta vazão d'água, especificamente de unidades geradoras, tem como objetivo reduzir e eliminar o nível de infestação desse organismo, com aplicação de técnicas e produtos que diminuam o número de</li> </ul>

	<p>manutenções, limpeza e paradas de máquinas, possibilitando a otimização na produção e geração de energia elétrica.</p> <p>- Trabalho de conscientização sobre o mexilhão dourado e de técnicas para seu controle. As populações ribeirinhas recebem informações por meio de atividades desenvolvidas no barco-escola e no ônibus-escola utilizados pelo Programa de Educação Ambiental, além de material educativo produzido especialmente sobre o assunto.</p>
ITAIPU	<p>- Monitoramento da proliferação de larvas desse parasita realizado pela Divisão de Reservatório da Itaipu, enquanto o comportamento dos adultos é feito por técnicos do Laboratório Ambiental. Os níveis de reprodução do molusco têm diminuído desde 2005. A redução é atribuída a fatores ambientais, como temperatura da água, redução na disponibilidade de alimento e, também, à ação dos seus predadores, dentre os quais se destacam peixes das seguintes espécies: armados, piaparas, piavas e piaus.</p> <p>- Além disso, remove mecanicamente os moluscos, a Itaipu pesquisa métodos de controle do parasita, como o aumento da vazão em encanamentos, injeções de hipoclorito em baixas concentrações, tintas anti-incrustantes e aplicação do gás ozônio em baixas concentrações. O gás ozônio é usado na tubulação dos trocadores de calor (por onde passa a água que resfria o óleo e lubrifica as turbinas) das unidade geradoras. O método mostra-se eficaz no combate localizado do molusco, ao impedir que uma substância segregada pelo mexilhão dourado se solidifique e o fixe nas estruturas.</p>
FURNAS	<p>- Realiza a campanha “Não dê carona a esse bicho”, de combate ao mexilhão dourado, no rio Grande, em Minas Gerais. O objetivo da campanha é impedir que o molusco atinja duas áreas de risco para a Empresa: o rio Grande (MG) e o rio Cuiabá (GO).</p> <p>- Com o intuito de se antecipar a possíveis problemas que venham a atingir seu parque gerador, a Eletrobrás Furnas formou um grupo de trabalho para definir uma estratégia de ação para a empresa. O grupo é coordenado pelo Departamento de Equipamentos Rotativos, pela Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da Eletrobrás Furnas e pelo Departamento de Meio Ambiente.</p>
COPEL	<p>- O método de controle de infestação de mexilhões dourados na Usina Hidrelétrica Governador José Richa dá-se de forma eletrônica, por meio de software específico, que promove a injeção, por equipamento dosador, de hidróxido de sódio na água do sistema de resfriamento das tubulações, para elevar seu pH, o que impede a fixação de novas larvas de mexilhão e elimina aquelas já fixadas. Periodicamente, são efetuadas limpezas para retirada das placas formadas pelas colônias de mexilhão que são eliminadas por aquela substância e se fixam nos filtros ou em passagens menores da tubulação.</p> <p>- Estudos foram realizados visando alternativas para a destinação dos resíduos do molusco, os quais foram recolhidos e armazenados em tambores, tendo amostras sido coletadas, após secagem, para análise e classificação segundo normas específicas de resíduos sólidos da ABNT (NBR 10.004/2004). Com consideração dos resultados das análises, medidas serão tomadas para: adequação dos resíduos como composto passível de ser incorporado ao solo; uso como substrato à</p>

	produção de mudas nos viveiros florestais de responsabilidade da Companhia; e estabelecimento de protocolo para sua coleta e armazenamento.
CEMIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento de metodologias e pesquisas no ecossistema e em plantas de usinas hidrelétricas para controle do mexilhão.</li> <li>- Ações de controle e prevenção do mexilhão para a criação de uma barreira sanitária que impeça ou minimize os impactos causados pela infestação deste invasor, por intermédio de programas de Educação Ambiental, criação de barreira sanitária, monitoramento do avanço da espécie no estado de Minas Gerais e identificação dos vetores envolvidos na dispersão do mexilhão.</li> <li>- Realiza campanha de prevenção “Sai prá lá, Mexilhão Dourado!”, objetivando conscientizar empregados e contratados da empresa, as comunidades ribeirinhas, pescadores e alunos dos ensinos fundamental e médio sobre os problemas causados por esta espécie invasora.</li> </ul>

#### 4 CONCLUSÕES

São diversas as estratégias de gestão ambiental utilizadas pelas empresas do setor elétrico para conter a bioinvasão do mexilhão dourado nos sistemas de geração de energia. Os prejuízos financeiros ocasionados pela ocorrência do mexilhão dourado nos processos de geração de energia são alarmantes. Os problemas decorrentes da formação de “*macrofouling*” são principalmente relacionados ao entupimento de tubulações e filtros, redução do diâmetro das tubulações e diminuição do fluxo de água, acúmulo e enchimento de válvulas nas estações de tratamento de água, indústrias e geradoras de energia. Esses fatores causam, ainda, a oclusão de bombas, filtros e sistemas de refrigeração, chegando a inviabilizar o funcionamento de pequenas centrais hidrelétricas e/ou de abastecimento urbano de águas.

O estudo aponta que o sucesso de cada estratégia depende das condições ambientais da localidade, além da cooperação da população que pode indicar os locais de ocorrência das colônias de mexilhão e evitar o seu transporte com medidas de controle sanitário.

#### REFERÊNCIAS

DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions**. V.4. n.1 - 2. p.145 - 156. 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDANI, S.; NEVES, P. S.; ANDREOLI, C. V. *Limnoperna fortunei* ou mexilhão dourado: impactos causados, métodos de controle passíveis de serem utilizados e a importância do controle de sua disseminação. **Anais...** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. Disponível em: [http://www.sanepar.com.br/sanepar/CalandraKBX/filesmng.nsf/81AC3A621DD26DAD832570B50065D5A9/\\$File/VI-168MexilhaoDourado.pdf?OpenElement](http://www.sanepar.com.br/sanepar/CalandraKBX/filesmng.nsf/81AC3A621DD26DAD832570B50065D5A9/$File/VI-168MexilhaoDourado.pdf?OpenElement). Acesso em: 17 de setembro de 2015.

KOWALSKI, E. L.; KOWALSKI, S. C. Revisão sobre métodos de controle do mexilhão dourado em tubulações. **Revista Produção On-line**, v. 8, n. 2, Julho/2008.

MAGARA, Y.; *et. al.* Invasion of the non-indigenous nuisance mussel, *Limnoperna fortunei*, into water supply facilities in Japan. **Journal of Water Supply: Research and Technology**. USA, v. 50, n. 3, p. 113-124, 2001.

OLIVEIRA, M. D. **O Mexilhão Dourado Causará Danos Ecológicos na Bacia do Miranda**. Disponível em: <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=159&pg=1&n=2>. Acesso em: 17 de setembro de 2015.

RESENDE, M.F.; MARTINEZ, C.B. Impacto da infestação de condutos forçados de PCH's pelo *Limnoperna fortunei*. **Anais ...** In: VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Belo Horizonte, 2008.

ZILLER, S. R. Plantas Exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, v.30, p.77 - 79. 2001.