



## **REVISÃO SOBRE MÉTODOS DE CONTROLE DO MEXILHÃO DOURADO EM TUBULAÇÕES**

### **REVIEW ON METHODS OF GOLDEN MUSSEL CONTROL IN PIPES**

**Edemir Luiz Kowalski**

Professor-Pesquisador

Faculdade Radial de Curitiba – Lactec-Curitiba

Engenharia de Produção – Unidade de Alta Tensão

Madelena Sofia Barat

(055) 41 33616173

e-mail: edemir@lactec.org.br

**Silmara Carvalho Kowalski**

Professor-Pesquisadora

Faculdade Radial de Curitiba

Engenharia da Produção e Administração

Madalena Sofia Barat

(055) 41 30164953

e-mail: silmara0804@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

No início da década de 90, foram detectados no Rio da Prata na Argentina os primeiros exemplares da espécie *limnoperna fortunei*, de origem asiática, possivelmente introduzida através de água de lastro de embarcações oriundas da Ásia. No Brasil os primeiros exemplares foram detectados na Bacia do lago Guaíba em 1999, possivelmente pelo mesmo motivo. Um segundo eixo, oriundo da Argentina em função da navegação através do rio Paraguai foi constatado no Pantanal Mato-Grossense em 1998 donde possivelmente desceu para a lagoa de Itaipu em 2001. A espécie invasora tem a capacidade de incrustar tubulações por onde a água contaminada circula, causando prejuízos financeiros consideráveis às indústrias infectadas.



No Brasil indústrias do Rio Grande do Sul e usinas hidrelétricas como Itaipu, enfrentam estes problemas tendo que realizar parada dos equipamentos para a sua manutenção e limpeza, além das habituais. Os Estados Unidos da América e Canadá já enfrentam o problema com uma espécie semelhante a encontrada no Brasil. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão sobre os principais métodos de controle não químicos do molusco mexilhão dourado, baseado na experiência de países como EUA e Canadá, que possuem problemas semelhantes, porém com a espécie zebra mussel.

**Palavras-chave:** métodos não químicos, mexilhão dourado, zebra mussel.

### **ABSTRACT**

At the beginning of the 90's, they were detected in Rio da Prata in Argentina the first samples of the exotic specie named *limnoperna fortunei*, from Asia, maybe introduced through ballast water of ships came from Asia. In Brazil the first samples were detected in Lagoa dos Patos in Rio Grande do Sul in the 90's, possibly by the same reason. A second axis was verified in Campo Grande in Mato Grosso do Sul derived probably from Argentina because of the navigation through the Paraguay river going down to Lagoa de Itaipú causing its contamination. The invader specie has the capacity of fouling pipings where the contaminated water circulates, causing considerable financial damage to the infected industries. In Brazil the industries located in Rio Grande do Sul as well as hydroelectric plants as Itaipu, they manage these problems stopping the equipments for their maintenance and cleaning more times than the habitual. The United States of America and Canada already have the same kind of problem with the similar specie found here in Brazil. The target of this work is to introduce a review about the main methods to control the golden mussel mollusk without using any kind of chemical products, based on The USA and Canada's experiences, where there are similar problems but with the specie zebra mussel.

**Key-words:** Non Chemicals Methods, Golden Mussel, Zebra Mussel



## 1. INTRODUÇÃO

O sistema hidrográfico que abrange os Rios Paraná, Paranapanema, Plata, Uruguai e Paraguai, está exposto a invasões de espécies exóticas animais e vegetais. Devido à intensa atividade portuária no delta destas bacias, a água de lastro dos navios cargueiros é despejada na costa, próxima a desembocadura destes rios, descarregando também, diversos organismos macroinvertebrados e microinvertebrados. Parte destes seres vivos encontram nestas águas as condições ideais de sobrevivência e reprodução por não possuírem predadores naturais que possam controlar o avanço destas espécies, criando um problema ambiental de difícil controle já que se propagam sem barreiras físicas, químicas ou biológicas.

Na década de 90 foram realizados os primeiros registros da presença do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) que pode ser visto na figura 01, na América do Sul, bacia da Plata, Argentina (PASTORINO, 1993). Em 1999 foi constatada sua presença na bacia do Guaíba no Rio Grande do Sul (MANSUR, 1999). A possível forma de entrada desta espécie alienígena, foi por meio da água de lastro de embarcações oriundas da Ásia (SILVA, 2002). Em 1998 a espécie foi detectada no Mato Grosso do Sul (OLIVEIRA, 2004).



Figura 1: Mexilhão Dourado.( Foto Gustavo Darrigran)

O problema da presença do mexilhão dourado, principalmente nas usinas hidrelétricas onde afeta diretamente a produção de energia, fez com que o governo federal através do Ministério do Meio Ambiente, criasse a 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. 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. Hoje 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. ([www.institutohorus.org.br](http://www.institutohorus.org.br), 2008).

Sabe-se que a água de lastro é um meio eficaz de transferência dessas colônias eventualmente patogênicas. No Brasil existe a NORMAM-20/DPC cujo propósito é estabelecer requisitos referentes à prevenção da poluição por parte das embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que tange ao Gerenciamento da Água de Lastro. O sistema inicial tem como base fundamental a troca da Água de Lastro de acordo com a Resolução de Assembléia da Organização Marítima Internacional (IMO) A.868(20), de 1997 e com a Convenção Internacional de Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, adotada em fevereiro de 2004 e assinada pelo Brasil em 25 de Janeiro de 2005, e deve ser aplicada a todos os navios que possam descarregar Água de Lastro nas AJB. As isenções e exceções serão abordadas em itens específicos. Na medida em que métodos mais avançados para o tratamento da Água de Lastro forem sendo desenvolvidos, esta Norma será adaptada a fim de atender às novas situações.

As medidas governamentais de forma geral não produziram os efeitos esperados, e na verdade, foram estabelecidas uma década após a identificação da presença do mexilhão dourado em águas brasileiras quando a espécie invasora já demonstrara seu potencial em causar problemas ao meio ambiente e para as indústrias que se utilizam de águas infestadas. Dentre os principais problemas causados pelo mexilhão dourado destacam-se a obstrução de tubulações de captação de água; a obstrução de filtros e sistemas industriais e de usinas hidrelétricas, danos a motores e embarcações; alterações nas rotinas de pesca tradicionais da população, e alteração nos ecossistemas aquáticos. A figura 2 mostra exemplos de incrustações.



Figura 2: Tubulação incrustada pelo Mexilhão Dourado. (Foto a esquerda de Rodrigo de Felippo. Foto à direita de Gustavo Darrigran).

Em termos de meio ambiente além das alterações do ecossistema aquático tem-se uma poluição visual nas áreas infestadas, como pode ser visto na figura 3, além do desequilíbrio ambiental provocado pela entrada de uma espécie exótica.



Figura 3: Poluição visual causada nas estruturas em rios e lagos onde a espécie se prolifera. (Foto retirada de <http://www.barradoquarai.net/MeioAmbiente/mexilhao1.h>)

O controle do mexilhão dourado é muito complexo, e o grau de complexidade é intensificado na medida que a aplicação de metodologias de controle é retardada. Não há até o momento nenhum 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.

Os métodos químicos considerados mais eficientes até o momento podem apresentar danos ao meio ambiente em função dos resíduos produzidos durante e pós o processo de tratamento, não cumprindo o determinado na lei Federal n.º 9.433/1997 e Leis Estaduais. A pintura anti-incrustante tem somente se demonstrada eficiente em determinados casos, e torna-se maior parte das vezes proibitiva, em função da substituição de tubulações ser inviável em plantas industriais já em funcionamento. O controle biológico pode conduzir o meio ambiente a ter que suportar novas espécies não naturais do habitat. Os métodos físicos passam



a ser uma alternativa viável e de baixo custo, não sendo necessários grandes investimentos. Entre os métodos físicos revistos, aqueles que se demonstram promissores são o tratamento através de descargas elétricas, magnetização da água, radiação ultravioleta, tratamento por meio de choque térmico, anoxia e hipoxia além dos métodos acústicos.

Este trabalho tem como finalidade apresentar uma revisão bibliográfica dos métodos ditos físicos para evitar a incrustação de tubulações dos sistemas de refrigeração de plantas industriais, elétricas e de coleta de água, com menores danos ao meio ambiente.

## **2. MÉTODOS FÍSICOS PARA CONTROLE**

Os métodos de controle que serão discutidos estão baseados na bibliografia disponível e fundamentados na experiência e pesquisa sobre o controle do mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*). Esta espécie de mexilhão foi detectada na região dos grandes lagos nos Estados Unidos na década de 80 e causou e vem causando danos ao meio ambiente e a economia americana da mesma forma que o mexilhão dourado tem causado ao Brasil.

### **Métodos Elétricos**

Diversos estudos tem sido realizados com o objetivo de determinar a eficiência dos métodos elétricos para controlar o assentamento de mexilhões em paredes internas de equipamentos utilizados em sistemas de captação de águas de lagos ou rios (OSTLIE, 1994; SMYTHE ,1996 A; SCHOENBACH,1996; SMYTHE ,1996 B; GHAZALA,1997; CLOIS,1994; SMYTHE,1994 ; GERALD ,1995; SMYTHE,1995). A insistência em encontrar configurações eficientes com a utilização de métodos elétricos deve-se ao fato de que este método apresenta vantagens no que concerne aos impactos ambientais, se comparado com os métodos químicos de controle (biocidas). De forma geral, nos métodos elétricos são utilizados eletrodos imersos na água onde é aplicada uma diferença de potencial elétrico, com o objetivo gerar um campo elétrico no meio entre eles. Trabalhos iniciais mostraram que a utilização de campo elétrico em corrente contínua (DC) não é eficiente para causar mortalidade nas larvas “Dreissena” (OSTLIE, 1994). Isto deve-se ao fato de que as larvas apresentam uma camada externa com propriedades isolantes e, desta forma, a corrente contínua tende a circular em torno dela e não através dela. Para circular uma corrente contínua fatal através da larva seria



necessário um campo elétrico elevado o que demandaria um consumo elevado de energia elétrica, tornando o método inviável economicamente.

A técnica mais promissora é a que utiliza pulsos de campo elétrico de curta duração. Esta técnica tornou-se viável devido ao desenvolvimento de tecnologias que empregam dispositivos eletrônicos rápidos de alta potência, essas tecnologias foram desenvolvidas inicialmente para fins militares e agora já estão disponíveis no mercado. Pulsos de campo elétrico, com duração de micro segundos até nano segundos, podem ser gerados com potência na ordem de megawatts. Essa potência instantânea aplicada produz variações rápidas do campo elétrico e, como consequência, induz corrente elétrica no interior da larva causando mortalidade ou atordoamento, o qual evita que a larva se fixe nas paredes das tubulações. Os custos de operação dos dispositivos de pulsos de potência irão depender de diversas variáveis como: taxa de repetição, amplitude e duração do pulso, as quais são fatores concomitantes para matar ou causar atordoamento nos organismos de interesse. Uma estimativa realizada por engenheiros da Old Dominion University (ODU) (Smythe,1995 ) indica que para proteger um sistema de água doce com vazão de 10.000 GPM com eficiência de 99% serão gastos em torno de US\$ 20 por dia.

### **Método Magnético**

Resultados experimentais obtidos nas mais diversas indústrias que se utilizam água sugerem que o tratamento magnético da água pode se tornar um potencial método de controle para o Zebra Mussel (*Dreissenia polymorpha*) ( BARNES ,1996; SMYTHE ,1996 C; RYAN ,1997).

Estudos realizados em campo e laboratório indicam que o tratamento magnético da água causa degeneração do tecido associado ao aparelho respiratório, e outras estruturas específicas ligadas à troca de gases e alimentação. Em sistemas fechados, os mexilhões expostos ao tratamento com campos eletromagnéticos de frequência baixa, indicam 100% de mortalidade, fundamentalmente atribuída à perda de cálcio pelo molusco (RYAN,1997) . Estudos de campo foram realizados pela Ontário Hydro, com um sistema de tratamento magnético da água *in-line*, os quais produziram resultados inconclusivos. Num outro estudo realizado pela Rochest Gás & Electric ( RG&E), indicaram que o tratamento possivelmente produz algum efeito sobre *bryozoa e gastropods*. Num estudo realizado pela Universidade de Wisconsin, segundo comentários, os resultados obtidos são promissores (RYAN,1997),



porém resultados conclusivos não foram ainda publicados. Em pesquisa desenvolvida pela Purdue University Calumet, resultados preliminares indicam 100% de mortalidade em sistemas estáticos para períodos de tratamento entre 10-15 dias. No caso de moluscos adultos o tratamento dificulta a absorção de cálcio, e um crescimento anormal do molusco ocorre. No caso dos mexilhões que se encontram na fase larval ou velígera, a redução dos níveis de cálcio irá produzir um adulto debilitado (RYAN,1998).

Os resultados obtidos nos trabalhos pesquisados (BARNES ,1996; SMYTHE ,1997; RYAN,1997) são bastante inconclusivos com relação ao método, porém indicam que o método aparenta ser efetivo em longo prazo. Existem Empresas nos Estados Unidos, que no momento, comercializam um equipamento para tratamento magnético *in-line* à tubulação, como uma forma contínua de tratamento da água com resultados em longo prazo. Atualmente este sistema de tratamento de água vem sendo aplicado em navios e já se encontra patentado nos Estados Unidos da América. (<http://www.freepatentsonline.com/5540835.html>, 2008).

### **Método Acústico**

Os estudos sobre a utilização da energia acústica como método de controle sobre o Zebra Mussel, iniciaram na década de 70 na União Soviética, com o objetivo de reduzir o assentamento do molusco no caso particular dos sistemas de refrigeração. Em função dos métodos químicos serem potencialmente agressivos ao meio ambiente, o método de controle acústico tornou-se uma importante e promissora técnica (DONSKOY,1995; FRENIA,1995; BATES,2003; DONSKOY,1998, MASON, 2003).

O método acústico, basicamente se divide em três principais linhas (DONSKOY,1995 ):

- a) Cavitação
- b) Tratamento sonoro
- c) Vibração

Estudos realizados pela Ontário Hydro referentes ao uso da cavitação de forma contínua na faixa de frequências de 20 a 380 kHz, mostram que o processo mata o molusco (DONSKOY,1995) . A vibração tem sido aplicada para evitar que os mexilhões adultos e juvenis se fixem às estruturas. Estudos e conclusões semelhantes foram desenvolvidos e obtidos pela Geórgia-Pacific Corporation (GPC), University of Guelph, Army Corps of Engineers (FRENIA,1995), que verificam a viabilidade da implementação da técnica e custos envolvidos.



Atualmente, existem equipamentos comerciais que trabalham com frequências de 28 Hz, usados em embarcações (Bates,2003) e também em usinas hidroelétricas (DONSKOY,1998) . Este equipamento tem evitado o assentamento e fixação do mexilhão Zebra no casco da embarcação e tubulações (DONSKOY,1995; FRENIA,1995; BATES,2003; DONSKOY,1998). Estudos mostram que a cavitação pode ser usada como uma medida de controle para mexilhão zebra na fase velígera. A eficiência dos tratamentos de cavitação ultra-sônicos e hidrodinâmicos estão sendo realizados, com o objetivo de se determinar a potência de saída das fontes para se conseguir 100% de mortalidade. As experiências do laboratório demonstraram que o uso correto do som de baixa frequência impede que os mexilhões se estabeleçam em estruturas, reduzem a mobilidade e afetam a reprodução destes.

#### **2.4 Método com Radiação UV**

A radiação ultravioleta é letal a várias espécies de organismos aquáticos, principalmente aqueles em forma planctônica (PRESTON,1999; CHALKER,1994; ACKERMAN,1994; HOMAN ,1991; ROBYN ,1998). Para que estes não sofram a influência da radiação, podem mudar de profundidade ou posição dentro da água, o que não é possível em sistemas de tubulações, onde a água está exposta à radiação ultravioleta (HOMAN ,1991) . A exposição à radiação UV tem provocado em 100% de redução do assentamento de cracas e outras formas de larvas em tubos transparentes por onde circula a água salgada. Acredita-se que nos casos de água doce, a eficiência seja maior, pois há uma quantidade menor de minerais que absorvem a radiação UV (HOMAN ,1991). Trabalhos realizados em laboratório (HOMAN ,1991) mostraram, que o Zebra Mussel submetido à radiação UV-B tem sua atividade de assentamento reduzida, e por um certo intervalo de tempo param de se movimentar. Isto sugere que o método tem potencial possibilidade de controlar o assentamento do molusco em sistemas fechados de circulação de água, onde a água tenha sido submetida a prévio tratamento pelo método (ROBYN, 1998).

Normalmente, têm-se estudado dois métodos de tratamento para sistemas fechados:

- a) Fornecimento suficiente de radiação UV para matar zebra mussel juvenil que estão assentados nas tubulações ou que passam pelas tubulações.
- b) Atordoar a larva com suficiente radiação UV para inibir o movimento e assentamento, desta forma limpando a larva da região de interesse.



Os trabalhos publicados (CHALKER, 1994; ACKERMAN, 1994; HOMAN, 1991) sobre o método, revelam que *in-natura*, várias espécies planctônicas são afetadas pela radiação UV, sendo que para se afastarem deste problema, buscam profundidades de flutuação maiores. Em trabalhos realizados em laboratório com larvas da *Dreissena burgensis* (ACKERMAN, 1994), verificou-se em medidas realizadas após 5 min, que para tempos de exposição à radiação que variam de 7,5 s a 240 s as taxas de imobilização variam entre 56% a 76%, e as taxas de mortalidade variam entre 4% a 100%. As taxas de imobilização e morte dependem do tempo de exposição.

Para medidas realizadas após 24 h, as taxas de imobilização variam entre 94% e 46%, e as taxas de mortalidade variam entre 6% e 100% com valores crescentes com o tempo de exposição. As taxas de mortalidade e imobilidade variam fortemente com relação à potência das lâmpadas utilizadas, bem como com o comprimento de onda da radiação utilizada. Um sistema para tratamento de água já se encontra patenteado nos Estados Unidos da América (<http://www.patentstorm.us/patents/5655483/description.html>, 2008).

## 2.5 Método de anoxia e hipoxia

A falta total de oxigênio (anoxia) é mortal para os animais que vivem num meio aquático e uma quantidade insuficiente de oxigênio (hipoxia) pode debilitar as forças dos indivíduos, tornando-os presas fáceis de diversas doenças e prejudicando sua capacidade de reprodução (MACKIE, 1999). Para o caso do mexilhão Zebra, a hipoxia tem sido testada para valores de concentração de oxigênio menores que 3%. Além da variável concentração de oxigênio, outra variável assume importante papel nesse processo é a temperatura.

Nos testes em laboratório com mexilhões zebra adultos, com tamanhos variados, a anoxia tem sido provocada pela gaseificação da água de forma constante com N<sub>2</sub>. Os trabalhos publicados mostram que as temperaturas baixas a anoxia não têm os efeitos esperados, produzindo taxas de mortalidade extremamente baixas, as quais poderiam até mesmo ser consideradas como dentro dos desvios padrões naturais. Porém as taxas de mortalidade a temperaturas acima de 15 °C passam a aumentar com o aumento da temperatura.

Outro parâmetro que influencia o método de controle é o tamanho do molusco, sendo que moluscos pequenos necessitam de mais oxigênio que moluscos de maior tamanho, o que torna o tratamento mais eficiente para moluscos de menor tamanho. Outro fato observado, é



que os moluscos morrem mais rapidamente em locais contaminados com moluscos já mortos, pois há uma competição pelo oxigênio entre as bactérias que decompõem os moluscos mortos e os moluscos vivos. Um detalhe importante é que o tempo de exposição ao tratamento é extremamente alto, variando de 5 a 800 h, em média. (Trabalhos realizados mostram que se obtêm 100% de mortalidade entre dois ou três dias de exposição à hipoxia com temperaturas entre 23 e 24 °C, caracterizando este método como de controle contínuo (MATTHEWS, 1994; O'NEILL, 1996).

Alguns artigos foram publicados recomendando o tratamento por anoxia ou hipoxia como um método não químico, portanto não agressor ao meio ambiente, sendo utilizado como um método eficiente em sistemas de tubulações fechados e de águas paradas como, por exemplo, água de lastro.

Normalmente tem-se provocado a hipoxia ou anoxia, através da inserção de metabisulfito de sódio ou gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S). Também existem sistemas mecânicos que retiram o oxigênio da água através de um sistema a vácuo, porém sendo aplicável somente em sistemas de baixo fluxo ou de águas paradas. Outra variável importante é que devido à redução dos níveis de oxigênio da água também ocorre uma redução do pH, induzindo a oxidação de tubulações. Este fato faz com que o método não seja aplicado de forma contínua em sistemas onde as tubulações sejam passíveis de oxidação (TAMBURRIA, 2002). No caso da utilização do nitrogênio para provocar a desoxigenação da água, o processo pode implicar numa redução dos efeitos de corrosão das tubulações.

## **2.6 Método com choque térmico**

Os estudos realizados (CLAUDI, 1995), têm mostrado que se trata de um método eficiente, desde que seja realmente rápida a elevação da temperatura da água. Se o processo de elevação da temperatura for muito gradual o molusco poderá sofrer um processo de aclimação e suportar temperaturas mais elevadas.

Com relação ao tempo de tratamento em função da temperatura estima-se que a exposição a 32 °C por um período de 48 h seja suficiente para matar o mexilhão zebra, enquanto a 40 °C apenas 1 h de tratamento já bastaria. Alguns problemas surgem com a aplicação desta metodologia em sistemas onde a água tratada é descarregada ao meio ambiente, pois agências ambientais costumam regular sobre a temperatura da água que pode ser descarregada no meio ambiente (CLAUDI, 1995).



### 3. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma revisão sobre possíveis metodologias físicas a serem usadas no controle da incrustação de tubulações e sistemas de refrigeração empregados em países que enfrentam o problema com uma espécie semelhante ao *Mexilhão Dourado*, o *Zebra Mussel*. Poucos trabalhos sobre a espécie *Mexilhão Dourado* tem sido publicados, no Brasil tem-se adotado a forma de controle com base nos desenvolvimentos feitos para o *Zebra- Mussel*. Percebe-se que ainda não se tem uma metodologia não química totalmente eficiente para o controle da espécie, porém, o sinergismo entre metodologias apresenta resultados promissores. Deve-se salientar que os métodos químicos como, por exemplo, tratamento com dióxido de cloro, ozônio e biocidas apresentam resultados eficientes, porém, podem causar danos ao Meio Ambiente, podendo levar a prejuízos muito mais sérios que o problema que se deseja tratar. Assim há necessidade de investimentos por parte das empresas onde se utilizam recursos hídricos, e dos Órgãos Governamentais, no sentido de realizar pesquisas com metodologias alternativas às químicas, a médio e longo prazo. Todo o investimento feito, seguramente evitará prejuízos muito mais sérios a Economia Brasileira e ao Meio Ambiente.

### 4. REFERÊNCIAS

ABOU-GHAZALA, R.W. ALDEN, R. TURNER, T. FOX. **Effect of Pulsed Electric Fields on Biofouling Organisms in Tidal Water** . The **Seventh International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Species Conference**, New Orleans, Louisiana, January 1997.

ACKERMAN.J.D, SPENCER. F.S, SIM.B, EVANS.D AND CLAUDI.R. **A continuous-Flow Facility for Zebra Mussel Research and Control**. Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin, March, pp 3 – 13, 1994.



BARNES. DAVID.K, ALIX. MITCHELL.S AND CAMP.JOSEPH.W. **The Effects of Magnetic Water Treatment on Zebra Mussels in Laboratory and Industrial Settings.** Eighth International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference, Sacramento, California March 16-19, 1998.

BATES. D., AND BATES. J. **Outline of Potential Applications for High Powered Ultrasound In Recycling, Recycled Organics .** Expanding the Horizons Industry Reference Manual, 2003.

CHALKER, L. SCOTT, J.SCOTT, J.TITUS AND J. SCALIA. **Influence of Wide-Range Ultraviolet Radition upon Behavior and Mortality of Dreissena polymorpha.** Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin, March, pp 161 – 177, 1994.

CLAUDI, RENATA. **Zebra Mussel Mitigation Overview.** Proceedings of The Fifth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Organisms Conference, Toronto, Canada, February 1995.

CLOIS D. FEARS, WATER G. L., MACKIE AND B. W. KILGOUR. **Use of Low levels of Electric Current (AC) for Controlling Zebra Mussels.** Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin, March, 1994.

DONSKOY DIMITRI M, LUDYANSKIY MICHAEL. **Low Frequency Sound as a Control Measure for Zebra Mussel Fouling.** Proceedings of The Fifth International Zebra Mussel and Others Aquatic Nuisance Organisms Conference, Toronto, Canada, February, pp: 103 – 108, 1995.

DONSKOY DIMITRI M, LUDYANSKIY MICHAEL, WRIGHT. DAVID A. **Effects of sound and ultrasound on Zebra Mussels.** ASA 131st Meeting, Indianapolis, May 1996.

FRENIA. GARY.E, SPIERTO TIMOTHY.J AND FERRIS DOUGLAS.R. **The Practical Application of Pulse Acoustics in a Northeastern United States Paper Manufacturing**



**Plant.** Search the Sea Grant: National Aquatic Nuisance Species Clearinghouse. pp 58-66, 1995.

GERALD L. MACKIE. **Efficacy of Low Level Electric Current (A-C) for Controlling Quagga Mussels in the Welland Canal.** Proceedings of The Fifth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Organisms Conference, Toronto, Canada, February, 1995.

HOMAN, STEVE. **Power plant pests: zebra mussels.** Mechanical Engineering American Society of Mechanical Engineers March, 1991.

MARTHA BROWN. **Evaluation of an In-Line Magnetic System as a control for Zebra Mussels.** Zebra Mussels and Other Aquatic Nuisance Species." Ed. by Frank D'itri, Ann Arbor Press, 1996 c.

MASON T.J., DUCKHOUSE H., JOYCE E., LORIMER J.P. **Uses of Ultrasound in the Biological Decontamination of Water.** World Congress on Ultrasonics, Paris, France, 2003.

MACKIE ,GERALD L. **Some Facts about Zebra and Quagga Mussels Zebra Mussel Biofouling Control in Cottage and Other Small Volume Water Systems,** Pode ser acessado no Site [www.georgianbay.ca/gbafoundation/zebra/gbazebra.pdf](http://www.georgianbay.ca/gbafoundation/zebra/gbazebra.pdf), 1999.

MANSUR, M.C.D., L.M.Z. RICHINITTI E C.P.DOS SANTOS. **Limnoperna fortunei molusco bivalve invasor da bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil.** Biociências; V. 7(2), 1999.

MATTHEWS, M. A., R. F. MCMAHON. **The Survival of Zebra Mussels (Dreissena polymorpha) and Asian Clams (Corbicula fluminea) Under Extreme Hypoxia.** Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin, March, 1994.



OLIVEIRA M.D., PELLEGRIN L.A., BARRETO R.R., SANTOS C.L AND XAVIER I.G.  
**Área de ocorrência do mexilhão dourado na Bacia do Alto Paraguai entre os anos de 1998 e 2004.** Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, pp: 01 – 18, 2004.

O'NEILL, JR., CHARLES,R. **The Zebra Mussel Impacts and Control** – Cornell Cooperative Extension, Information Bulletin 238, 1996.

OSTLIE, L. S., NELSON, J. R., WHILEY, R. J. **The Efficacy of Pulsed Electric Fields in Preventing Settlement of Zebra Mussel Veligers.** Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin, March, 1994.

PASTORINO, G., DARRIGRAN, G., MARTIN, S. Lunaschi, L. ***Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata.** *Neotropica*, v.39, p.101-102, 1993.

**Principles of Operation- Linear Kinetic Cell for Water.** Data de acesso 02/07/2005.

PRESTON, B.L., SNELL, T.W., AND KNEISEL, R. **UV-B exposure increases acute toxicity of pentachlorophenol and mercury to the rotifer *Brachionus calyciflorus*.** *Environmental Pollution*, V.106 pp 23-31, 1999.

ROBYN DRAHEIM, JAMIE GOEN, FLORIAN WEGELEIN. **Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) - a threat to Washington State waters?** *Ecological Concepts for Decision Makers*, June 3, 1998.

RYAN, R. F. **Extremely Low Frequency Electromagnetism: An Effective Nonchemical Method for Control of Zebra Mussel Infestation.** Eighth International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference, Sacramento California March 16-19, 1998.

RADIOBRAS. [http://www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia\\_310502\\_1.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia_310502_1.htm). Site consultado em junho de 2008.



RYAN, M. F. **Extremely Low Frequency Electromagnetism: An Effective Nonchemical Method for Control of Zebra Mussel Infestation.** Eighth International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference, Sacramento California March 16-19, 1998.

SMYTHE, A.G., LANGE, C.L., SCHOENBACH K.H., ABOU-GHAZALA, Y. **Pulse Power Electric Field as a Method to Prevent Settlement of and/or Induce Mortality in Zebra Mussels; Eighth International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference,** Sacramento California March 16-19, 1998 a.

SCHOENBACH, K.H., ALDEN, R.W. AND FOX, T.J. **Effect of pulsed Electric Fields on Aquatic Nuisance Species,** Zebra Mussels and Other Aquatic Nuisance Species." Ed. By Frank D'itri, Ann Arbor Press, 1996.

SMYTHE, A.G., LANGE, C.L. AND TUTTLE, L.R. **Evaluation of an In-Line Pulse-Power Plasma Generator As a Method to Control Zebra Mussels.** Zebra Mussels and Other Aquatic Nuisance Species." Ed. by Frank D'itri, Ann Arbor Press, 1996 b.

SMYTHE, A.G., JOHN, F.D., REED, T. A. AND SAWYKO, P. M.. **Application of Cost Effective Electric Fields to Determination Attachment of the Zebra Mussel to Structures** Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin, March 1994.

SMYTHE, G. **Pulse Power Generated Electric Fields as a Means to Control Zebra Mussels.** Proceedings of The Fifth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Organisms Conference, Toronto, Canada, February, 1995.

SILVA, J.S.V., FERNANDES, F.C., LARSEN, K.T.S., SOUZA, R.C.C.L. **Água de lastro ameaça aos ecossistemas.** Ciência Hoje V.188; pp: 38-43, 2002.

TAMBURRIA, M. N., KERSTIN W., MASAYASU, M. **Ballast Water Deoxygenation can Prevent Aquatic Introductions while Reducing Ship Corrosion .** Biological Conservation V. 103, 2002.



US ARMY CORPS OF ENGINEERS. Waterways Experiment Station – **Zebra Mussel Research** . Technical Notes ZMR-2-14 Control Methods, May 1994.

[www.institutohorus.org.br/download/fichas/Limnoperla\\_fortunei.htm](http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/Limnoperla_fortunei.htm). Site consultado em junho de 2008.

Artigo recebido em 23/06/2006 e aceito para publicação em 02/03/2008