



SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA

GGH 29  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## GRUPO I

### GRUPO DE ESTUDO GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH

#### A Variação das Características Hidráulicas em Conduitos Forçados Devido a Infestação pelo *Limnoperna fortunei*.

Marcio Figueiredo de Resende \*      Carlos Barreira Martinez  
Cláudia Marques Gonçalves Simeão      Edna Maria de Faria Viana

Universidade Federal de Minas Gerais

## RESUMO

O avanço do *Limnoperna fortunei*, uma espécie exótica nativa do sudeste asiático, nas bacias hidrográficas brasileiras tem causado uma série de inconvenientes na operação de Usinas Hidrelétricas (UHE). O fato é que quando esta espécie invasora coloniza as estruturas das UHE ela provoca um conjunto de impactos que vão desde a infestação das grades das tomadas d'água, dos sistemas de abastecimento das estações de piscicultura até a colonização de sistemas refrigeradores de água dos mancais das máquinas hidráulicas, entre outros. Devido ao fato desse problema ser relativamente novo no Brasil, existe, atualmente, muito pouco material disponível no país acerca desse assunto. Além disso, a bibliografia apresenta resultados obtidos em outros países sob condições diversas das existentes no Brasil.

Este artigo apresenta um estudo que objetiva a avaliação das condições operativas de conduitos forçados sob a infestação pelo *Limnoperna fortunei*. Assim, foi realizado um trabalho de pesquisa visando a determinação do coeficiente de perda de carga para tubulações forçadas inicialmente no diâmetro nominal de 4", sendo avaliada a perda de seção útil para infestações de *Limnoperna fortunei*. Com o avanço deste trabalho pretende-se ampliar os estudos para tubulações de 1", 2" e 3". Foram também determinados a perda de eficiência hidráulica de sistemas de bombeamento e respectivo acréscimo no consumo de energia elétrica para a manutenção da vazão com a infestação na tubulação.

## PALAVRAS-CHAVE

*Limnoperna fortunei*, Mexilhão dourado, Impacto ambiental

### 1.0 - INTRODUÇÃO

Em 1991, foi registrada a chegada do *Limnoperna fortunei* à bacia do rio da Prata, na Argentina. Desde então, devido às suas características, tem se reproduzido e se disseminado aceleradamente. No Brasil, já alcançou usinas hidrelétricas como Itaipu e Porto Primavera, sendo constatada sua presença também na região do Pantanal brasileiro e nas captações de água no Estado do Rio Grande do Sul, e é considerado com risco potencial de invasão o reservatório de Volta Grande, operado pela CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

As larvas do *Limnoperna fortunei* atingem instalações industriais ainda durante os primeiros estágios de desenvolvimento e se fixam em todo tipo de substrato duro como metal, plástico, cimento e até madeira. Crescendo em camadas, obstruem todo o diâmetro de tubulações, filtros, bombas, canalizações e turbinas, configurando o efeito conhecido como *macrofouling*. As tubulações necessitam então de limpeza constante para a remoção dos organismos, gerando prejuízos para as empresas.

(\*) Av. Barão Homem de Melo, 4484 – 4.º andar – CEP 30450-250 – Belo Horizonte, MG – Brasil  
Tel: (+55 31) 21219841 – Fax: (+55 31) 21219801 – Email: mresende@golder.com.br

Atualmente, a estimativa das perdas de carga ao longo de condutos operando sob *macrofouling* é feita por meio de inferências e interpolações, assumindo-se similaridades e semelhanças que podem se revelar um tanto equivocadas na prática. A infestação de tubulações pelo *Limnoperna fortunei*, promovendo o efeito de *macrofouling*, aumenta sua rugosidade relativa e reduz o seu diâmetro interno. Como consequência, são gerados custos operacionais originalmente não previstos, decorrentes da parada de sistemas para a desobstrução e manutenção e aumento do consumo de energia elétrica em sistemas de bombeamento, além da perda de eficiência hidráulica.

## 2.0 - O *Limnoperna fortunei*

Estudos mostram que muitos organismos podem sobreviver na água de lastro e nos sedimentos transportados pelos navios, mesmo após viagens de vários meses de duração (1). Dependendo das condições ambientais do local de descarga dessa água de lastro, os organismos aquáticos nele introduzido podem colonizar este novo ambiente causando além dos danos ecológicos, enormes prejuízos econômicos.

Numerosos casos de invasões de espécies exóticas de invertebrados aquáticos têm sido relatados em várias partes do mundo: o estabelecimento do mexilhão-zebra (nativo da Europa), *Dreissena polymorpha*, nos Grandes Lagos canadenses, do ctenóforo *Mnemiopsis leidyi*, que ocorre na costa atlântica da América do Norte, nos mares Negro e de Azov e da alga *Caulerpa taxifolia*, nativa do mar vermelho e dos oceanos Pacíficos e Atlântico tropical, em várias partes da Europa. No Brasil, há relatos da introdução de vários caranguejos, camarões e, mais recentemente, do mexilhão-dourado (1).

O *Limnoperna fortunei*, conhecido vulgarmente como mexilhão-dourado, é um molusco bivalve (com duas conchas simétricas) originário do sudeste asiático, que foi introduzido na América do Sul através de água de lastro de navios. No início da década de 1990, o *L. fortunei* foi detectado na Argentina no estuário do rio da Prata de onde dispersou, ativa e passivamente, nas bacias dos rios Paraná e Uruguai. Desde então, este molusco tem apresentado uma explosão demográfica, tendo sido registrada densidades em torno de 150.000 indivíduos/m<sup>2</sup> em bacias hidrográficas da Argentina (2).

### 2.1 Áreas afetadas no Brasil pelo *Limnoperna fortunei*

No Brasil, a presença do *L. fortunei* foi registrada pela primeira vez em 1998, no Delta do rio Jacuí, próximo a Porto Alegre. Em 1999, foi detectado no rio Guaíba, no qual o Jacuí deságua, e na hidrelétrica paraguaio-argentina de Yacyretá, no rio Paraná. Em abril de 2001, foi encontrado em uma das tomadas de água da barragem de Itaipu, 400 quilômetros acima de Yacyretá (3). Atualmente, esta espécie já infestou rios, lagos e reservatórios da Região Sul e do Pantanal encontrando-se presente na Usina hidrelétrica de Jupia, em São Paulo, e à montante da Usina hidrelétrica de Ilha Solteira (4, 5, 6) ([www.fundacentro.sc.gov.br/acquaforum/principal/](http://www.fundacentro.sc.gov.br/acquaforum/principal/)) como apresentado na Figura 1.

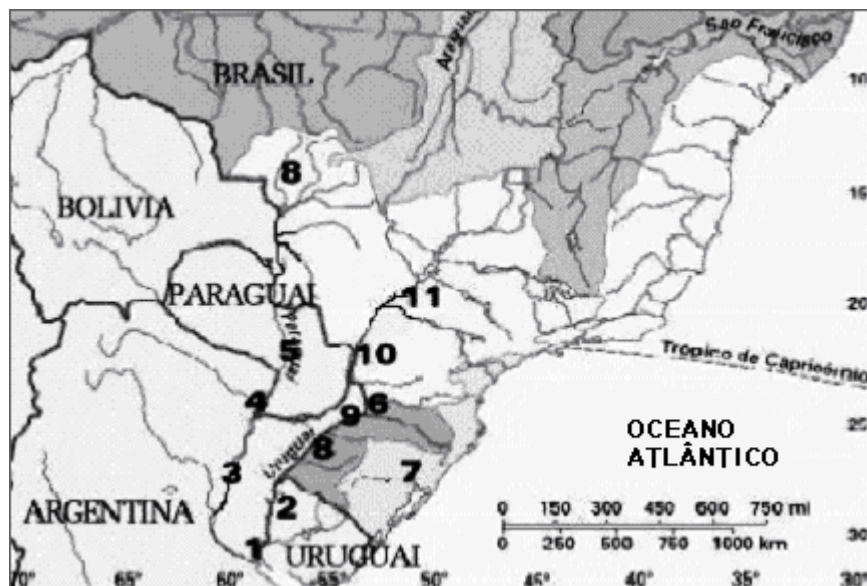
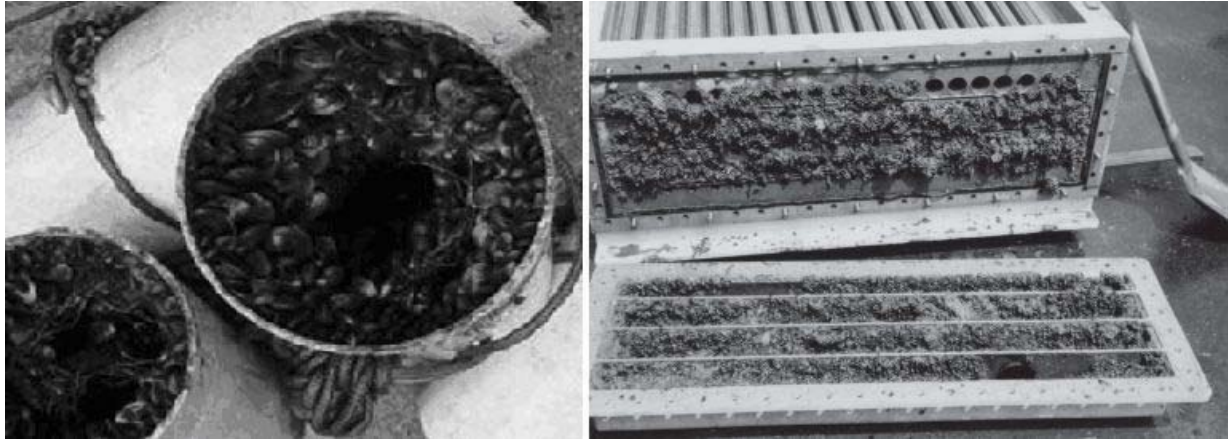


FIGURA 1: Mapa indicando as áreas de ocorrência do *Limnoperna fortunei* na América do Sul. Fonte: (6).

## 2.2 A infestação dos sistemas de UHE pelo *Limnoperna fortunei*

O *Limnoperna fortunei* se aglomera em formações conhecidas como *macrofouling*. Estas reduzem a área útil de passagem de água no interior de tubulações e aumentam a rugosidade relativa da tubulação. Isso provoca inicialmente um aumento de perda de carga no sistema e conseqüentemente um decréscimo de velocidade do fluxo de água. Com a evolução da infestação existe a possibilidade de entupimentos dessas tubulações. Com isso a quantidade de nutrientes e de oxigênio diminui, podendo causar uma mortandade e deterioração em massa desses organismos. Dentre os eventos mais comuns tem-se a oclusão de tubulações forçadas, bombas, filtros e sistemas de refrigeração (7). O *Limnoperna fortunei* tem uma predileção por áreas mais escondidas e sombreadas e nos reservatórios, eles são abundantes em locais mais profundos (8), tal como apresentado na Figura 2.



**FIGURA 2:** Esquerda: *Limnoperna fortunei* incrustado no interior de tubulações. (Fonte: 9). Direita: acúmulo de *Limnoperna fortunei* no sistema de refrigeração do gerador de uma usina hidrelétrica (Fonte: 10).

Além disso, a incrustação de mexilhões nas grades de tomadas d'água em Usinas Hidrelétricas provoca uma perda de carga do sistema diminuindo o rendimento da Usina e aumenta a força do fluxo de água sobre a grade, podendo no limite ocasionar um rompimento desta.

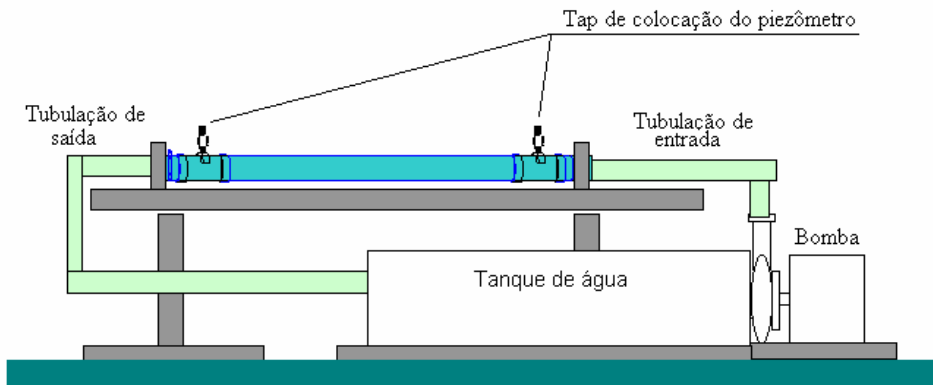
Apesar do grande impacto causado pelo *Limnoperna fortunei*, as ações adotadas pelo Estado Nacional e pelas Empresas ainda são tímidas. Atualmente existem grupos de estudos em diversas empresas do setor elétrico nos quais se procuram identificar metodologias que possam eliminar o molusco dos sistemas componentes das UHE. Entretanto, boa parte dessas alternativas se baseiam em produtos químicos que têm por função impedir a adesão do *L. fortunei* ou ainda simplesmente eliminá-lo. Estes produtos podem causar danos colaterais aos sistemas hídricos e, portanto, tem sua utilização ainda muito restrita e em caráter experimental. Por outro lado tem-se encontrado grande dificuldade para fazer com que esse bivalve se reproduza em laboratório. Uma das causas disso é a dificuldade de imitar o ambiente natural, onde se tem correntes e recirculações difíceis de serem reproduzidas em um sistema artificial. Além disso, no caso de estudos em laboratórios, deve-se tomar precauções para que os laboratórios de pesquisa não se tornem um ponto de disseminação dessa espécie invasora. Assim, os cuidados no manejo e na utilização desses indivíduos implicam em mais um fator que dificulta a reprodução, manutenção e ensaio em ambiente laboratorial.

### 3.0 - METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DA PERDA DE CARGA PROVOCADA PELO *Limnoperna fortunei*

Devido as dificuldades em se manter o *Limnoperna fortunei* em laboratório e ao risco de se provocar um desastre ambiental com a disseminação desse bivalve, optou-se por trabalhar com um procedimento no qual as colônias foram artificialmente formadas a partir da carcaça de indivíduos mortos. Assim, iniciou-se um procedimento em que se colou um conjunto de indivíduos dentro de um conduto forçado e a partir daí realizou-se os ensaios em uma bancada de testes.

#### 3.1 A Bancada de Testes

A concepção da bancada de ensaios teve como principal objetivo possibilitar a execução de ensaios de medição de perda de carga no escoamento utilizando para isso um par de tomadas de pressão localizadas ao longo de uma tubulação que será artificialmente colonizada com o *Limnoperna fortunei*. Um esquema da bancada de ensaios é apresentado na Figura 3.



**FIGURA 3: Esquema da bancada de testes utilizada para a medição da perda de carga em condutos infestados pelo *Limnoperna fortunei*.**

Os principais componentes da bancada de testes são:

- Unidade de bombeamento, equipada com uma bomba EH, modelo EHF 80–12, 3500 rpm;
- Tubulação flexível (mangote) de entrada e de saída da bancada com diâmetro nominal de 4 polegadas;
- Trecho PVC (seção de testes), com 2500 mm de comprimento, com diâmetro externo de 110 mm e 100 mm de diâmetro interno;
- Dois trechos de tubos de PVC (não comerciais), com 300 e 600 mm de comprimento, com diâmetro externo de 100 mm e 90 mm de diâmetro interno, para conexão do mangote ao tubo de testes;
- Manômetro de coluna líquida, fundo de escala de 4000 mm, utilizado para medição da perda de carga entre os pontos de tomada de pressão;
- Inversor de freqüências, faixa de trabalho de 0 a 60 Hz, utilizado para alimentar o conjunto moto-bomba;
- Medidor eletrônico de vazão, tipo *flowmeter*.

A Figura 4 apresenta uma vista da bancada de teste montada com uma tubulação de 4" instalada e preparada para o início dos testes.



**FIGURA 4: Bancada de testes preparada para início dos testes de perda de carga em condutos infestados pelo *Limnoperna fortunei*.**

### 3.2 Os procedimentos para se simular a infestação do *Limnoperna fortunei*

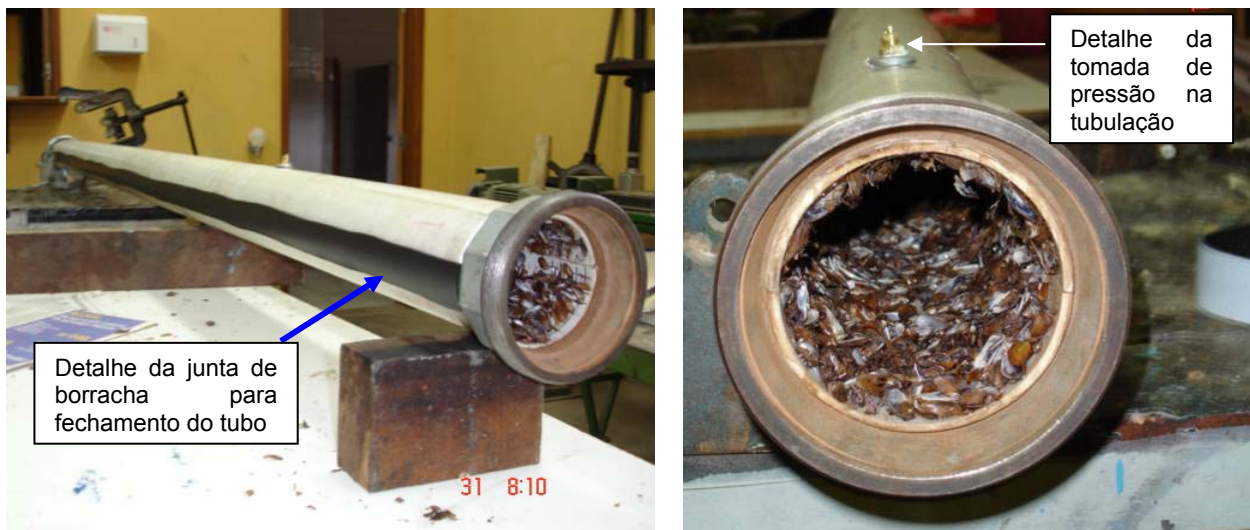
Para simular a infestação da tubulação com o *Limnoperna fortunei* optou-se por fazer uma colagem de indivíduos já mortos e esterilizados, utilizando-se adesivo Araldite®. Estes indivíduos foram cedidos pela ITAIPU – BINACIONAL. O procedimento consistiu no corte longitudinal dos tubos de PVC de forma que se obtivessem duas calhas de igual seção. Estas calhas foram, posteriormente, recompostas e mantidas fechadas por meio de uma junta de borracha e da ancoragem com braçadeiras metálicas. A seção cortada e remontada foi testada para o levantamento da perda de carga da tubulação sem a infestação pelo *L. fortunei*.

Em seguida, dividiu-se a área interna da tubulação em pequenas seções de forma a controlar da taxa de infestação do *Limnoperna fortunei* na medida em que os indivíduos fossem sendo colados à calha. A Figura 5 apresenta um detalhe do procedimento de colagem dos indivíduos no tubo.



**FIGURA 5:** Detalhe da colagem de *Limnoperna fortunei* na calha da tubulação de teste.

Após a colagem fez-se o fechamento da tubulação com uma junta de borracha e com braçadeiras metálicas, de modo a se reconstituir a seção original do tubo. Uma vez fechada a tubulação, a mesma foi conectada à bancada para o início dos testes. A Figura 6 mostra um detalhe da tubulação já preparada para receber as braçadeiras de fechamento e uma visão frontal da seção com uma infestação de 0,5 indivíduos/cm<sup>2</sup>.



**FIGURA 6:** Direita: tubulação preparada para receber as braçadeiras de fechamento. Esquerda: vista frontal da tubulação com uma infestação de 0,5 indivíduos/cm<sup>2</sup>.

#### 4.0 - RESULTADOS OBTIDOS

A partir da preparação do trecho da tubulação e da sua instalação na bancada de teste fez-se o levantamento da curva de perda de carga na bancada anteriormente descrita. Os valores de perda de carga foram obtidos mediante leitura direta no manômetro de coluna líquida, conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 7.

TABELA 1 – Perdas de carga em tubos com e sem infestação pelo *Limnoperna fortunei*.

Tubo Ø 4" infestação de 0,5 indivíduos/cm <sup>2</sup>			Tubo Ø 4" sem infestação pelo <i>Limnoperna fortunei</i>		
Hora	Q(l/s)	Δh (cm)	Hora	Q(l/s)	Δh (cm)
16:31	2,3580	2,0	10:40	3,9500	0,5
16:30	3,0116	3,0	10:35	5,8860	0,9
16:29	3,8175	4,7	10:27	7,0520	1,0
16:28	4,8096	6,5	10:25	8,2550	1,4
16:27	5,5025	9,0	10:20	9,4610	1,6
16:26	5,8877	11,9	10:14	10,611	1,9
16:25	6,7525	14,6	10:11	11,830	2,1
16:23	8,3136	22,0	10:07	13,012	2,9
16:21	8,8776	26,3	10:05	14,221	3,3
16:20	9,5818	30,7	10:02	15,389	3,8
16:18	10,731	35,7	10:00	13,037	2,9
16:17	11,053	40,6	9:55	14,163	3,7
16:12	12,565	52,7	9:52	15,397	3,8
16:11	13,625	58,5	9:47	16,549	4,8
16:09	13,965	66,5	9:44	17,676	5,5
16:07	14,644	73,8	9:40	19,275	5,8
16:03	16,274	89,0	9:37	20,415	6,9
16:02	16,870	97,5	9:34	20,782	7,0
16:00	17,622	106,0	9:30	22,291	7,4
15:58	18,228	115,0	9:27	23,351	8,9
15:53	19,702	134,0	9:23	20,044	6,2
15:51	20,406	141,5	9:19	21,172	7,0
15:50	21,111	151,5	9:17	22,271	7,2
15:45	21,798	161,5	9:11	23,333	7,9

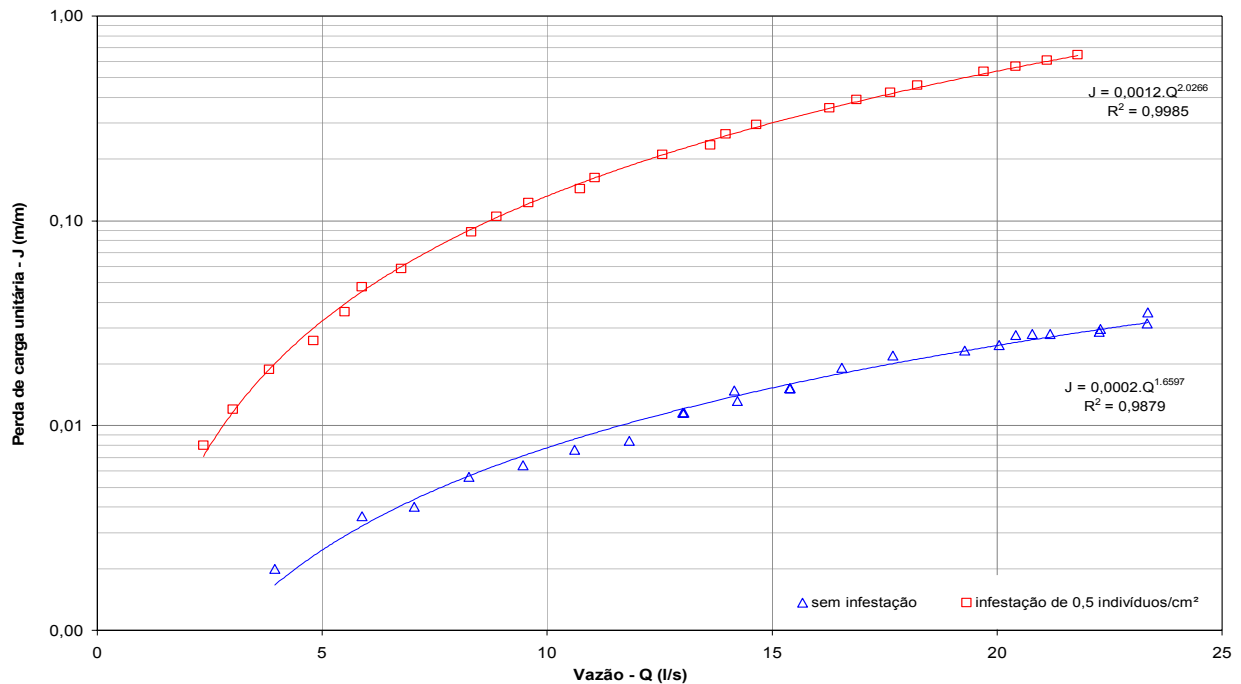


FIGURA 7: Evolução da perda de carga em tubulação com diâmetro de 4'' em função da vazão.

Pode-se observar pela Tabela 2 que o aumento da perda de carga para infestações de 0,5 indivíduos/cm<sup>2</sup> é de até 23 vezes maior do que para instalações livres do *Limnoperna fortunei*.

**TABELA 2 – Relação entre a perda de carga com e sem infestação de *L. fortunei*.**

Tubo Ø 4" com infestação de 0,5 indivíduos/cm <sup>2</sup>				Tubo Ø 4" sem infestação de <i>Limnoperna fortunei</i>				Relação entre a perda de carga com e sem infestação
Q (l/s)	Velocidade de escoamento (m/s)	Número de Reynolds	J (m/m)	Q (l/s)	Velocidade de escoamento (m/s)	Número de Reynolds	J (m/m)	
3,818	0,49	48.606	0,019	3,950	0,50	50.293	0,002	9,4
5,888	0,75	74.965	0,048	5,886	0,75	74.943	0,004	13,2
8,314	1,06	105.852	0,088	8,225	1,05	104.724	0,006	15,7
10,731	1,37	136.631	0,143	10,611	1,35	135.103	0,008	18,8
14,644	1,86	186.453	0,295	14,221	1,81	181.067	0,013	22,4
17,622	2,24	224.370	0,424	17,676	2,25	225.058	0,022	19,3
19,702	2,51	250.854	0,536	19,275	2,45	245.417	0,023	23,1
21,798	2,78	277.541	0,646	21,172	2,70	269.570	0,028	23,1

Tomando-se como referência um sistema com uma tubulação de 100 metros de comprimento e com diâmetro de 4", pode-se calcular qual o correspondente aumento no consumo de energia para se manter uma vazão de 20 l/s após a infestação pelo *L. fortunei* na razão de 0,5 indivíduos / cm<sup>2</sup>. O cálculo da potência de acionamento é dado pela equação 1 a seguir, onde "g" é a aceleração da gravidade, "Q" é a vazão que passa pelo sistema (m<sup>3</sup>/s), "Δ<sub>h</sub>" é a perda de carga no sistema (m), η<sub>bomba</sub> é o rendimento da bomba e L é o comprimento da tubulação (m):

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot \Delta h}{\eta_{bomba}} \quad [1]$$

Assim, pode-se verificar que o consumo de energia para a tubulação forçada será de 2,4 kWh e no caso do sistema sob infestação será de 50 kWh.

## 5.0 - CONCLUSÕES

Apesar dos ensaios com a tubulação infestada com o *Limnoperna fortunei* terem abrangido apenas um taxa de infestação de 0,5 indivíduos/cm<sup>2</sup> (considerada pequena para esta espécie invasora) e de ter-se utilizado uma tubulação de 4" de diâmetro, fica evidente que o aumento da perda de carga é elevadíssimo. Dessa forma, pode-se perceber que no momento em que o *Limnoperna fortunei* iniciar a colonização de sistemas de refrigeração de turbinas hidráulicas, se terá uma redução significativa da vazão com um conseqüente aumento da temperatura no circuito de refrigeração. Além disso, a colonização de sistemas hidráulicos, de uma forma geral, trará um elevado custo de manutenção, uma vez que os aumentos de perda de carga são da ordem de 20 vezes (2000%) o que inviabiliza a estratégia de aumento de pressão na entrada para compensar o aumento de rugosidade e a diminuição do diâmetro da tubulação. Os estudos estão sendo expandidos para tubulações de 1, 2 e 3", de modo que se possa ter um equacionamento mais abrangente do problema.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) JURAS, I. A. G. M. 2003. Problemas causados pela água de lastro [www.camara.gov.br/internet/diretoria/conleg/Estudos/211161.pdf](http://www.camara.gov.br/internet/diretoria/conleg/Estudos/211161.pdf).
- (2) DARRIGRAN, G. A.; MAROÑAS, M. E.; COLAUTTI, D. C. Air exposure as a control mechanism for the golden mussel, *Limnoperna fortunei*, (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Freshwater Ecology*, in press, 2004.
- (3) PATELLA, BOEGER e TORRES. Diferenciação das larvas de *Limnoperna fortunei* e *Corbicula fluminea* utilizando técnicas de RFLP - XXV Congresso Brasileiro de Zoologia, Universidade de Brasília, 2004.

- (4) OLIVEIRA, M. D. (2003) "Ocorrência e impactos do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*). (Dunker, 1857) no Pantanal Mato-Grossense", Circular Técnica 38 – Embrapa.
- (5) AVELAR, W. E. P.; MARTIM, S. L.; VIANNA, M. P. (2004) "A new occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1856) (Bivalvia, Mytilidae) in the state of São Paulo, Brazil", *Braz. J. Biol.* 64 (4): 739 – 742
- (6) von RÜKERT, G.; CAMPOS, M. C. S.; ROLLA, M. E. (2004) "Alimentação de *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857): taxas de filtração com ênfase ao uso de Cyanobacteria", *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, 26(4): 421 – 429.
- (7) MANSUR, M. C. D.; SANTOS, C. P.; DARRIGRAN, G.; HEYDRICH, I.; CALLIL, C. T.; CARDOSO, F. R. (2003) "Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente", *Revista Brasileira de Biologia* 20(1): 75 - 84.
- (8) RICCIARDI, A. (2003) "Predicting the impacts of an introduced species from its invasion history: an empirical approach applied to zebra mussel invasions", *Freshwater Biology* 48: 972 – 981.
- (9) OLIVEIRA, M. D.; PELLEGRIN, L. A.; BARRETO, R. R.; SANTOS, C. L.; XAVIER, I. G. (2004) "Área de ocorrência do mexilhão-dourado na bacia do alto Paraguai, entre os anos de 1998 e 2004", Documento 64 – Embrapa.
- (10) MAGARA, Y.; MATSUI, Y.; GOTO, Y.; YUASA, A. (2001) "Invasion of the non-indigenous nuisance mussel, *Limnoperna fortunei*, into water supply facilities in Japan", *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA* 50.3: 113 – 124.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Márcio Figueiredo de Resende

Nascido em Belo Horizonte, MG, em 22 de junho de 1967.

Mestrando do Programa de Saneamento, Meio Ambiente e de Recursos Hídricos da EEUFMG.

Graduado em Engenharia Civil (1993) na Escola de Engenharia da UFMG.

Empresa: Golder Associates, desde 2002.

Carlos Barreira Martinez

Nascido em São José do Rio Pardo, SP, em 30 de setembro de 1961.

Graduação em Engenharia Civil (1984) pela FECI. Mestrado em Engenharia Mecânica (1988) pela EFEI e Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos (1994) pela UNICAMP.

Empresa: Universidade Federal de Minas Gerais (desde 1994).

Prof. Associado e coordenador do Centro de Pesquisas Hidráulicas e de Recursos Hídricos da UFMG.

Cláudia Marques Gonçalves Simeão

Nascida em Vitória, ES, em 04 de agosto de 1978.

Doutoranda do Programa de Saneamento, Meio Ambiente e de Recursos Hídricos da EEUFMG.

Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (2005) pela UFMG e Graduação em Ciências Biológicas (2001) pela PUC-MINAS.

Empresa: Universidade Federal de Minas Gerais.

Edna Maria de Faria Viana

Nascida em Belo Horizonte, MG, em 26 de janeiro de 1969.

Professora do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da EEUFMG.

Doutora na área de hidráulica pelo Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e de Recursos Hídricos da EEUFMG.

Mestre em Bioengenharia pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFMG.

Graduada em Engenharia Mecânica pela PUC-Minas.

## 8.0 - AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A ITAIPU BINACIONAL pela gentileza em ceder os indivíduos mortos e esterilizados para os testes;

A CEMIG pelo apoio dado ao Centro de Pesquisas Hidráulicas e de Recursos Hídricos;

A FURNAS S.A. pelo apoio material e logístico a esta Pesquisa;

Aos Alunos de Iniciação Científica que colaboraram no levantamento das perdas de carga e na montagem das bancadas de testes, Camila Moreira Queiroz, Leandro Gontijo Soares, Leonardo Reis de Melo e Vítor Lages do Vale.