

# OS EFEITOS DA INFESTAÇÃO PELO MEXILHÃO DOURADO EM UMA INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UM ESTUDO DE CASO

Afonso Gabriel Ferreira Júnior<sup>1</sup>, Leirisson Patrick Santos<sup>1</sup>, Carlos Barreira Martinez<sup>1,3</sup>,  
Jair Nascimento Filho<sup>2,4</sup> e Edna Maria de Faria Viana<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da UFMG – Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG – Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos UFMG – Brasil.

<sup>4</sup>Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da UFMG (LENHS-UFMG)

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte – MG, Brasil – Tel/Fax: (31) 3409-4925

E-mail: afonsojg@yahoo.com.br, l.patrick santos@gmail.com, martinez@cce.ufmg.br, jair@demec.ufmg.br, ednamariafaria@bol.com.br

## Resumo

O Mexilhão Dourado (MD), molusco bivalve de água doce, tem sua origem no sudeste asiático e desde o final da década de 90 é identificado na região sul do Brasil, provavelmente migrando através da água de lastro de navios oriundos da Ásia. O MD provoca problemas ambientais e econômicos devido às características de alta proliferação, escassez de predadores e alta capacidade de fixação em diversos substratos. Em tubulações, a redução do diâmetro interno em decorrência da incrustação desse molusco, denominado efeito “*macrofouling*”, acarreta no incremento da perda de carga, tornando-se prejudicial em sistemas de bombeamento por exemplo. Este trabalho simulou mediante o software Allievi, uma adutora de água bruta simples para um sistema de abastecimento de água, e verificou-se os efeitos antes e depois da infestação pelo MD nos condutos do recalque, comprovando diferenças significativas na vazão dos sistemas observados.

**Palavras chave:** Mexilhão-dourado, perdas hidráulicas e bombeamento.

## Introdução

De acordo com a importância dos recursos hídricos, cidades situadas em regiões com cotas elevadas, em relação ao nível dos reservatórios de água disponíveis para aproveitamento, necessitam de estações de bombeamento que têm como princípio de funcionamento fornecer energia ao fluido na forma de pressão, possibilitando o seu deslocamento para cotas superiores (Justino e Nogueira, 2012).

O dimensionamento adequado dos elementos constituintes de uma instalação de bombeamento, têm como fundamento um ponto ótimo de operação. Entretanto, diversos fenômenos podem ocorrer de modo a modificar a estrutura física e consequentemente o desempenho do sistema, como exemplo, incrustações biológicas nas paredes internas dos condutos forçados (Netto et al, 2015), que resultam na redução do diâmetro de passagem do fluido, aumento da rugosidade superficial e consequentemente do fator de atrito (f).

Em uma estação de bombeamento, as tubulações de sucção e recalque são suscetíveis à infestação pelo mexilhão-dourado (*limnoperna fortunei*), um molusco bivalve que se desenvolve em ambientes de água doce e apresenta como características alta taxa de proliferação e capacidade de fixação em substratos diversos, além da escassez de predadores naturais (Darrigan, 2000).

Quando incrustado no substrato aço, um aglomerado de mexilhão-dourado é arrancado totalmente quando a velocidade de escoamento ultrapassa 4,10 m/s de acordo com dados experimentais de Castro (2013). As velocidades recomendadas de escoamento em linhas de recalque para água variam 1 a 3 m/s em função do diâmetro da tubulação (Macintyre, 1983). Desse modo, no caso da existência de larvas de MD no sistema, existirá a possibilidade de incrustação nas linhas de sucção e recalque.

Portanto este artigo apresenta um estudo de caso com foco em uma instalação simples, para simular o sistema de recalque, sem e com infestação de MD, observando a espessura da camada de mexilhões em função do tempo de incrustação do molusco, correlacionado ao desempenho do sistema.

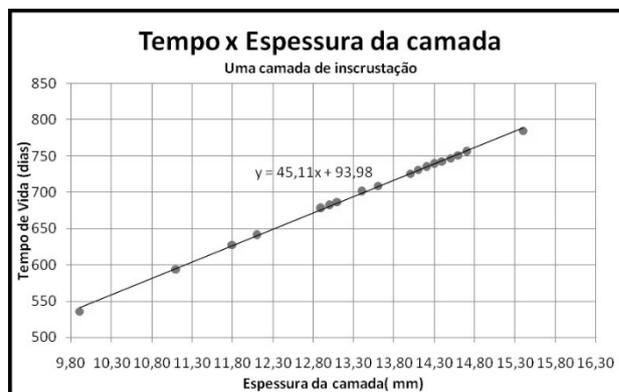
## Metodologia

O estudo de caso considera um sistema hipotético de bombeamento, de vazão 612 m<sup>3</sup>/h (Q) e desnível de 65 m (h<sub>c</sub>), concebido com o objetivo de se realizar um estudo teórico relativo aos efeitos da infestação do MD em um escoamento.

O sistema é constituído de dois reservatórios, inferior e superior, uma bomba, uma válvula de retenção e os trechos de tubulação com comprimentos pré-determinados, os quais foram dimensionados, considerando-se as velocidades de escoamento recomendadas (Macintyre, 1983). A bomba foi selecionada com ajuda do software livre Allievi, desenvolvido pela Universidade Politécnica de Valência na Espanha e disponível gratuitamente no website desta instituição. A fundamentação matemática que rege o software, para o cálculo do regime permanente, consiste no método das Características (MOC) sem admitir a ocorrência de manobras em acessórios como válvulas durante o funcionamento do sistema (Manual ALLIEVI, 2010).

A metodologia consiste em:

- Dimensionar a instalação com a ajuda do programa Allievi e obter as curvas de desempenho para a configuração de tubulação sem infestação por MD;
- Realizar uma predição da perda de carga em uma tubulação de recalque infestada de MD, levando em consideração a rugosidade relativa e relação crescimento da espessura da camada de mexilhão em função do tempo de incrustação, representada na Figura 1 e estimados por Costa (2016).



**Figura 1.-** Tempo de vida em função da espessura da camada de incrustação. Costa (2016).

## Resultados e Discussão

Com base nas dimensões das tubulações projetadas, a Tabela 1 representa para os condutos de recalque o diâmetro interno e espessura da parede da tubulação como uma função dos dias de infestação do sistema pelo MD.

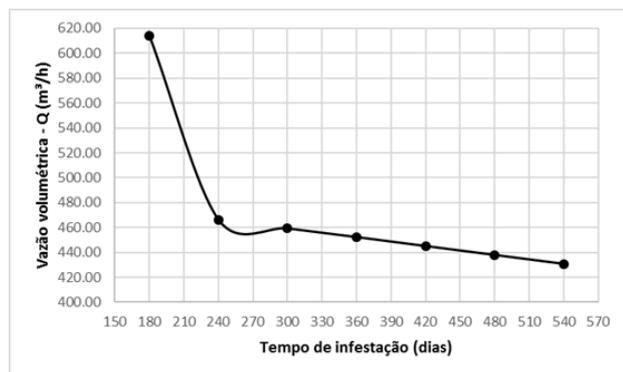
**Tabela 1.-** Diâmetro interno e espessura da parede da tubulação em função dos dias de infestação.

Dias de infestação	Espessura da incrustação (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura da parede (mm)
0	0	300	13
180	1.91	296.19	14.91
240	3.24	293.53	16.24
300	4.57	290.87	17.57
360	5.90	288.21	18.90
420	7.23	285.55	20.23
480	8.56	282.89	21.56
540	9.89	280.23	22.89

Nota-se que a redução no diâmetro interno da tubulação é expressiva, correspondendo a aproximadamente 20 mm no intervalo analisado. Além disso, outra variável que sofre alteração é a rugosidade na parede interna do conduto forçado que, na presença do MD eleva-se bruscamente, correspondendo a aproximadamente 10,25 mm de acordo com Costa (2016).

Os dados disponibilizados na Tabela 01, serviram como base para o cálculo, com o auxílio do software Allievi, da vazão volumétrica, velocidade média do fluxo, perda de carga, fator de atrito, altura manométrica, eficiência e potência da bomba em função do tempo de incrustação.

A observação dos resultados, conforme a Figura 2, demonstra que ocorreu uma redução brusca da vazão projetada em relação à obtida com a presença de MD no interior do conduto forçado, sendo esse fenômeno intensificado com o tempo de incrustação decorrido.



**Figura 2.-** Vazão volumétrica em função do tempo de infestação.

## Conclusões

A presença de MD na linha de recalque de uma instalação de bombeamento impacta negativamente variáveis importantes do sistema como a vazão volumétrica e eficiência do sistema, deixando de atender aos pré-requisitos de projeto. Portanto, em sistemas de grande importância como o de abastecimento de água, deve-se realizar análises constantes nos reservatórios para possível identificação do MD e manutenções com maior periodicidade quando comprovada a sua existência.

Para o caso hipotético em questão, ocorreu um decaimento superior a 20% da vazão em relação à instalação sem infestação em aproximadamente 6 meses. Embora o estudo de caso realizado tenha características dimensionais específicas, a

metodologia é aplicável à outros sistemas realizado adaptações adequadas para cada caso.

Ressalta-se que este estudo avaliou apenas as características físicas de um estudo de caso, impondo algumas condições específicas de contorno. Para a aplicação desta metodologia em outros casos, deve-se realizar as devidas adaptações para cada caso.

## Agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos à UFMG, à ANEEL, à CEMIG, à ELETROBRAS-FURNAS, à FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES pelo suporte financeiro para a realização desse trabalho.

## Referências bibliográficas

- Justino, D H.J. Verheij** (1997). *Scour Manual*. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Maynard, S.T.** (1995). "Gabion-Mattress Channel-Protection Design". *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 121, No. 7, July 1995, pp. 519-522.
- Pilarczyk, K. W.** (2001). "Unification of Stability Formulae for Revetments". *Proceedings of the IAHR XXIX International Congress*, Beijing, China.
- ALLIEVI -Manual Técnico.** (2010). Valência - Espanha.
- Castro, A. L.** (2013). *Estudo de velocidade e do número de Reynolds para o descolamento e do número de Reynolds para o descolamento dos mexilhões-dourados (Limnoperna fortunei)*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG.
- Costa, T. R., Rico, E. A., Ferreira, J., Martinez, C. B., & Viana, E. M.** (2016). *Análise da taxa de crescimento do Limnoperna fortunei (Dunker, 1857), relacionada à espessura da camada de incrustação*. IAHR. Lima, Peru.
- Darrigran, G.** (2000). *Invasive freshwater bivalves of the Neotropical Region*. pp. 7-13.
- Justino, D., & Nogueira, É.** (Abril de 2012). *Dimensionamento do Sistema de Recalque para abastecimento de água da comunidade de Macundú, distrito de São João Marcos município de Rio Claro, Rio de Janeiro*. Cadernos UniFOA, pp. 11-25.
- Macintyre, A. J.** (1983). *Máquinas Motrizes Hidráulicas*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois.
- Netto, A., Fernandez y Fernandez, M., Araujo, R., & Ito, A. E.** (2015). *Manual de Hidráulica*. São Paulo: Edgard Blucher LTDA.