

I-224 - USO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA CONTROLE DA PROLIFERAÇÃO DO MEXILHÃO DOURADO (*Limnoperna Fortunei*)

Dálim Gomes Paniago⁽¹⁾

Engenheira civil e mestre em engenharia de estruturas pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Trabalha como engenheira civil na Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná desde 2004.

Júlio Kazuhiro Tino⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Especialista em Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

Débora Pestana da Silva⁽³⁾

Bióloga (1984), mestre em Zoologia (UFPR, 1992) e doutora (UFPR, 2006) na área de Conservação da Natureza. Sócia administradora da empresa Plankton - Soluções em Meio Ambiente, que atua na área de inovações tecnológicas e de desenvolvimento de tecnologias para o uso responsável dos recursos naturais. Tem experiência na área de Zoologia, com ênfase em espécies aquáticas invasoras.

Pércia Aparecida Patriarca do Nascimento⁽⁴⁾

Bacharelado e Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Paraná. Mestrado em Energia e Meio Ambiente pelo Prodetec – Mestrado Profissionalizante em Desenvolvimento e Tecnologia. Atuação Profissional: 2001-2009 – Institutos Lactec em Pesquisa e Desenvolvimento na área de energia. 2010 a atual – Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa Peróxidos do Brasil.

Luiz Alberto Cesar Teixeira⁽⁵⁾

Eng., MSc, PhD. Professor Associado do Dep. Eng. Química e de Materiais da PUC-Rio. Consultor da Peróxidos do Brasil em aplicação de peróxidos em tecnologias ambientais. Área de pesquisa e desenvolvimento: tratamento de águas e efluentes

Endereço⁽¹⁾: Av. Ayrton Senna da Silva, n°.575 - 86.050-460 – Londrina. Tel: (43)3373-4104 - e-mail: dalimgp@sanepar.com.br

RESUMO

Em meados de 2018 foram detectadas colônias de mexilhões-dourados em captação superficial. Como alternativa para solucionar o problema foi realizado um experimento para verificar a eficiência da aplicação de peróxido de hidrogênio no controle do desenvolvimento desse molusco. Foram realizados doze meses de monitoramento, de forma a contemplar o ciclo reprodutivo anual da espécie-alvo. O produto foi aplicado no tanque de distribuição a montante do desarenador, em concentração média de 1,2 ppm. Foram estabelecidos pontos de coleta de água nos sistemas produtor e distribuidor. As coletas foram realizadas mensalmente. As amostras de água foram analisadas por método quantitativo (indivíduos/m³) e por método qualitativo (marcadores moleculares, indicando presença/ausência da espécie). No estágio inicial foram detectados traços da existência da espécie *Limnoperna fortunei* (mexilhão-dourado) em todo o sistema. Destaca-se que estes traços não indicam necessariamente a presença de indivíduos vivos, mas pistas genéticas (DNA) deixadas pela espécie no ambiente. A injeção de peróxido de hidrogênio influenciou o desenvolvimento, a sobrevivência e a incrustação do mexilhão-dourado. O resultado parece indicar que a aplicação de peróxido de hidrogênio, mesmo em baixas concentrações, pode contribuir para o controle da proliferação e fixação do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*). Condições ambientais associadas a concentrações mais altas do peróxido podem ocasionar dificuldades operacionais. Portanto, o observado aponta para o uso de concentrações baixas complementado por retirada mecânica (raspagem hidráulica). Novos estudos podem ser realizados por períodos maiores até se chegar na concentração ideal para cada sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Mexilhão Dourado (*Limnoperna Fortunei*), peróxido de hidrogênio, controle da proliferação.

INTRODUÇÃO

A presença do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) em captação superficial de água foi reportada em 2019 por ANDRADE et al(2019). A existência dessa espécie exótica invasora oferece risco ao sistema, pois pode provocar o entupimento de tubulações, bloqueio e danos ao sistema de bombeamento.

Foi observada, já em meados de 2018, uma grande quantidade de colônias de mexilhões-dourados na captação (vide Fig. 1). Como alternativa para solucionar o problema foi realizado um experimento para verificar a eficiência da aplicação de peróxido de hidrogênio no controle do desenvolvimento desse molusco. Tendo em vista a manutenção da qualidade da água distribuída e a observância dos padrões de potabilidade exigidos pela legislação ambiental, foi adotada dosagem de produto de forma a não haver influência na água produzida. Além disso, foram estabelecidos pontos de monitoramento para verificar a existência do mexilhão dourado também no sistema distribuidor.

Foram realizados doze meses de monitoramento, de forma a contemplar o ciclo reprodutivo anual da espécie-alvo (mexilhão dourado - *Limnoperna fortunei*) e observar o comportamento da espécie em um sistema fechado como o do tratamento de água. Antes do início do experimento foram realizados registros fotográficos da presença do molusco na captação (Fig. 1).



(desarenador-06/12/18)



(desarenador-22/07/19)



(tela no desarenador-21/07/19)



(EEB – 02/10/19)

Fig. 1: Presença de mexilhões dourados (*Limnoperna fortunei*) na captação

OBJETIVO

Encontrar alternativa para controle da proliferação do molusco invasor *Limnoperna fortunei* no sistema de captação e tratamento de água.

METODOLOGIA

O trabalho experimental de injeção de peróxido de hidrogênio na captação superficial ocorreu de 16 de dezembro de 2019 até 28 de outubro de 2020. O produto foi aplicado no tanque de distribuição a montante do desarenador, em concentração média de 1,2 ppm. A concentração utilizada resultou de estudo de dosagem anterior [SANTOS(2015)]. A dosagem foi escolhida de forma a impactar nos mexilhões dourados, mas evitando-se residuais de peróxido de hidrogênio na água a ser distribuída.

Análises de água

Para monitorar a espécie no sistema de forma mais ampla, foram estabelecidos pontos de coleta de água nos sistemas produtor e distribuidor: rio, captação superficial, elevatórias de água bruta (EEBs), estação de tratamento de água (ETA), elevatória de água tratada (EET), centros de reservação (CRs)). As coletas foram realizadas mensalmente. Nos centros de reservação elas foram iniciadas somente no segundo semestre do experimento.

As amostras de água foram analisadas sob dois métodos para identificação e quantificação de larvas do mexilhão-dourado: por triagem sob microscópio estereoscópico (método quantitativo com resultados expressos em indivíduos/m³) e por marcadores moleculares [PIE *et al.* (2006)], método qualitativo, indicando presença/ausência da espécie). O método quantitativo tem como finalidade identificar a densidade (indivíduos/m³) de formas jovens (larvas) de mexilhão-dourado em amostras de água filtradas em rede de plâncton. A análise molecular evidencia a presença da espécie no local mesmo que indivíduos (larvas, juvenis ou adultos) não sejam encontrados microscopicamente em uma amostra. O método detecta não apenas os próprios organismos como também pistas genéticas deixadas pela espécie no ambiente (células mortas, muco, gametas), indicando sua presença mesmo em baixíssimas densidades.

Para as amostras analisadas pelo método quantitativo, foram filtrados 1000 L de água através de rede de plâncton (63µm). As amostras analisadas por marcadores moleculares foram obtidas com a coleta de 1 L de água. Foram realizadas 106 análises laboratoriais para monitoramento de larvas, sendo 68 pelo método quantitativo e 38 pelo método molecular.

Inspeções

Foram realizadas três inspeções visuais em visitas a campo. Para tanto, em dezembro de 2019, antes do início da aplicação do peróxido, foram instalados 4 gabaritos (molduras de metal), compostos por dois quadrantes de 20 cm x 20 cm cada. Na ocasião da instalação, a superfície de um dos quadrantes foi raspada e os mexilhões que estavam ali aderidos foram coletados e fixados em formol, para a determinação da densidade de indivíduos. O efeito da aplicação do peróxido de hidrogênio na fixação dos mexilhões nos gabaritos foi verificado em duas visitas posteriores.

RESULTADOS OBTIDOS

Através do método quantitativo foi possível observar indivíduos da espécie em todo o sistema com exceção das amostras obtidas nos dois reservatórios analisados. Entre as amostras submetidas às análises por marcadores moleculares no período de análise, um grande número apresentou resultado positivo (Tabela 1), indicando que existem traços da existência da espécie *Limnoperna fortunei* (mexilhão-dourado) em todo o sistema. Destaca-se que estes traços não indicam necessariamente a presença de indivíduos vivos, mas pistas genéticas (DNA) deixadas pela espécie no ambiente.

Tabela 1 – Resultados das análises qualitativas por marcadores moleculares (presença/ausência) realizadas nas amostras de água durante o período do experimento de aplicação de peróxido de hidrogênio

Unidade	Data da coleta (Ano 2020)											
	28/01	03/03	31/03	28/04	29/05	15/07	18/08	09/09	30/09	15/10	09/11	03/12
ETA (Calha Parshall)												
ETA (Filtração)												
ETA (Água tratada)												
EET (ETA)												
CR 1												
CR 2												
Rio												

não coletada
 presença não detectada
 presença detectada

Tabela 2 – Resultados das análises quantitativas (indivíduos/m³) realizadas nas amostras de água

Unidade	Data da coleta													
	12/12/19	16/1/20	28/1/20	2/3/20	31/3/20	30/4/20	28/5/20	15/7/20	18/8/20	9/9/20	30/9/20	15/10/20	5/11/20	3/12/20
EEB-A (CSP)	1,34	6,34	3	2	1	10.310	0	19	6	1	49	1	1	28*
EEB-B (CSP)	1,11	8,67	2	29	13,34	18.932	0	10	2	2	47	0	0	14
EEB (Intermediária)	0	6	4	1	2	6.625	0	0	6	0	2	0	0	-
ETA	nc	nc	nc	nc	4	13.406	0	1	1	2	2	0	0	-
EET (ETA)	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	2	0	0	0	0	0
CR 1	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	0	0	0	nc	0	0
CR 2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	0	0	0	nc	0	0
Rio	nc	nc	8	nc	nc	nc	1	nc	nc	nc	nc	1	nc	nc

* Não foi possível medir o volume filtrado
nc: não coletado

Como se pode notar na Tabela 2, as amostras coletadas na captação e ETA apresentaram as maiores densidades. Os resultados de análises mensais foram comparados com os valores dos parâmetros monitorados diariamente (temperatura da água, pH, turbidez e alcalinidade). Não foi observada uma relação expressiva entre as densidades larvais e tais parâmetros de monitoramento.

As densidades de indivíduos aderidos inicialmente na área dos gabaritos era alta (Tabela 3). Após a raspagem dos gabaritos, no início de dezembro de 2019, as colônias não voltaram a se formar. As conchas que permaneceram fixadas na área dos gabaritos foram perdendo a camada mineral (Fig. 2), fator indicativo de morte do indivíduo.

Tabela 3 – Densidade das colônias nas áreas dos gabaritos (indivíduos/m³)

Localização do Gabarito	Data da coleta		
	08/12/2019	28/05/2020	15/10/2020
Entrada do desarenador - direita	10.675	0	0
Entrada do desarenador - esquerda	9.400	0	0
Desarenador- câmara 1	2.400	0	0
Desarenador- câmara 2	5.025	0	0



Fig. 2 - Comparação entre uma concha íntegra (esquerda) e duas desmineralizadas

ANÁLISE DOS RESULTADOS

As colônias presentes eram formadas de indivíduos basicamente da mesma classe de tamanho, entre 15 e 20 mm de comprimento, ou seja, já estavam em idade reprodutiva. O fato de serem da mesma classe de tamanho é fato incomum.

Os picos de desova observados (primavera e outono) coincidem com as informações de vários autores [BOLTOVSKOY & CATALDO(2003); SANTOS *et al.*(2008)], que indicam que a espécie apresenta, no hemisfério sul, dois momentos de desova importantes ao longo do ano, embora a de primavera seja geralmente maior do que a do outono. Porém, deve-se ressaltar que as coletas foram pontuais e podem ter acontecido em dias em que a desova estivesse se iniciando ou mesmo finalizando.

O pico observado na coleta de 30 de abril de 2020 (vide Tabela 2) coincidiu com o forte estresse hídrico a que a região esteve submetida durante aquele ano. O déficit médio até maio indica 48% menos precipitação (79,68 mm/mês) em relação à média histórica (154,64 mm/mês) na cidade entre os meses de janeiro e maio (IAPAR, 2020). Esse fator, combinado com temperaturas altas, pode ter acelerado a maturação e desencadeado a desova massiva identificada durante este monitoramento.

A injeção de peróxido de hidrogênio no sistema influenciou o mexilhão-dourado:

- no seu desenvolvimento (as formas jovens não conseguiram se desenvolver até o estágio em que estão aptas a se fixarem)
- na sobrevivência (os indivíduos das colônias encontradas até dezembro de 2019 não conseguiram se manter vivos)
- na incrustação (as conchas dos indivíduos se desmineralizaram ao longo do tempo; em campo a retirada mecânica por jateamento de água sob pressão foi facilitada).

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

No sistema do estudo, durante o ano de 2020, a aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração média de cerca de 1,2 ppm se mostrou eficiente para evitar o desenvolvimento e fixação de mexilhões dourados

(*Limnoperna fortunei*). Destaca-se que a concentração média de 1,2 ppm foi a aplicada na captação. Na EEB, elevatória intermediária localizada a cerca de 10 km após a captação, a concentração girou em torno de 0,2 ppm. Na água decantada da ETA, cerca de 2,5 km a jusante da EEB intermediária, a concentração média de peróxido de hidrogênio foi de 0,1 ppm.

Apesar do bom resultado no controle do desenvolvimento e fixação dos mexilhões dourados, em 2021 a concentração de aplicação foi reduzida para 0,5 ppm, em média, pois verificou-se que com a redução dessa concentração houve também a redução no desenvolvimento de algas filamentosas no decantador da ETA. O surgimento das algas relaciona-se principalmente a fatores ambientais (temperatura, baixa turbidez da água devido a estiagens).

Em agosto de 2021, seis meses após a conclusão do experimento, as estruturas foram vistoriadas (vide Fig. 3). Nas áreas delimitadas pelos gabaritos praticamente não havia indivíduos aderidos, mas em outras áreas havia formação de colônias, porém, em menor quantidade que a observada inicialmente.



Fig. 3 – Presença de indivíduos em 15/08/21, oito meses após o fim do experimento

O resultado parece indicar que a aplicação de peróxido de hidrogênio, mesmo em baixas concentrações, pode contribuir para o controle da proliferação e fixação do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*). Condições ambientais associadas a concentrações mais altas do peróxido podem ocasionar dificuldades operacionais. Portanto, o observado aponta para o uso de concentrações baixas complementado por retirada mecânica (raspagem hidráulica). Novos estudos podem ser realizados por períodos maiores até se chegar na concentração ideal para cada sistema. Em busca de eficiência operacional e manutenção da qualidade da água produzida, a empresa, mesmo passado o período do experimento, e diante do bom resultado obtido, tem mantido a aplicação de peróxido de hidrogênio em baixas dosagens e o monitoramento da existência de mexilhões dourados no sistema.

AGRADECIMENTOS

O trabalho teve êxito graças ao esforço conjunto das equipes da Sanepar, Plankton e Peróxidos do Brasil. Gerentes, coordenadores, engenheiros, gestores e operadores se empenharam, cada um em sua função e sua área, para alcançar os objetivos almejados. Nem todos serão citados aqui, infelizmente, mas somos gratos à contribuição que deram. Por ora, expomos nossos agradecimentos à Companhia de Saneamento do Paraná –



Sanepar, nas pessoas de Antônio Gil Fernandes Gameiro, Rafael Leite Gonçalves, Rosimere de Castro, Marcos Aurélio Dvorak, José Augusto Gonçalves, Fernando Lagos da Silva, e à Peróxidos do Brasil, na pessoa de Ricardo Theiss Przysieczny.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, P. D. B.; AZAMBUJA, L. P.; GAMEIRO, A. G. F.; TINO, J. K. 2019. *Distribuição do mexilhão dourado no estado do Paraná: detecção através de DNA ambiental*. 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ANAIS, Natal, Rio Grande do Norte
2. BOLTOVSKOY, D. & CATALDO, D. H. *Estudios de evaluación, monitoreo y análisis de medidas de control de incrustaciones de moluscos bivalvos (Limnoperna fortunei) en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Itaipu*. Relatório Técnico. 2003.
3. PIE, M.; BOEGER, W.; PATELLA, L. & FALLEIROS, R. *A fast and accurate molecular method for the detection of larvae of the golden mussel Limnoperna fortunei (Mollusca: Mytilidae) in plankton samples*. Journal of Molluscan Studies, 72:218-219, 2006.
4. SANTOS, C. P.; MANSUR, M. C. D.; WÜRDIG, N. L. *Variações no comprimento dos indivíduos de uma população de mexilhão dourado, Limnoperna fortunei (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae), ao longo do ano, na Praia do Veludo, Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil*. Revista Brasileira de Zoologia, 25 (3): 389-396, 2008.
5. SANTOS, L. E. S. *Avaliação da toxicidade do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) no mexilhão dourado (Limnoperna fortunei)*. Relatório. Institutos Lactec. Curitiba /PR. Novembro de 2015.