



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GMI 11
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO ANTIINCRUSTANTE NO CONTROLE DO MEXILHÃO DOURADO NA CONFIABILIDADE DE EQUIPAMENTOS E REDUÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Renata de Alencar Bonafé*
André Luiz Mustafá

Rui Riyo Ueda
Celso Machado

Luis Eduardo Urbán López

CESP- Companhia Energética de São Paulo

Renner Herrmann.S.A. – M&M

RESUMO

A invasão de espécies exóticas tem provocado sérios efeitos em ambientes terrestres e aquáticos, freqüentemente com severas conseqüências ambientais e econômicas. Desde 2003 a CESP – Companhia Energética de São Paulo em parceria com a Renner Herrmann S.A. vem buscando reduzir os impactos causados pela espécie invasora Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) utilizando revestimentos antiincrustantes à base de polímeros de autopolimento. Essas tintas foram especialmente formuladas para atuar em água doce e tem eficácia comprovada contra a incrustação do Mexilhão Dourado, reduzindo custos de manutenção, mão-de-obra e na redução da freqüência da parada e limpeza das máquinas, assegurando a confiabilidade do uso dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE

Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857), Revestimentos Antiincrustantes, Incrustação, custos, confiabilidade de equipamentos.

1.0 - INTRODUÇÃO

O *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae), conhecido vulgarmente como Mexilhão Dourado é uma espécie invasora de molusco bivalve originário da China e região Sudeste da Ásia, provavelmente com sua introdução ocorrendo através da água de lastro de navios. Foi identificado pela primeira vez na América do Sul, em 1991, na Bacia do Prata, Argentina. Em 1998, foi registrada a presença do molusco na foz do Rio Jacuí, próximo a Porto Alegre. Hoje, já está presente nos Rios Guaíba, Iguaçu, Alto Paraná, no Tietê já foi encontrado em Barra Bonita, chegando no Paraguai até o município de Cáceres.

Na CESP, o primeiro registro ocorreu em agosto de 2002, em uma Unidade Geradora da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera), sendo que, o organismo nesta época ocorria a meio trecho montante, sentindo UHE Eng. Souza Dias (Jupia), constatando sua presença em janeiro de 2004 na referida Usina e na UHE Ilha Solteira em fevereiro de 2004 e, quando finalmente, foi detectado o Mexilhão Dourado na UHE Três Irmãos em novembro de 2005.

Em 10 anos alcançou uma ampla distribuição podendo atingir densidades que superam os 120.000 indivíduos por metro quadrado (1). Os impactos ambientais e econômicos que vem sendo provocados pelo crescimento descontrolado de *L. fortunei* assemelham-se aqueles ocorridos na Europa e América do Norte em razão da invasão do Mexilhão Zebra (*Dreissena polymorpha*)(2).

A invasão, estabelecimento e crescimento de populações do Mexilhão Dourado em corpos hídricos provocam: entupimento de tubulações e filtros em usinas hidrelétricas, aumento da freqüência de limpeza e manutenção (aumento de custos), aumento de corrosão, nas empresas de abastecimento de água potável entupimento das

* Avenida Nossa Senhora do Sabará, nº 5312 – Escritório 43 - CEP 04447-900 – São Paulo - SP - BRASIL
Tel.: (11) 5613-3620 - Fax: (11) 5613-3604 - E-MAIL: renata.bonafe@cesp.com.br

bombas de aspiração de água e tubulações, telas de tanque-rede de piscicultura, sistemas de irrigação e aderência em embarcações e roupas de competidores de esportes náuticos.

A CESP vem se preparando para controlar o Mexilhão Dourado em suas usinas de modo a não prejudicar a geração de energia elétrica e monitorar os impactos ambientais, por meio de um Programa de Manejo e Controle do Mexilhão Dourado em seus reservatórios. Algumas ações foram implantadas e uma ação de relevante importância foi o desenvolvimento de revestimentos antiincrustantes em parceria com a empresa Renner Hermann S.A., com aplicação destas tintas em grades de tomada d'água da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera). Estes testes tiveram duração de 02 anos com a conjugação de esforços entre a CESP e a Renner na avaliação de desempenho de um ou mais revestimentos que evite ou diminua a fixação do Mexilhão Dourado firmados através de um Acordo de Cooperação Técnica. A incrustação do Mexilhão Dourado na grade de tomada d'água da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera) antes de utilizar os revestimentos antiincrustantes pode ser visualizada na Figura 1 abaixo.



Figura 1 – Bioincrustação na grade de tomada d'água

Os revestimentos empregados nos referidos testes atendem a resolução da IMO, pois são isentos de TBT ou qualquer derivado de estanho e atendem a Resolução N° 357 do CONAMA, com teores máximos estabelecidos para diversas substâncias.

2.0 - REVESTIMENTOS ANTIINCRUSTANTES

Desde 2003 a Renner Hermann S.A. é pioneira em pesquisa e busca soluções para o problema de bioincrustação do Mexilhão Dourado. Em sua unidade de produção da linha Marítima e Manutenção Industrial, localizada em Curitiba, foram desenvolvidos revestimentos antiincrustantes à base de polímeros de autopolimento. Estas tintas foram especialmente formuladas para atuar em água doce e, com a adição de uma quantidade correta de princípio ativo, tem eficácia comprovada contra a incrustação do Mexilhão. Em conjunto com este revestimento antiincrustante foi desenvolvido um sistema anticorrosivo ecologicamente correto, que é isento de solventes e metais pesados.

Sabendo do problema de bioinvasão na UHE Eng. Sérgio Motta foi proposta uma conjugação de esforços entre a CESP e a Renner, com assinatura de Acordo de Cooperação Técnica, objetivando a colaboração na avaliação de desempenho destes revestimentos (tintas) que evite ou diminua a fixação do Mexilhão Dourado.

O sistema de resinas do antiincrustante sofre um desgaste por hidrólise e erosão quando imerso (somente a camada mais externa), de forma que o desprendimento de biocida é constante durante toda a vida útil do revestimento, conforme Figura 2, desde que a velocidade da água seja constante. A espessura do antiincrustante vai se desgastando camada a camada até que o produto seja totalmente consumido. Desta forma, a rugosidade da superfície tende a diminuir, obtendo-se um perfil mais liso, este processo também é chamado de autopolimento.

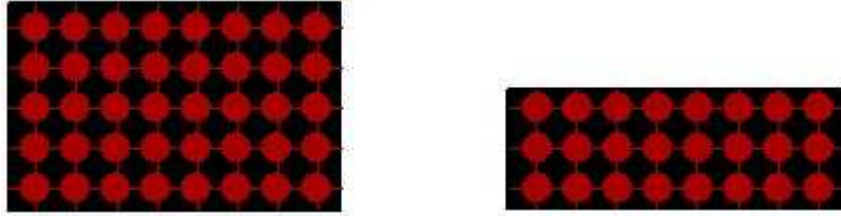


Figura 2 – Filme original de antiincrustante e o desgaste com tempo de imersão

Os revestimentos que obtiveram melhor desempenho nos testes realizados na UHE Eng. Sérgio Motta foram a Revran GM 878 e Revran GM EXI 878, sendo que seus mecanismos de ação são similares, com este último apresentando uma película (filme) mais macio, portanto, com taxa de lixiviação (desgaste) mais acentuado, ideal para locais com baixa velocidade da água.

2.1 - Características técnicas do revestimento anticorrosivo

O revestimento anticorrosivo utilizado (Revran ECO NVC 997 ARA) é um epóxi sem solvente de altíssimo desempenho, isento de metais pesados, aplicável em até 95% de URA,, aceita aplicação wet on wet, mínimo de 3 horas, aplicável em espessuras de 125 a 180 µm, disponível em diversas cores, aplicável com tanque de pressão, rolo, trincha ou pista airless.

2.2 - Áreas de aplicação dos revestimentos e esquemas de pintura

Foi feita uma análise preliminar das áreas com maior incidência de Mexilhões Dourados (bioincrustação) nas grades de tomada d'água, através de inspeções subaquáticas, e com isso determinou-se em quais áreas deveriam ser utilizados os antiincrustantes, conforme Figura 3.

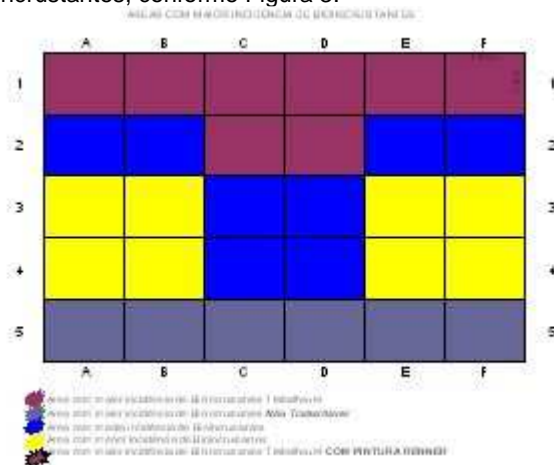


Figura 3 – Áreas com maior incidência de bioincrustantes

Definiu-se que seriam aplicados os revestimentos nas grades de tomada d'água da Unidade Geradora 02 da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera) e estas estão dispostas em 06 fileiras com 05 grades em cada uma delas e as substituídas foram denominadas 3 A, 3 F, 4 A e 4 F de acordo com o esquema de pintura que receberam, podendo ser visualizadas na Figura 4.

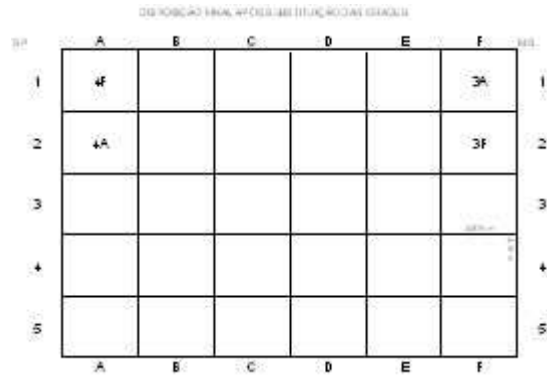


Figura 4 – Disposição final após substituição das grades

O Layout de pintura das grades substituídas se encontra descrito na Figura 5.

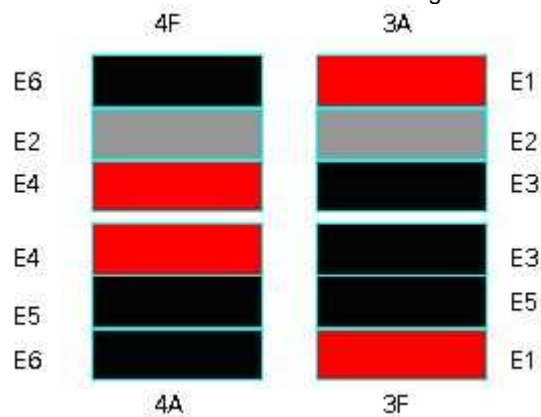


Figura 5 – Esquema de pintura

O esquema de pintura dos painéis de grade de tomada d'água encontram-se descritos a seguir:

Esquema de Pintura E1:

- Revran ECO NVC 997 (epóxi sem solvente), 2 demãos de 125 µm;
- Revran TTF 527 (selador epóxi), 1 demão de 75 µm;
- Revran GM COB 878 vermelha (antiincrustante autonivelante modificado), 2 demãos de 100 µm;

Esquema de Pintura E2:

- Rezinc PRZ 524 (epóxi rico em zinco), 1 demão de 100 µm;

Esquema de Pintura E3:

- Revran ECO NVC 997 (epóxi sem solvente), 2 demãos de 125 µm;
- Revran TTF 527 (selador epóxi), 1 demão de 75 µm;
- Revran GM EXI 878 preta (antiincrustante autonivelante modificado), 2 demãos de 100 µm;

Esquema de Pintura E4:

- Revran ECO NVC 997 (epóxi sem solvente), 2 demãos de 125 µm;
- Revran TTF 527 (selador epóxi), 1 demão de 75 µm;
- Revran GM 878 vermelha (antiincrustante autonivelante modificado), 2 demãos de 100 µm;

Esquema de Pintura E5:

- Revran ECO NVC 997 (epóxi sem solvente), 2 demãos de 125 µm;
- Rethane SLP 870 preto (poliuretano com silicone), 1 demão de 40 µm;

Esquema de Pintura E6:

- Epóxi Alcatrão de Hulha, 2 demãos de 150 µm;

3.0 - CONFIABILIDADE DE EQUIPAMENTOS E REDUÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Nas grades de tomadas d'água das unidades geradoras da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera) existem sensores de perda de carga que monitoram, registram, sinalizam, reduzem a carga e desligam as máquinas quando ocorrem entupimentos nas grades e perda de carga por redução da seção de passagem da água.

As programações de paradas de máquinas para sua limpeza são elaboradas e/ou definidas a partir do monitoramento dos níveis de perdas de cargas nas grades de cada unidade geradora.

Para a realização dos serviços de limpeza das grades (retirada de entulhos, plantas aquáticas, troncos e galhos de árvores, etc) são necessários mergulhadores especializados, mão-de-obra, aumento de custos.

Para estes serviços é necessário também a parada de máquinas adjacentes (por exemplo: se ocorrer uma limpeza na UG 06, haverá uma redução de carga das UGs 04 e 08 e desligamento das UGs 05 e 07, para segurança do trabalho).

Quando ocorre uma perda de carga nas grades de tomada d'água os equipamentos podem se danificar, pois podem operar com sua potência reduzida, pode ocorrer uma sucção das grades provocando a parada de uma turbina ou outros equipamentos.

4.0 - AVALIAÇÃO TÉCNICA

Nas inspeções realizadas após dois (2) anos em testes com os revestimentos antiincrustantes aplicados nos painéis 4 F, 4 A, 3 A e 3 F das grades com os esquemas E1, E3 e E4 foi verificado que:

- Não houve incrustação de Mexilhão Dourado, algas e biofouling;
- A tinta possui boa aderência;
- No esquema E4 (tinta Revran GM 878) o desempenho foi prejudicado por aumento da velocidade d'água no local trazendo como consequência pelo maior desgaste da camada de tinta antiincrustante;
- Na avaliação do desempenho do anticorrosivo, não foi constatada corrosão nas grades com esquema de pintura E1, E2, E3, E4, E5 e E6;
- O período de ocorrência de manutenção em equipamentos foi estendido devido a utilização dos revestimentos e como consequência os custos foram reduzidos e a mão-de-obra empregada também.

Podemos verificar através das Figuras 9, 10, 11 e 12 abaixo a eficiência e eficácia dos revestimentos nos painéis 4 F, 4 A, 3 A e 3 F.



Figura 9 – Grade 4 F com o esquema de pintura E 4 (vermelho) sem bioincrustação



Figura 10 – Grade 4 A com o esquema de pintura E4 (vermelho) sem bioincrustação



Figura 11 – Grade 3 A com os esquemas de pintura E 1 e E 3 (vermelho e preto) sem bioincrustação



Figura 12 – Grade 3 F com os esquemas de pintura E 1 e E 3 (vermelho e preto) sem bioincrustação

Para a realização de pinturas de grades da tomada d'água a Renner recomenda que sejam aplicadas 3 demãos de 100 - 120 μm cada, perfazendo um total de 300- 360 μm , com uma expectativa de vida de 3 a 4 anos. Neste tipo de pintura o controle de espessura da camada de tinta e a aplicação de uma demão de reforço nos pontos de geometria complexa são fundamentais para se obter um bom desempenho.

A avaliação da aderência destes revestimentos foi realizada conforme a Norma NBR 11003, pelo método A, corte em X e pelo método B, corte em grade. O método A, corte em X, foi empregado, pois é utilizado para espessuras até 600 μm . A aderência foi perfeita, encontrando um resultado X_0Y_0 para a fina película que aderiu a fita, este é um comportamento normal para uma tinta autopolimentante, principalmente após este revestimento ficar imerso por 2 anos.

5.0 - CONCLUSÕES

O Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) é uma espécie invasora, com grande capacidade de incrustação, com rápida taxa de crescimento e reprodução. Esta espécie causa grandes impactos econômicos, inconvenientes operacionais em usinas e sistemas de captação de água, aumento de custo e redução do tempo das manutenções, entre outros. Como o Mexilhão Dourado se instalou primeiramente na UHE Eng. Sergio Motta (Porto Primavera) e o grau de infestação desta espécie invasora é mais elevado, todos os esforços e pesquisas estão sendo feitos na referida Usina, e permitirão em momento oportuno estender a aplicação dos revestimentos antiincrustantes as demais Usinas da CESP atingidas pelo problema de bioincrustação.

Os testes com as grades colocados na UHE Eng. Sergio Motta tiveram uma duração de dois (02) anos, sendo um período considerável para analisar os revestimentos empregados, podendo concluir que as tintas Revran GM 878, Revran GM COB 878 e Revran GM EXI 878 da Renner Herman S.A., tiveram um desempenho excepcional no combate a incrustação do Mexilhão Dourado e sobre todos os aspectos avaliados.

Todo o teste realizado com os revestimentos está em conformidade com as legislações ambientais existentes, assegurando a confiabilidade do uso dos mesmos. Por exemplo, os revestimentos atendem a resolução da IMO, pois estão isentos de TBT ou qualquer derivado de Estanho e também atendem a Resolução N°357 do CONAMA, com teor máximo estabelecido de algumas substâncias para águas doces de Classe 1, considerando a área potencialmente pintada. Por esta razão, deve-se ocorrer a realização de um registro das áreas pintadas de forma a controlar a quantidade de cobre liberado na água.

As empresas geradoras de energia elétrica têm se deparado com uma demanda significativa de ações de complexidade diversas envolvendo a gestão do problema, com a realização de testes, procedimentos técnicos e avaliação de desempenho de metodologias específicas para combate e controle da bioincrustação da espécie invasora Mexilhão Dourado. Por este motivo, a CESP e a Renner conjugam esforços para avaliação do desempenho de revestimentos (tintas) que evitem ou diminuam a fixação do Mexilhão Dourado, reduzindo seus custos e aumentando a confiabilidade de seus equipamentos.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) G. Pastorino, G. Darrigran, G.S. Martin, & L. Lunaschi, "Limnoperna fortunei (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata", Neotropica 39 (101-102): 34. Apr.1993.
 (2) DARRIGAN, G. A. Invasores en la Cuenca del Plata. Ciencia Hoy, v.7, n.38. 1997.

6.0 – DADOS BIOGRÁFICOS

Renata de Alencar Bonafé (renata.bonafe@cesp.com.br): Engenheira Ambiental, atua como técnica de meio ambiente na Divisão de Licenciamento e Normatização da CESP;

André Luiz Mustafá (andre.mustafa@cesp.com.br): Engenheiro Agrônomo, pós – graduando em Energia, gerente da Divisão de Licenciamento e Normatização da CESP;

Celso Machado (celso.machado@cesp.com.br): Geógrafo, atua como Técnico em Meio Ambiente na área biótica da CESP.

Luis Eduardo Urbán López (luis.lopez@renner.com.br): Engenheiro Químico, atua com Gerente de Projetos da Renner Hermann S.A. – M & M;

Rui Riyo Ueda (rui.ueda@cesp.com.br): Engenheiro Mecânico, atua na Divisão de Engenharia de Manutenção Eletromecânica;