

Radiação Ultravioleta como Controle da Incrustação do Mexilhão Dourado em Tubulações de Captação de Água para Usinas Termelétricas

Cintia Pinheiro dos Santos; Marinei Vilar Nehrke; Maria Teresa Raya Rodriguez; Maria Cristina Dreher Mansur; Manuel Luiz Leite Zurita; Renato S. Barbosa & Rita Clarice Machado Tissot.

Resumo – O invasor mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei*, introduzido em ecossistemas límnicos da América do Sul, tem causado impactos ecológicos, tornando-se uma preocupação ambiental. Além de ameaçar à biodiversidade, tornou-se um problema econômico, causam a obstrução dos encanamentos e trocadores de calor junto às estações de tratamento de água e indústrias que utilizam água bruta para resfriamento. Uma alternativa para a solução desses problemas seria a radiação ultravioleta, considerada uma tecnologia não agressora ao meio ambiente, direcionada ao controle das larvas do mexilhão dourado. Experimentos realizados em uma unidade piloto, onde as larvas do mexilhão dourado foram submetidas a doses conhecidas de radiação ultravioleta, sob diferentes vazões da água circulante, com o tempo de exposição e a qualidade da água conhecidos. Os indivíduos e a água para o experimento foram obtidos junto a Usina Termelétrica Charqueadas, Tractebel Energia S/A. Os resultados preliminares demonstraram-se satisfatórios no controle das larvas de mexilhão dourado.

Palavras-chave – controle, mexilhão dourado, radiação ultravioleta, captação de água, usinas termelétricas.

I. INTRODUÇÃO

A invasão biológica de espécies exóticas é considerada hoje, pela comunidade científica, como um elemento importante nas mudanças globais e uma ameaça à diversidade. Uma espécie invasora é aquela introduzida, intencionalmente ou não, numa determinada região onde não ocorria naturalmente [1],[2], [3]. Quando invasora, a espécie introduzida se adapta e se reproduz tornando-se uma praga no novo local, ameaçando a diversidade local [4]. Esta espécie pode acarretar drásticas alterações ambientais, modificando o ecossistema, a comunidade e a cadeia alimentar através da eliminação de espécies nativas [3].

Casos de invasão de espécies exóticas de moluscos bivalves em ambientes límnicos foram amplamente descritos na

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do V Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL), realizado em Belém/PA, no período de 22 a 24 de junho de 2009.

C. P. dos Santos, M.V. Nehrke, M.T. Raya Rodriguez, M.C.D. Mansur e M.L. L. Zurita trabalham na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (cipinheiro@yahoo.com.br; marineivilar@hotmail.com; raya.rodriguez@ufrgs.br; mcmansur@terra.com.br e mzurita@terra.com.br)

R.S.Barbosa e R. C. M. Tissot trabalham na TRACTEBEL ENERGIA S.A.- Usina Termelétrica Charqueadas (rsbarbosa@tractebelenergia.com.br e rtissot@tractebelenergia.com.br)

literatura [5]. Os Estados Unidos e o Canadá foram invadidos, na década 80, por uma espécie exótica de molusco bivalve, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), proveniente da Europa Oriental, conhecida comumente como mexilhão zebra. Este vem causando, desde então, sérios problemas ambientais e econômicos [5]. Diversos métodos de controle populacional de moluscos invasores foram desenvolvidos para o mexilhão zebra *D. polymorpha*: filtração mecânica, ultravioleta, proteção catódica de superfícies, ultrassom, dióxido de cloro, ozônio, entre outros [5]. No entanto, para o mexilhão dourado não foram desenvolvidos ou adaptados métodos eficazes.

Tanto o mexilhão zebra como o mexilhão dourado, formam fios de bisso que permitem ao molusco a fixação sobre substratos firmes formando grandes aglomerações (Figura 1). A formação destes aglomerados pelo mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), devido a alta densidade populacional que alcança em pouquíssimo tempo, altera a composição bentônica, favorecendo o aparecimento de certos invertebrados em detrimento de outros [6]. Também provoca o entupimento de poços de captadoras de água, grades e encanamentos de estações de abastecimento de água e refrigeração de indústrias, havendo assim necessidade de buscar alternativas para minorar os problemas sem causar danos ao meio ambiente. Uma possibilidade seria a utilização da radiação ultravioleta, como alternativa de controle de larvas do mexilhão dourado (Figura 2), pois esta tecnologia já é utilizada em larga escala na área de saneamento ambiental.



Figura 1. Aglomerado de mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857).

Assim, pretende-se através de experimentos adaptar um método para controle das larvas através da radiação ultravioleta

leta, com o mínimo de impacto ao ecossistema. Os testes, realizados inicialmente em uma unidade piloto, relacionando variáveis que determinam a eficácia do método, tem como objetivo servir de base para estimar a implantação do controle em sistemas fechados de captação de água bruta para uma indústria junto à bacia do Jacuí, na Usina Termelétrica Charqueadas, no caso dos testes indicarem sua viabilidade.



Figura 2. Larva de mexilhão dourado.

Os experimentos e testes na estação piloto compreendem um projeto aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, sob o n.º 0403-004 /2006; Ciclo 2005-2006 intitulado “Desenvolvimento de metodologia para controle e mitigação dos efeitos causados pela incrustação do mexilhão dourado em tubulações de captação de água para usinas termelétricas” que está sendo executado pelas seguintes entidades: TRACTEBEL ENERGIA S.A. U.O. Usina Termelétrica Charqueadas – UTCH, FAURGS – Fundação de Apoio a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul através do Centro de Ecologia do Instituto de Biociências.

II. METODOLOGIA

A. Estado da Arte

O mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) é uma espécie invasora de origem asiática. Foi introduzido em ecossistemas aquáticos continentais do sul da América do Sul, no início da década de 1990. Em fins de 1998 e início de 1999, sua presença foi constatada, pela primeira vez, nas águas do Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul [7].

Acredita-se que o mexilhão dourado tenha sido introduzido no Rio Grande do Sul, acidentalmente através de uma contaminação secundária por navios argentinos [8]. Através de seu crescimento descontrolado, sua alta capacidade reprodutiva [9], pela falta de predadores eficazes [10], [11] e incrustando-se nos cascos de embarcações [11], vem se multi-

PLICANDO e dispersando-se pelo Estado através das bacias hidrográficas.

Dentro dos sistemas fechados como estações de tratamento de água e unidades hidroelétricas, o mexilhão dourado vem causando diversos problemas destacando-se: entupimento nos canos, nos filtros, nas bombas captadoras de água e nos trocadores de calor. Com isso torna-se necessário a desativação das turbinas, temporariamente, para a remoção do molusco e manutenção de maquinários, transformando-se em prejuízo financeiros [12].

Atualmente, existem vários métodos de controle e remoção das incrustações, conhecidas como “*macrofouling*”. Nenhum método utilizado tem sido definitivo, havendo a necessidade de se pesquisar alternativas mais eficientes. Existem várias tentativas para o controle biológico, químico e físico. Cada uma delas com suas limitações próprias, não podendo ser considerados como totalmente eficazes. Entre eles podemos citar o ultravioleta que é um método considerado efetivo em muitas de suas aplicações [13].

A radiação ultravioleta (UV) é uma técnica antiga bastante utilizada para ação bactericida e germicida. A ação da radiação UV é conhecida pela sua alta capacidade de destruição microbiológica, letal para diversos organismos, seu alvo de destruição é o material genético (ácidos nucléicos), isso ocorre quando a luz UV penetra na célula e é absorvida pelo ácido nucléico, provocando alterações da informação genética, incapacitando a reprodução da célula [14].

A radiação UV, no espectro eletromagnético, está entre 400 e 100 nanômetros (nm). O Comitê Internacional da Iluminação classifica em UV-A (400-315 nm), UV-B (315-280) e UV-C (280-100) [15]. Comercialmente existem três tipos de lâmpadas: de deutério, xenônio e vapor de mercúrio, sendo a de vapor de mercúrio a mais utilizada em experimentos laboratoriais e industriais.

As lâmpadas de UV de baixa pressão ou monocromáticas possuem um pico de produção de comprimento de onda de 254 nm e é nessa faixa que se verifica a efetiva inativação dos microorganismos. É necessário, para lâmpadas de média pressão ou policromáticas, a determinação de uma dosagem adequada. Não se tem determinado doses mínimas a serem utilizadas na desinfecção com radiação UV, pois a dosagem está diretamente relacionada a características individuais, como características físico-químicas da água (sólidos, dureza, pH, temperatura, turbidez), nível de contaminação, impacto sobre os microrganismos das etapas anteriores ao tratamento UV. Há uma série de regulamentações a serem seguidas para se determinar as doses mínimas nos processos de desinfecção com UV [16]-[17].

O processo de desinfecção com radiação UV possui uma mínima geração de subprodutos, sendo conhecida por ser uma técnica com baixos riscos a saúde [18], não tendo sido identificada a formação de subprodutos mutagênicos ou carcinogênicos [17]. A radiação ultravioleta é conhecida por sua habilidade de destruir microorganismos como vírus, bactérias, fungos, levedos e mofos além de algas e protozoários. Quando penetra no corpo dos microorganismos provoca alterações letais e irreversíveis como alteração do código genético e impossibilita a reprodução. O comprimento de onda ideal de radiação para inativação do DNA/RNA (material genético) dos microorganismos situa-se entre 250 - 270 nm, o mercúrio da lâmpada produz principalmente 254 nm. Traba-

lhos realizados por Otaki et al [13] estudaram a inativação de três espécies de microrganismos, *Escherichia coli*, bacteriófago Q β e *Cryptosporidium parvum*, por desinfecção fotocatalítica, utilizando irradiação UV-C (0,2 mW.cm⁻², em 254 nm) comprovando a eficiência do UV.

A intensidade de luz e a quantidade ou tempo de exposição, que atinge efetivamente os organismos é afetada pela turbidez da água, pela temperatura e pelos depósitos de materiais que se acumulam sobre a lâmpada. É importante uma limpeza periódica, a cada 4 meses, por exemplo. De forma geral a Amônia, os Nitratos e Nitritos além da DBO, não afetam a radiação; a dureza da água pode levar à precipitação de sais sobre a lâmpada; o Ferro e ácidos húmicos absorvem a radiação havendo necessidade de controle, o pH afeta a solubilidade dos metais e carbonatos e os sólidos em suspensão podem proteger os organismos da radiação, reduzindo a eficiência do tratamento.

Pesquisadores [19] realizaram estudos sobre a influência da turbidez na desinfecção de água de abastecimento utilizando radiação ultravioleta e verificaram que a turbidez interfere diretamente no processo de desinfecção, quanto maior for a turbidez maior será o consumo de radiação UV.

Resultados obtidos por [20] apontam uma eficiência bastante significativa na utilização da radiação ultravioleta para o controle de *Escherichia coli*, confirmando ausência de crescimento ou taxas desprezíveis de sobrevivência, a ausência de crescimento justifica-se pelo uso de lâmpada de maior potência, assim determinado uma maior eficiência bactericida.

A exposição à radiação ultravioleta tem provocado 100% de redução do assentamento de cracas e outras formas de larvas em tubos transparentes por onde circula a água salgada. Acredita-se nos casos de água doce, a eficiência seja maior, pois há uma quantidade menor de minerais que absorvem a radiação [21]-[22].

Diversos métodos de controle populacional para o mexilhão zebra, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) foram desenvolvidos: filtração mecânica, ultravioleta, proteção catódica de superfícies, ultrassom, dióxido de cloro, ozônio, entre outros [5].

Apesar de serem espécies de famílias distintas, o mexilhão dourado e o mexilhão zebra, apresentam características em comum, como bisso e vivem em ambiente de água doce, existem trabalhos já realizados com o UV. A referência [22] indica que baixas doses de UV podem ser fatais para larvas de *Dreissena*. A referência [23] testou a radiação UV em diferentes faixas e verificou uma mortalidade de 100% em uma exposição de 254 nm num intervalo de 60-240 segundos.

Estudos realizados por [22]-[23] sobre o controle de larvas do mexilhão zebra, utilizando lâmpadas de mercúrio de média pressão a 1800W, e verificaram que a exposição à radiação UV foi eficiente para a morte das larvas, atingindo quase 100% de mortalidade.

Acredita-se que essa metodologia usada para o controle do mexilhão zebra seja também eficaz para o mexilhão dourado.

B. Obtenção de larvas em campo

As amostras de larvas foram obtidas no Cais do Porto, na doca próxima ao Grupo de Resgate e Salvamento do Corpo de Bombeiros (lago Guaíba), município de Porto Alegre. Para cada dia de teste foram obtidas nove amostras de larvas de *L. fortunei*, esta se procedeu com filtragem de 1000L de água, com rede de plâncton de 30 μ m (Figura 3), com auxílio de uma bomba de sucção. Após a filtração as amostras foram concentradas em 100mL e acondicionadas em frascos de 250mL (Figura 4).



Figura 3. Rede de plâncton vista geral com malha de 30 μ m.



Figura 4. Retirada da amostra da rede de plâncton e acondicionamento.

C. Quantificação da densidade larval

As amostras de larvas (100mL) foram quantificadas com o auxílio de microscópio estereoscópio. Estas foram separadas em cinco alíquotas de 2ml, colocadas em placas de petri, totalizado 10mL (representando 10% do total da amostra). Cada larva encontrada na amostra foi pipetada e retirada da placa de contagem. Assim não havendo o risco de superestimar a amostra.

D. Preparação das larvas para testes

Após a quantificação das larvas, para padronizar os procedimentos dos testes, as três amostras de 100 ml foram reunidas numa proveta graduada, nesta foi adicionada água bruta filtrada do local de coleta até totalizar 1000 ml, formando uma concentração para o teste (CT). Esta foi então inserida nos tanques com água deionizada ou água bruta (filtrada em

rede de plâncton 30 µm) e homogeneizada através de agitação circular.

E. Qualidade da água bruta teste

A água bruta teste foi analisada por meio de métodos padronizados do *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 21th ed, 2005. Foram determinados os seguintes indicadores: temperatura (°C), pH, turbidez (NTU), dureza (mgCaCO₃/L), sólidos suspensos (mg/L).

F. Dosagem de Radiação UV

Para o cálculo da dosagem de radiação a que as larvas são submetidas nos testes devemos levantar as características dos reatores de esterilização e realizar os cálculos de dosagem associando-a a vazão de passagem da água a ser testada pelo reator.

Característica dos reatores

Utilizou-se nos testes dois reatores modelo UVNat7501

Câmara

Diâmetro 3" 0,0762 m
 Comprimento..... 1,14 m
 Volume..... 0,0052m³
 (diâmetro/2)² x 3,1416 x comprimento)

Lâmpada

Diâmetro 1"0,0254 m
 Comprimento1,14 m
 Volume0,0006 m³
 (diâmetro/2)² x 3,1416 x comprimento)
 Diâmetro retificado... 0,08 m (diâmetro x 3,1416)
 Área externa:0,091 m² = 910 cm²
 Potência:75 W
 Volume de líquido na Câmara 0,0046 m³ = 4,6 L

Cálculos da Ação Germicida e do Tempo de Retenção

A ação germicida das radiações ultravioleta emitidas pela lâmpada, segundo dados de literatura e do fabricante do reator é da ordem de 40% da potência da lâmpada, ou seja, 75 W x 0,4 = 30 W.

Desta forma, a Ação Germicida é 30w / 910cm² (área externa da lâmpada) = 33mW/cm².

Ação Germicida: 33mW / cm²

O Cálculo do Tempo de Retenção em segundos é dado pela relação entre o volume do líquido na câmara e a vazão do líquido:

$$\text{Volume} / \text{Vazão} = 4,6 \text{ L} / \text{Vazão (L/h)} \times 3600.$$

Cálculos da Dosagem para um reator em mW.s / cm²

$$\text{Ação Germicida (mW / cm}^2\text{)} \times \text{Tempo de Retenção (s)}$$

$$33\text{mW / cm}^2 \times (4,6 \text{ L} / \text{Vazão L/h}) \times 3600$$

Dosagem em mW.s/ cm² = 547 000 / Vazão L/h para um reator

Dosagem em mW.s/ cm² = 1 094 000 / Vazão L/h para dois reatores

Observação: Conhecendo-se a dosagem de radiação e a mortalidade constatada é possível correlacionar ambas estabelecendo, desta forma, as condições para o desenvolvimento de projetos em escala industrial.

G. Testes na Unidade Piloto Com Ultravioleta

Os testes foram realizados de novembro de 2007 a abril de 2008 com a unidade piloto identificada nas Figuras 5 e 6, para avaliar os efeitos da exposição à radiação ultravioleta, nas larvas de mexilhão dourado. Realizaram-se experimentos avaliando as seguintes variáveis: concentrações conhecidas de larvas; tempo de exposição à radiação ultravioleta; diferentes vazões e o tipo de água. A concentração de larvas é avaliada por dia de coleta, o tempo de exposição aproximadamente 6min; 4,5min; 3,5min, 3min e 2 min. O número de vazões testadas foram 5 (1400, 2000, 2400, 3000 e 4200L/h) com réplicas. A água utilizada nos testes foi deionizada e bruta (filtrada para retirar as larvas de mexilhão dourado).

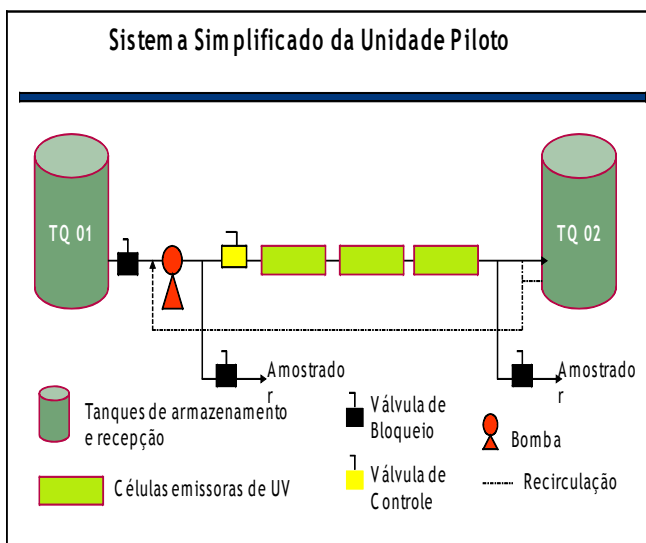


Figura 5. Esquema Simplificado da Unidade piloto de tratamento com radiação ultravioleta.



Figura 6. Unidade piloto de tratamento com radiação ultravioleta.

H. Avaliação da mortalidade.

Após a exposição à radiação ultravioleta nos diferentes tempo/vazão, a água resultante do teste foi novamente filtrada em rede plâncton de 30 μm , concentrando-se 100mL e levada ao microscópio estereoscópico. Para este procedimento não foi utilizada a mesma rede da coleta com a finalidade de evitar a contaminação das amostras com larvas vivas que poderiam estar presas a malha. As larvas são observadas e pipetadas uma a uma para quantificação e avaliação da sua viabilidade.

Os critérios de letabilidade observados são: a falta de movimentos, adução valvar e batimentos do estilete cristalino, após estímulo mecânico.

I. Análise e interpretação dos dados

Para a estimativa das vazões letais (VL50 e VL95) os dados obtidos (mortalidade e tempo de exposição ao UV) foram submetidos ao teste Probit. A ferramenta utilizada para a ANOVA, Probit, foi o software SPSS.

III. RESULTADOS

A concentração média de larvas utilizadas em cada experimento foi de 35 indivíduos/mL. As mortalidades média, mínima e máxima das larvas estão expressas nas tabelas I e III, conforme o tipo de água testada. O tempo de exposição aproximado utilizado na vazão 1400 L/h foi de 6 minutos; na vazão de 2000 L/h foi de 4,5 minutos; na vazão de 2400 L/h foi de 3,5 minutos; na vazão de 3000 L/h foi de 3 minutos e na vazão de 4200 L/h foi de 2 minutos. Para essas vazões, a dosagem de radiação ultravioleta corresponde respectivamente a 781, 547, 456, 313 e 260 mW.s/cm^2 . Para a avaliação da mortalidade larval imediata foram observados a falta de movimentos, adução valvar e batimentos do estilete cristalino, após estímulo mecânico, esta foi avaliada após 1h do término de exposição à radiação ultravioleta.

A. Testes com água deionizada

Do total de larvas observadas de mexilhão dourado imediatamente após os testes de exposição à radiação ultravioleta, nas diferentes vazões, com água deionizada, a menor vazão de 1400 L/h indicou um maior percentual de mortalidade dos indivíduos expostos a radiação ultravioleta (Tabela I e Figura 7).

Vazão (L/h)	Dose mW.s/cm^2	N	Média (%)	Erro Padrão	Mínimo (%)	Máximo (%)
1400	781	6	99,55	0,23	98,50	100,00
2000	547	6	95,07	1,11	91,80	98,60
2400	456	6	89,97	1,11	87,00	93,70
3000	313	6	62,35	7,85	38,30	90,90
4200	260	6	67,73	1,86	62,10	75,00

Tabela I. Mortalidade média (%) de larvas de mexilhão dourado, expostas a doses diferentes de radiação ultravioleta e as respectivas vazões com o uso de água deionizada.

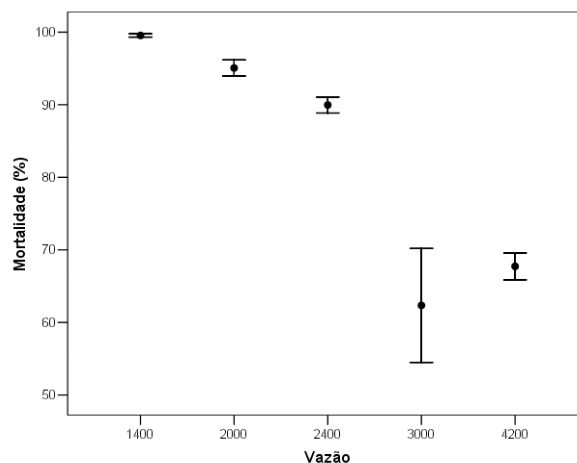


Figura 7. Percentual médio de mortalidade de larvas de mexilhão dourado exposto à ação da radiação ultravioleta, em diferentes vazões, utilizando-se água deionizada.

A eficiência de ação da radiação ultravioleta está diretamente relacionada ao tempo de exposição, que foi aproximadamente de sete segundos na menor vazão (1400L/h). Vazão na qual as larvas ficaram mais tempo em contato com a radiação ultravioleta foi onde ocorreu uma maior mortalidade como pode ser observado na figura 8 resultante da análise de *Probit*.

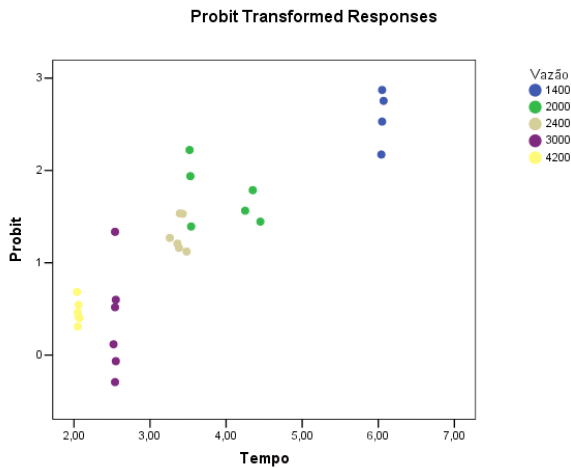


Figura 8. Eficiência da exposição à radiação ultravioleta na mortalidade das larvas do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), em diferentes vazões, obtidas por meio da análise de Probit, com base nos diferentes tempos em água deionizada.

B. Testes com água bruta

Do total de larvas observadas, de mexilhão dourado, imediatamente após os testes de exposição à radiação ultravioleta, nas diferentes vazões, com água bruta, indicou um maior percentual de mortalidade nos indivíduos expostos à radiação ultravioleta na menor vazão testada que foi aproximadamente 1400L/h (Figuras 9, 10 e Tabelas II, III).

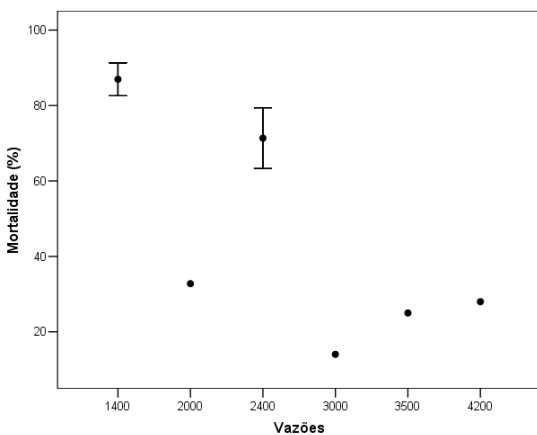


Figura 9. Percentual médio de mortalidade de larvas de mexilhão dourado exposto à ação da radiação ultravioleta, em diferentes vazões, utilizando-se água bruta.

Data	T (°C)	Dureza mg/L CaCO ₃	pH	Sólidos Suspensos mg/L	Turbidez NTU
10/1/08	28	18,9	6,92	ND	16,4
14/1/08	26	13,9	6,93	ND	19,5
15/1/08	27	19,9	6,88	ND	20,6
16/1/08	28	23,6	6,73	ND	18,0
21/1/08	26	33,6	6,98	ND	14,1

22/1/08	25	29,6	6,76	ND	11,2
23/1/08	26	31,6	6,91	ND	14,1
24/1/08	26	27,6	7,40	ND	14,2
31/3/08	25	23,4	7,20	ND	9,76
8/4/08	24	23,4	6,77	ND	7,90
11/4/08	25	22,4	6,73	ND	6,55

Tabela II. Resultado dos parâmetros físico-químicos analisados na água bruta de teste.

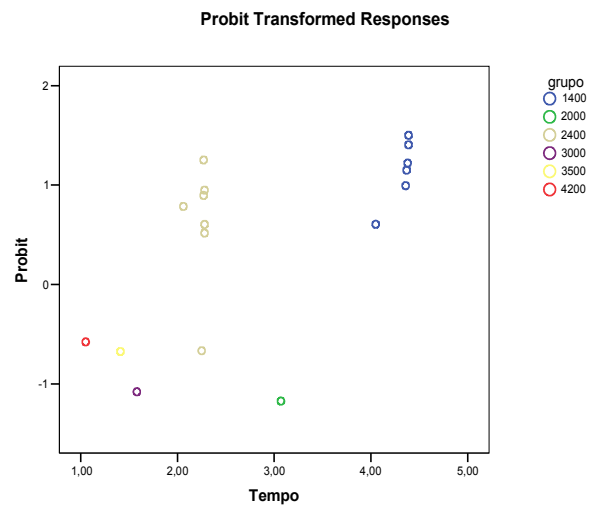


Figura 10. Eficiência da exposição à radiação ultravioleta na mortalidade das larvas do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), em diferentes vazões, obtidas por meio da análise de Probit, com base nos diferentes tempos em água bruta.

Vazão (L/hora)	N	Média (%)	Erro Padrão	Mínimo (%)	Máximo (%)
1400	7	86,96	4,36	63,42	100,00
2000	1	32,78	-	-	-
2400	7	71,35	8,06	25,28	89,47
3000	1	14,04	-	-	-
3500	1	25	-	-	-
4200	1	28	-	-	-

Tabela III. Mortalidade média (%) de larvas de mexilhão dourado, expostas a radiação ultravioleta com duas vazões diferenciadas com o uso de água bruta.

Ao término do projeto o sucesso no seu desenvolvimento permitirá o conhecimento e a aplicação de uma Metodologia Limpa de combate à proliferação das larvas do mexilhão dourado. Num segundo momento serão propostos novos experimentos “in loco” adaptados às condições da Usina Termelétrica de Charqueadas.

IV. BENEFÍCIOS AUFERIDOS

Essa nova metodologia adaptada às condições da Usina Termelétrica de Charqueadas trará como benefícios:

- aumento do intervalo das intervenções de manutenção dos sistemas de captação e transporte de água para o sistema de refrigeração da unidade operacional;
- aumento na eficiência energética da unidade operacional decorrente da menor perda de carga nos dutos acima mencionados;
- melhoria na garantia da geração de energia elétrica oriunda da maior confiabilidade no sistema de captação de água.

V. DIFICULDADES ENCONTRADAS DURANTE A EXECUÇÃO DO PROJETO

Não puderam ser realizados experimentos no período de inverno, devido à inexistência de larvas. As repetições necessárias aos experimentos foram postergadas para o mês de novembro.

VI. CONCLUSÕES

Os resultados do projeto ainda são preliminares, mas já demonstraram eficiência no controle das larvas do mexilhão dourado. O experimento em bancada permitiu observar que a vazão, o tempo de exposição à radiação UV e as características físico-químicas das águas brutas testadas influenciaram os resultados. Diante dos dados obtidos através do presente experimento, recomenda-se a realização de testes em estação piloto, em maior escala, junto à empresa. Neste caso seriam avaliadas ou testadas diferentes vazões, sob a influência de um número maior de lâmpadas ou maior potência das mesmas, considerando também as características da água superficial local.

VII. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado com recursos do P&D da TRACTEBEL ENERGIA S.A. U.O/ANEEL Usina Termelétrica Charqueadas – UTCH, executado por FAURGS – Fundação de Apoio a Universidade Federal do Rio Grande do Sul através do Centro de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. S. Elton, The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London. 1958.
- [2] H.A. Mooney & J.A. Drake, Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. Springer-Verlag, New York. 1986.
- [3] D. M. Lodge, Biological invasions: lessons for ecology. Trends Ecol. Evol. 8 (4) pp. 133-136. 1993.
- [4] G. Darrigran, Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. Biological Invasions (4) pp. 145-156, 2002.
- [5] R. Claudi and G.L. Mackie, Pract. Man. Zebra Mussel Monitor. Cont. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers. 227p. 1994.
- [6] G. Darrigran, P. Penchaszadeh and M.C. Damborenea The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) from a neotropical temperate locality. Journal of Shellfish Research (18) pp.361-365,(1999).
- [7] M.C.D. Mansur, L.M.Z. Richinitti and C.P. dos Santos, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil, Biociências. Porto Alegre 7 (2) pp. 147-149. 1999.
- [8] M.C.D. Mansur, C.P. dos Santos, G. Darrigran, I. Heydrich, C.T. Callil and F.R. Cardoso, Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna do Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba 20 (1): 75-84. 2003.
- [9] B. Morton, The aquatic nuisance species: a global perspective and review. In: D'itriF (ed.) Zebra Mussels and other Aquatic Species, p1-54. Ann Arbor, Michigan. 1996.
- [10] G. Darrigran, Reproductive stabilization of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) after ten years of invasion in the Americas, Journal of Shellfish Research 22. 2003.
- [11] G. Darrigran, & C. Damborenea, (Eds). Características de la especie, In: Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano — cap. 3 pp53-68,220 p.; il., mapas, La Plata : Edulp, 2006 .
- [12] G. Darrigran, and I. Escurra De Drago, Distribución de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), en la Cuenca del Plata, Region Neotropical. *Medio Ambiente*. 13 (2) pp.75-79, (2000).
- [13] M. Otaki, T.Hirata and S.Ohgaki, Water Sci. Technol., 42, 103. 2000
- [14] R.Y. Stanier, M. Doudoroff, E.A Adelberg, (1963). The Microbial World. New Jersey, Prentice-Hall. *Apud Montgomery, J.M. (1985)*
- [15] J. Golimowski, K. Golimowska, Anal. Chim. Acta , 325, 111, 1996.
- [16] M.J. Parrotta & F. Bekdash, UV disinfection of small groundwater supplies, Journal AWWA, vol. 90, n.2, pp. 71-81, February 1998.
- [17] H.B. Wright & W.L. Cairns, Desinfección de água por médio de luz ultravioleta. In: Simposio Regional sobre Calidad Del Agua: Desinfección Efectiva, pp.1-28, Peru, 1998.
- [18] W.J. Cairns & J. MCKEE, New advances in ultraviolet light disinfection technology. 199?.
- [19] J. B. Souza, L. Sartori & L. A. Daniel, Influência Da Cor E Turbidez na Desinfeção de Água De Abastecimento Utilizando-Se Cloro e Radiação Ultravioleta. XXVII Congresso interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental,2000.
- [20] A.C.S. Cordeiro, S.G.F. Leite, & M. Dezotti, Inativação por Oxidação Fotocatalítica de *Escherichia coli* E *Pseudomonas* sp.. Química Nova, Vol.27, No 5, pp.689-694, 2004.
- [21] S. Giordani, *Limnoperna fortunei* ou mexilhão dourado: impactos causados, métodos de controle passíveis de serem utilizados e a importância do controle de sua disseminação. SANEPAR. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia sanitária e Ambiental, Curitiba, PR, 2003.

- [22] L. Chalker-Scott, J. Scalia & J. Titus, Influence of wide-range ultraviolet radiation upon behavior and mortality of *Dreissena polymorpha*. In: Proceedings of Fourth International Zebra Mussel conference. Wisconsin Sea Grant institute, University of Wisconsin, Madison, WI. 1994.
- [23] D.A. Wright, J.A. Magee, E.M. Setzler-Hamilton, L. Chalker-Scott & G.L. Morgan, Use of high energy monochromatic UV light to kill dreissenid larvae. In: D'Itri, F. M. (Eds.) Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species. Proceedings, International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Species Conference. Boca Raton, CRC Press, pp. 467-476. 638p. 1997.