



IV-060 - UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE BIOMANIPULAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE UM LAGO EUTROFIZADO

Vania Elisabete Schneider ⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). MS. em Engenharia Civil (UNICAMP/SP). Dra. em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS/RS). Profa. Pesquisadora - Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM/UCS)

Raquel Finkler

Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). MS. Engenharia Ambiental (UFSC/SC). Técnica no Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM).

Taison Anderson Bortolin

Acadêmico de Engenharia Ambiental

Sofia Helena Zanella Carra

Acadêmica de Engenharia Ambiental

Marcos Vinicius Cláus

Acadêmico de Engenharia Ambiental

Endereço ⁽¹⁾: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - CEP 95070-560. Caxias do Sul - RS - Brasil - Telefone: (54) 3218-2507 - e-mail: veschnei@ucs.br

RESUMO

O lago é um ambiente de diferentes variáveis e apresenta dificuldades quanto a qualquer estudo que possa ser desenvolvido. Somam-se a isso, os poucos trabalhos existentes na área, sendo que a maior parte destes foi realizada em regiões temperadas. Um dos maiores problemas que um lago enfrenta é a eutrofização, o qual é um processo resultante de acréscimo acentuado de nutrientes como fósforo e nitrogênio. Uma medida capaz de minimizar os problemas decorrentes do acréscimo de nutrientes nesses ambientes é a biomanipulação, a qual interfere diretamente no funcionamento do ecossistema. Por ser uma medida complexa que compreende aplicações de ecotecnologias, sua aplicação depende de uma série de conhecimentos das interações dentro do sistema aquático. O objetivo deste trabalho foi a implantação de uma técnica de biomanipulação através da remoção de macrófitas (*Salvinia sp*) para a recuperação do lago. Os dados obtidos no monitoramento do lago demonstraram que a técnica aplicada contribuiu para a melhora da qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE: Biomanipulação, Manejo de Recursos Naturais, Macrófitas aquáticas, *Salvinia sp*.

INTRODUÇÃO

A criação da Limnologia, ainda por meados do século XVIII, promoveu o desenvolvimento de vários estudos relevantes sobre ambientes complexos e dependentes de muitas variáveis como os lagos. O conceito de lago está relacionado basicamente a um ambiente aberto, dividido em quatro compartimentos em constante interação através de trocas de energia e matéria.

Os lagos, por serem ambientes lênticos, com tempo de residência elevado, estão sujeitos a principal causa de deterioração do ambiente lacustre: a eutrofização. Este fenômeno ocorre devido ao aumento de nutrientes, desregulando a relação linear outrora existente entre consumo e decomposição.

Conforme De Bernardi e Giussiani (2001), esta não-linearidade fica acentuada em meio ambientes rasos, devido à importância que as cargas internas exercem sobre os mesmos.

Um dos fenômenos mais frequentes em ambientes lóticos é a eutrofização, resultado do “aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, que influenciam diretamente no aumento da produtividade de um ecossistema aquático” (ESTEVES, 1998).

A eutrofização acelera o processo de envelhecimento do lago, e caso não seja revertida, ou manejada, a fim de minimizar os efeitos, poderá em primeira instância, reduzir consideravelmente a fauna existente no lago.



Existem várias formas de manejo de lagos que utilizam técnicas para recuperação ou minimização dos efeitos do aporte de elementos, como nitrogênio e fósforo. Uma delas é a biomanipulação, que segundo Starling e Lazzaro (2001) “é uma estratégia ecotecnológica para reversão ou alívio de sintomas da eutrofização, como a proliferação de algas ou cianobactérias”.

O objetivo geral deste estudo é analisar os dados de monitoramento de parâmetros de qualidade de água, buscando elaborar metodologias e estratégias de biomanipulação, que permitam a recuperação do sistema degradado, neste caso um lago. Também será analisada a aplicação de ações para controle de possíveis fontes de contaminação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lago de estudo está situado no Campus Universitário da Região dos Vinhedos (CARVI/UCS) na cidade de Bento Gonçalves/RS. O ambiente de estudo constitui-se de um lago raso, artificial, de área pequena (aproximadamente 2000 m²), considerado como monomítico quente, devido à região onde está localizado, ou seja, “a água circula livremente pela superfície durante o inverno” (OVERBECK, 2000).

O lago tem uma idade superior a 30 anos, conforme relatos de moradores da proximidade da área. Sendo assim, supõe-se que o lago se encontra num estado de maturação natural, porém acelerada por processos passados de calagem, os quais, quando aplicados, acabavam por sedimentar o fitoplâncton, material orgânico e macrófitas presentes na superfície do lago. Estas, quando degradadas, passaram a fazer parte do sedimento, liberando nutrientes para o sistema. O lago caracteriza-se como um ambiente eutrofizado, que paulatinamente foi sendo povoado por uma espécie de macrófita, a *Salvinia* sp. (Figura 1)



Figura 1. Lago de estudo com 100% da superfície tomada por *Salvinia* sp.

Para a realização deste estudo foi implantada uma rede de monitoramento composta por 5 pontos de amostragem, sendo que 4 pontos encontram-se nas extremidades opostas do lago e um ponto está localizado próximo ao olho d'água que alimenta o sistema (ponto 5). Os pontos de amostragem foram delimitados levando-se em consideração o perfil do lago e as possíveis fontes poluidoras do sistema lântico estudado. A Figura 2 apresenta a localização dos pontos na área de estudo.



Figura 2. Lago de estudo e pontos de amostragem.

No monitoramento foram analisados parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, fósforo total, pH e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). A metodologia para a determinação desses parâmetros físico-químicos encontra-se descrita no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os parâmetros físico-químicos são indicativos da entrada de efluentes sanitários ou de material alóctone em excesso da região circundante.

As coletas foram realizadas num intervalo de 8 (oito) meses, a fim de analisar o comportamento do sistema. No início o lago apresentava 100 % de sua área tomada por espécies de macrófitas aquáticas flutuantes (Figura 1), com predominância de *Salvinia sp* (pertencente à família Salviniaceae). A salvinia é uma planta pequena, com folhas pedunculares em verticilos de três. “Duas destas folhas são verdadeiras, inteiras e flutuantes, e a terceira dissecta, penetra na água, podendo ser confundida com a raiz. Apresenta esporocarpos ao longo das folhas submersas” (KLEIN e AMARAL, 1988, p. 39, apud De Lima, 2005).

Como medida inicial de intervenção foram retirados 80% da biomassa superficial presente no lago. Também, foi elaborada uma contenção para impedir que o restante das macrófitas se espalhasse no lago, vindo a cobri-lo novamente.

Esta contenção suportou por um certo intervalo de tempo o avanço das macrófitas. Após oito meses, foi realizada a remoção de toda a superfície vegetal de flutuantes e coleta de amostras para determinação dos parâmetros físico-químicos. Além disso, foram construídos quadros flutuantes de contenção de policloreto de vinila (PVC), com três espécies diferenciadas: *Salvinia sp*, *Eichhornia crassipes* (aguapé), e *Pistia stratiotes* (alface d'água). A função destes jardins flutuantes é manter a remoção de nitrogênio e fósforo através de um manejo controlado das espécies. Como a área dos jardins é pequena (Figura 3), a coleta é facilitada. Ao mesmo tempo, os jardins impedem a disseminação facilitada das macrófitas para o restante da área do lago.



Figura 3. Construção dos jardins flutuantes.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para os principais parâmetros analisados nos pontos do sistema em quatro coletas realizadas. A tabela apresenta os resultados obtidos para os parâmetros de maior interesse na verificação de nutrientes para análise da eutrofia de um lago.

Tabela 1: Resultados de parâmetros analisados em quatro coletas.

| Ponto 1 | Sem intervenção | Retirada 80 % | Retirada 100% | Instalação de Flutuadores | %Remoção total |
|--|-----------------|---------------|---------------|---------------------------|----------------|
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 7,4 | 7,7 | 7,6 | 9,8 | □ |
| Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L) | 0,41 | 0,31 | <0,02 | 0,03 | 92,7 |
| Fósforo Total (mg P/L) | 0,24 | 0,03 | 0,01 | 0,068 | 71,7 |
| pH | 6,04 | 6,96 | 6,5 | 6,72 | □ |
| Ponto 2 | | | | | |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | □* | 7,1 | 6 | 8,6 | □ |
| Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L) | 0,37 | 0,26 | 0,1 | 0,1 | 72,9 |
| Fósforo Total (mg P/L) | 0,07 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 85,7 |
| pH | 6,02 | 6,2 | 6,34 | 6,52 | □ |
| Ponto 3 | | | | | |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 5,6 | 8,2 | 8 | 8,8 | □ |
| Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L) | 0,24 | 0,29 | 0,02 | 0,13 | 45,83 |
| Fósforo Total (mg P/L) | 0,28 | 0,04 | 0,029 | <0,01 | 96,4 |
| pH | 6,17 | 6,79 | 6,57 | 6,55 | □ |
| Ponto 4 | | | | | |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | □* | 8,1 | 6,8 | 8,9 | □ |
| Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L) | 0,29 | 0,37 | <0,02 | 0,09 | 68,9 |
| Fósforo Total (mg P/L) | 0,18 | 0,03 | <0,01 | 0,066 | 63,3 |
| pH | 6 | 6,73 | 6,48 | 5,58 | □ |

* Dado não apresentado por problema analítico.

Observa-se que antes da retirada das macrófitas, a concentração de oxigênio dissolvido nos pontos mais próximos da entrada de nutrientes era baixo (pontos 2 e 4). Segundo Moss (2001), a água que está sob densas camadas de macrófitas flutuantes, torna-se anaeróbia devido à decomposição dessa matéria. Num primeiro



momento a superfície da região relativa ao ponto 2, possui menor quantidade de fósforo, já que o “tapete” de macrófita flutuante absorve seus nutrientes diretamente das águas e não dos sedimentos. Após a retirada de 80% de macrófitas, nota-se a intensa melhora da região na qual houve essa manipulação. Considerado por Esteves (1998) como o método mais eficaz para eliminação das plantas aquáticas, a remoção ajudou na retirada de parte do estoque de nutrientes, principalmente fósforo, como no ponto 1, que teve redução de quase 8 vezes da quantidade anterior.

Na primeira intervenção, optou-se por deixar 20% da biomassa das plantas (em torno do ponto 2), pois esta contribui direta e indiretamente para a cadeia alimentar dos lagos, desde que não superabundem. As macrófitas fornecem bases físicas para nichos, locais de repouso, de desova ou deposição de ovos fertilizados de espécies diversas (MOSS, 2001).

Após a retirada das macrófitas observou-se o aparecimento de algas, não sendo quantificada a sua biomassa, efeito produzido pela remoção mecânica das plantas.

Houve significativa melhora da qualidade ao serem retirados 100% das macrófitas, além do aspecto visual. Porém houve nova infestação algumas semanas depois, uma vez que não foi realizado o manejo das plantas. Após algumas semanas, foram retiradas parte das salvinias e implantados os jardins flutuantes. Uma parte das macrófitas ficou fora das áreas de jardins e acabaram se aglomerando próximas ao ponto 1, até serem totalmente removidas.

A partir desta intervenção observou-se melhora quanto à quantidade de oxigênio. Após a inserção dos flutuadores, o epilímnio tornou-se mais aerado.

No entanto, deve-se fazer inferência ao fotoperíodo que influencia diretamente na produção de oxigênio. Quando maior quantidade de sol, ao meio-dia, há maior quantidade de oxigênio devido à atividade fotossintética. Todas as coletas foram realizadas pela manhã, para minimizar os efeitos da incidência solar.

Pela análise dos dados da Tabela 1, em termos gerais, a etapa de remoção de 100% das espécies vegetais do lago foi a que apresentou melhor eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo. Isso só não foi constatado para a remoção de fósforo total nos pontos 3 e 4.

A remoção de nitrogênio amoniacal foi variável em todos os pontos, obtendo-se resultados entre 45,8 e 92,7%.

Quanto à remoção de fósforo no ecossistema estudado, parece que a adoção da técnica de biomanipulação removeu significativamente a quantidade deste nutriente, com taxas de 63 a 96%. Esse fenômeno deve-se ao fato que as macrófitas aquáticas possuem um papel importante na dinâmica do fósforo em ambientes lênticos (ESTEVES, 1998). As macrófitas são capazes de assimilar fosfato pelas suas raízes ou folhas, e parte deste fosfato é armazenado, sendo o restante excretado para a água, num chamado efeito bombeamento. Segundo Bento et al. (2007), em ecossistemas com grandes aportes de fósforo, como por exemplo em áreas com entradas de efluentes domésticos, o processo de absorção de fósforo por macrófitas torna-se ainda mais pronunciado.

Para uma melhor compreensão dos mecanismos de remoção de fósforo por macrófitas aquáticas, é necessário um número maior de dados, uma vez que diversas variáveis atuam neste processo. Sendo assim, novas coletas serão realizadas e os dados serão tratados com análise estatística.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eutrofização afeta todas as inter-relações de um lago em equilíbrio, principalmente no que se refere à rede alimentar. Os mecanismos atuantes são complexos, e requerem um estudo mais detalhado. A utilização da biomanipulação nem sempre é uma experiência de sucesso e depende muito de cada sistema.

O trabalho até aqui realizado, com a remoção de parte da grande quantidade de macrófitas existentes no lago, e numa segunda etapa a remoção de toda a biomassa flutuante, restando “jardins” de macrófitas, trouxe resultados de melhora na qualidade de água, principalmente no que se refere ao aumento de oxigênio



dissolvido. Em continuidade, estão sendo estudadas outras técnicas de manipulação, a fim de possibilitar o re-equilíbrio de todo o sistema lacustre.

No momento estão sendo avaliadas quais as variáveis que condicionam a predominância das macrófitas da espécie *Salvinia sp.* no lago. Além disso, o manejo, com a poda freqüente das macrófitas dentro dos quadros e inserção de novas espécies, continuará a ser realizado. O estudo terá continuidade através de estudos que irão avaliar o sedimento do lago, além da caracterização da biomassa das macrófitas (quantificação), decomposição das mesmas através de métodos como o do quadro e dos sacos de liter e avaliação do composto gerado da compostagem das macrófitas retiradas do ambiente. Pretende-se realizar a contagem da fauna existente. Essas informações possibilitaram facilitar o manejo, permitindo uma melhora na questão estética e no equilíbrio do ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciencia: 1998. 602p.
2. MOSS, Brian. Manipulação de Plantas Aquáticas. In: DE BERNARDI, R.; GIUSSANI, G. (Org.). **Biomanipulação para gerenciamento de lagos e reservatórios**. São Carlos: Suprema, 2001. cap. 6, v.7, p. 97-111.
3. OVERBECK, J. Conceitos de Ecossistemas. In: TUNDISI, J. (editor português). **Princípios para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: Suprema, 2000. cap. 2, v.1, p. 9-25.
4. STARLING, F. L.; LAZZARO, X. Controle da Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais por Biomanipulação. In: DE BERNARDI, R.; GIUSSANI, G. (Org.). **Biomanipulação para gerenciamento de lagos e reservatórios**. São Carlos: Suprema, 2001. v. 7, p. 203-215.
5. DE BERNARDI, R.; GIUSSIANI, G. Biomanipulação: Bases para o controle do Topo para a Base. **Biomanipulação para gerenciamento de lagos e reservatórios**. São Carlos: Suprema, 2001. v. 7, p. 203-215.
6. DE LIMA, M. R. **Atributos de solos e macrófitas aquáticas flutuantes: uma contribuição à sustentabilidade agrícola e ambiental na Bacia do Rio Iraí (PR)**. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências. Curitiba. 2005. 128f.
7. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington (EUA): Centennial Edition, 2005.
8. BENTO, L.; MAROTTA, H.; ENRICH-PRAST, A. **O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos**. Oecol. Brás., v. 11(4), p. 582-589, 2007.