

# Capítulo 6

---

**“Considerações finais”**

## Sumário

<b>1. Considerações finais .....</b>	<b>205</b>
<b>2. Bibliografia .....</b>	<b>210</b>

## Lista de Tabela

<b>Tabela 1</b> Principais indústrias poluidoras situadas no Pólo Petroquímico de Paulínia (SMA, 1994) .....	<b>208</b>
--	------------

## 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento econômico e social de qualquer país está fundamentado na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de conservação e proteção dos recursos hídricos (TUNDISI, 1999). Segundo o mesmo autor, somente a ampliação do conhecimento dos principais processos e mecanismos que afetam a qualidade da água, poderá dar a fundamentação necessária para a recuperação dos ecossistemas degradados e a proteção àqueles ainda não ameaçados pela deterioração da quantidade e qualidade da água.

As alterações na distribuição, quantidade e qualidade das águas representam uma ameaça estratégica à sobrevivência da humanidade e das demais espécies que habitam o planeta. É necessário, portanto, um esforço conjunto para aumentar a capacidade de predição e prognóstico e para integrar continuamente ciência, planejamento e gerenciamento na área de recursos hídricos. Neste aspecto, reconhecer que o sistema bacia hidrográfica/sistema aquático é uma unidade complexa, em que os problemas biogeofísicos, econômicos e sociais estão ligados e interagem entre si, é um pré-requisito para realizar progressos no gerenciamento da eutrofização e de outros aspectos relacionados às águas (TUNDISI, 2001).

Dentre os diversos sistemas aquáticos, os reservatórios funcionam, ao interceptar o fluxo de água de um rio, como “coletores de eventos”, gerando informações fundamentais sobre o funcionamento das bacias hidrográficas. Constituem, portanto, importantes centros de convergência das várias atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, inclusive de seus usos e aspectos econômicos e sociais (BICUDO *et al.*, 1999). Essas informações, introduzidas no reservatório (entrada de material em suspensão, nutrientes inorgânicos e orgânicos, poluentes etc), interferem na composição química da água e sedimento e, conseqüentemente, nos processos de organização das comunidades biológicas, implicando em alterações significativas nos mecanismos e processos de funcionamento do ecossistema. Desse modo, a qualidade das águas reflete, em grande parte, as atividades humanas e os resíduos que são lançados ao ar, solo e diretamente na água de drenagem (BICUDO *et al.*, *op. cit.*).

Uma das conseqüências geradas pelo aporte contínuo e excessivo de nutrientes é a eutrofização cultural, sendo que esta pode ser considerada, segundo ESTEVES (1988), como uma reação em cadeia de causas e efeitos bem evidentes, cuja característica principal é a quebra da estabilidade do ecossistema. Em ambientes aquáticos essa estabilidade caracteriza-se pelo equilíbrio existente entre a produção de matéria orgânica e o seu consumo e decomposição, equilíbrio este que não é mantido quando os processos de produção/decomposição são alterados em função do excesso de material que entra ao sistema. Segundo NOGUEIRA & MATSUMURA-TUNDISI (1994), existem várias funções de força que determinam o estabelecimento da eutrofização em reservatórios, dentre elas a entrada de nutrientes, radiação solar incidente, temperatura, vazão, processo de mistura, pastagem por predadores, química da água, características morfológicas do corpo d'água e a sua localização geográfica.

Conforme mencionado por LAWS (1993), entre os efeitos causados pela eutrofização de sistemas aquáticos podem ser destacados:

a) a substituição de espécies associadas a ambientes oligotróficos por espécies associadas a sistemas eutróficos, que em geral são menos desejadas no contexto de qualidade de água, como a presença de cianobactérias que podem provocar toxicidade à biota aquática e ao ser humano e outros organismos mais tolerantes à poluição;

b) a concentração de oxigênio dissolvido nos sistemas eutróficos é mais variável em relação aos sistemas mesotróficos ou oligotróficos, com perfis verticais acentuados. Neste caso, a camada superior da coluna d'água (epilímnio) pode estar supersaturada em oxigênio dissolvido durante o dia, devido à alta produção primária, mas o hipolímnio permanece em condições de anoxia por quase todo o período;

c) a diversidade em sistemas eutróficos é inferior à de sistemas oligotróficos, sendo que a pressão de predação e competição faz com que poucas espécies consigam se adaptar a esses sistemas. Em relação a diversidade e eutrofização, novas teorias estão sendo discutidas, verificando que apesar de existir uma certa relação entre grau de trofia e diversidade de espécies, outros aspectos, como os distúrbios intermediários (vazão e tempo de retenção da água, por exemplo), podem ser mais importantes em sistemas artificiais (reservatório), o que promove uma maior diversidade em relação aos sistemas mais estáveis e oligotróficos, como têm sido observado por ESPÍNDOLA *et al.* (no prelo) nos estudos

desenvolvidos nos lagos do Vale do rio Doce (MG) e nas represas do Médio e Baixo rio Tietê (SP), conduzindo a uma nova interpretação e discussão da biodiversidade.

Outros efeitos também são citados por TUNDISI *et al.* (1999), incluindo o aumento, em geral, das doenças de veiculação hídrica nos habitantes e a excessiva biomassa de fitoplâncton ou de macrófitas aquáticas na água, gerando problemas estéticos e reduzindo os usos potenciais do sistema para navegação, recreação, abastecimento, etc (TUNDISI, 2001), o que gera outros impactos, incluindo a oferta de empregos. Assim, verifica-se que a eutrofização, entre outros problemas, é um processo importante a manutenção dos usos múltiplos dos sistemas.

Considerando os resultados obtidos no reservatório de Salto Grande, todos os problemas mencionados (aporte de nutrientes, florescimentos de algas, aumento da biomassa de macrófitas, substituição de espécies) foram detectados no presente estudo e em outros anteriormente desenvolvidos no sistema, incluindo-se a valoração econômica realizada por TEIXEIRA (2000). Segundo o autor, a população que vive na área de entorno do reservatório tem sofrido as conseqüências da degradação ambiental, tais como a perda do aspecto paisagístico e do trabalho pesqueiro, bem como o aumento da degradação social, incluindo o aumento da prostituição, além da comercialização de drogas.

Além do problema da eutrofização, observou-se pelos dados da quantificação de metais (na água, sedimento e organismos bentônicos) e por meio dos bioensaios de toxicidade que o sistema também sofre impactos por esses poluentes inorgânicos, os quais causaram efeitos tóxicos à biota aquática testada (*C. xanthus* e *D. similis*), bem como aos organismos que habitam o sistema, como pôde ser verificado pela redução na diversidade e riqueza da fauna de macroinvertebrados bentônicos, quando se compara o presente estudo com trabalhos realizados anteriormente no mesmo local. Deve-se considerar que a poluição por metais também pode causar problemas a saúde humana por dois caminhos: o primeiro através do contato direto com a água e o sedimento do reservatório e o segundo pela ingestão de alimento (peixes) contaminado, que pode ocorrer devido aos processos de bioacumulação ou biomagnificação na cadeia trófica. Os estudos de TONISSI (1999) já demonstraram o grau de contaminação das espécies de peixes, as quais, independente do seu hábito alimentar (carnívora, herbívora ou onívora), apresentam elevado teor de metais

quando comparadas as espécies de sistemas não impactados (como os lagos da Reserva Ecológica do Jataí, em Luiz Antônio, SP).

O estado de contaminação do sistema também pode ser influenciado pela eutrofização, já que em condições de anoxia há liberação de Fe e Mn do sedimento para a coluna d'água (FORSTNER & WITTMANN, 1983), disponibilizando esses elementos para a biota planctônica. Além disso, segundo MATSUI (1991), a eutrofização também pode influenciar a biomagnificação de substâncias tóxicas no sistema aquático. Isto é, quando a substância tóxica, como os metais, é liberada no sistema aquático, a primeira via de entrada ocorre pelos organismos produtores (algas e macrófitas) e devido ao alto nível de eutrofização, grande quantidade desses elementos são preservados (absorvidos ou adsorvidos) na biomassa desses produtores, sendo mais facilmente acumulados na cadeia trófica via ingestão do fitoplâncton por organismos herbívoros e destes por carnívoros.

A contaminação por metais no reservatório de Salto Grande ocorre, provavelmente, devido ao lançamento de efluentes industriais no rio Atibaia (poluição pontual), principalmente provindos do Pólo Petroquímico de Paulínia (Tabela 1), embora o sistema também receba os efluentes domésticos dos municípios de Campinas e Paulínia, além dos resíduos provenientes da monocultura intensiva da cana-de-açúcar.

**Tabela 1.** Principais indústrias poluidoras situadas no Pólo Petroquímico de Paulínia (SMA, 1994)

<b>Indústria</b>	<b>Ramo</b>
Rhodia S.A.	Química
Rhodiaco Indústrias Químicas Ltda.	Química
Bann Química S.A.	Química
Replan	Petroquímica
J. Bresler S.A. Ind. de papel e papelão	Papel

Considerando-se os problemas apontados no presente estudo (eutrofização e poluição por metais), pode-se direcionar as ações para as tomadas de decisão e gerenciamento da qualidade ambiental (recurso hídrico + entorno) do reservatório de Salto Grande (Americana, SP), sendo que, aparentemente, a principal solução seria a construção de estações de tratamento de esgoto (doméstico e industrial) em todos os municípios da Bacia Hidrográfica, mas principalmente em Campinas e Paulínia, acompanhado de

fiscalização das indústrias por parte do Comitê de Bacia do rio Piracicaba, que engloba representantes de órgãos ambientais (fiscalização e monitoramento) e também representantes da sociedade civil organizada.

Reconhece-se, no entanto, que a consecução de qualquer programa de recuperação do reservatório de Salto Grande deve envolver os aspectos sociais, econômicos e ambientais e, neste sentido, qualquer elaboração e implementação de projetos (a curto, médio e longo prazo), é uma tarefa difícil. Dentro desse contexto, o desenvolvimento de formas alternativas para a recuperação, como as medidas ecotecnológicas, será necessário, conciliando projetos de engenharia civil aos de engenharia ecológica. Algumas propostas iniciais já foram apresentadas por LOPES-FERREIRA (2000), envolvendo principalmente o aumento da eficiência da área alagada na porção superior do reservatório, na área de transição entre rio-lago (zona de maior deposição).

Outras medidas envolvem o estabelecimento da área de preservação permanente, substituindo o cultivo da cana-de-açúcar às margens da represa pelo plantio de espécies nativas, recuperando a função de retenção de materiais. Neste sentido, algumas áreas que foram abandonadas (margem direita) já começaram a apresentar a recuperação da mata em processo natural, requerendo, apenas, a incorporação de outras espécies, as quais podem ser obtidas junto aos pequenos fragmentos ainda existentes em algumas áreas.

Outras medidas já iniciadas são de cunho social, envolvendo a abordagem ambiental, como os programas de educação ambiental, promovendo a interação entre os diversos segmentos da sociedade. Para tanto, iniciativas pessoais (como o Barco-escola da Natureza) de antigos moradores, preocupados com o destino do reservatório, tem propiciado a inserção de novos conceitos à comunidade local, inserindo também na comunidade científica uma responsabilidade maior quanto ao desenvolvimento de pesquisas que visem a recuperação do sistema. As parcerias existentes têm se mostrado eficazes e a participação dos comitês de bacias hidrográficas e a incorporação dos conceitos de sustentabilidade e visão ecossistêmica, incluindo a gestão participativa, podem ser elementos essenciais no processo de recuperação do reservatório de Salto Grande, sistema considerado como uns dos principais pólos turísticos no Estado de São Paulo na década de 70 e 80.

## 2. BIBLIOGRAFIA

- BICUDO, C.E.M.; RAMIREZ, R.J.J.; TUCCI, A.; BICUDO, D.C. (1999). Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: o Lago das Garças, São Paulo. In: HENRY, R. (ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**, FAPESP, FUNDIBIO, Botucatu, SP UNESP. p. 449-508
- LAWS, E.A. (1993). **Aquatic pollution: an introductory text**. 2. ed. Interscience publication, John Wiley & Sons, INC. New York, 611p.
- ESTEVES, F.A. (1988). **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência, FINEP. 575 p.
- FORSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. (1983). **Metal pollution in the aquatic environment**. Springer-Verlag, 486p.
- LOPES-FERREIRA, C.M. (2000). **Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando a elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. São Carlos. 145p. Tese (doutorado). – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- MATSUI, S (1991). Movement of toxic substances through bioaccumulation. In: MATSUI, S.; BARRET, B.F.D.; BANERJEE, J. Toxic substances management in Lakes and Reservoir. **Guidelines of lake management**. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme, v.4 p.27-42.
- NOGUEIRA, M.G.; MATSUMARA-TUNDISI, T. (1994). Limnologia de um sistema artificial raso (represa do Monjolinho, São Carlos, SP). I – dinâmica das variáveis físicas e químicas. **Rev. Bras. Biol.** v. 54 (1). p. 147-159.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (1994). **Estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água: Bacia do rio Piracicaba**. Secretaria do Meio Ambiente – São Paulo (série relatórios). 81p.
- TEIXEIRA, D. (2000). **Avaliação da qualidade da água e levantamento de custos de tratamento de efluentes visando a recuperação de um sistema eutrofizado (represa de Salto Grande – Americana/SP)**. São Carlos. 186p. Tese (doutorado). – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- TONISSI, F.B. (1999). **Avaliação ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como subsídio para a análise da qualidade ambiental do sistema**. São Carlos 130p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.



- TUNDISI, J.G. (1999). **Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios. Conferência de abertura do VII Congresso Brasileiro de Limnologia.** Instituto Internacional de Ecologia . 24p.
- TUNDISI, J.G.; REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. (1999). **Águas Doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação.** Ed. Escrituras, Instituto de Estudos Avançados da USP e Academia Brasileira de Ciências.
- TUNDISI, J.G. (ed.) (2001). **Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização.** Série Publicações Técnica (11P). UNEP- International Environmental Technology Centre, Osaka, Shiga. Rima editora. 385p.