

SETAC – Brazil

## Estudo Comparativo da Qualidade dos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê (SP)

C. A. DE ALMEIDA<sup>1\*</sup> & O. ROCHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CRHEA – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, EESC-USP, Avenida Trabalhador São-carlense, 400, São Carlos, SP

<sup>2</sup>DEBE – Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, CCBS, UFSCar, Rodovia Washington Luís, km 235, São Carlos, SP

### RESUMO

Há um consenso geral de que, nos ambientes aquáticos, o sedimento desempenha papel fundamental na dinâmica de transporte, acumulação e disponibilização de contaminantes. Na tríade de qualidade de sedimentos, considerada uma das melhores abordagens para o estudo de sistemas aquáticos impactados por efluentes antropogênicos, os dados químicos e os biológicos (bioensaios e análise de biodiversidade) são combinados para gerar um perfil de degradação de cada unidade amostral. A composição dos valores de RTM (relação de máximo valor) fornece informações visuais úteis, pois estes podem ser plotados em eixos com origem comum, dessa forma, uma medida relativa da degradação pode ser obtida calculando-se a área formada pelo desenho de cada estação ou ponto amostral. Esse *design* de estudo comparativo foi aplicado como alternativa às análises multivariadas (PCA, Agrupamento, etc.) aos dados obtidos pelo projeto Qualised – bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimento – durante o período de 2000 a 2001. Os resultados permitem classificar os reservatórios com relação ao impacto que sofrem e fornecem indícios sobre os vetores de degradação aos quais os ambientes estão sujeitos. A distribuição espacial dos sedimentos potencialmente tóxicos acompanha o grau de trofia do rio Tietê, isto é, os ambientes a jusante são menos eutrofizados do que a montante, portanto, a qualidade dos ecossistemas melhora com a distância da Região Metropolitana de São Paulo, confirmando a origem da maioria das substâncias poluidoras. Os reservatórios de Rasgão e Billings são os mais impactados, ao passo que o reservatório de Promissão apresenta melhores condições ambientais.

*Palavras-chave:* reservatórios do Tietê, qualidade de sedimento.

### ABSTRACT

#### Comparative study of sediments quality from the Tietê river reservoirs (SP)

There is a general consensus that the sediment from water bodies plays a fundamental role in the transport dynamics, accumulation and availability of pollutants. In the sediments quality triad, considered one of the best approaches for the study of anthropogenic contaminated aquatic systems, the chemical and biological data (bioassays and benthic community analysis) are combined to show the degradation of each site. The RTM (ratio to maximum value) values provide useful visual information, because they can be plotted in axes with common origin. Therefore, a relative measure of sediment degradation can be obtained, by calculating the area formed by the figure obtained for each station or site. This comparative design of study was applied as an alternative to the multivariate analyses (PCA, Cluster, etc.) to the data obtained by the Qualised project – Technical-Scientific Bases For the Development of Sediment Quality Criteria – for the 2000 to 2001 period. The results allow the classification of the reservoirs based on their respective sediment quality and indicate the degradation vectors they are subject to. The spatial distribution of sediments potentially toxic accompanies the trophic gradient of Tietê River, i.e., the downstream reservoirs are less eutrophicated than the upstream ones. Therefore, the quality of the sediments improves with the distance from the metropolitan area of São Paulo confirming the origin of most of pollutant substances. The sediments of Rasgão and Billings reservoirs were considered those with lower quality, while those from Promissão reservoir present a better condition.

*Key words:* Tietê reservoirs, sediment quality.

\*Corresponding author: Caio Augusto de Almeida, e-mail: caugusto@sc.usp.br.

## INTRODUÇÃO

O estudo das interações entre o ambiente sedimentar, a coluna d'água e os organismos revela a complexa dinâmica dos ecossistemas aquáticos. A avaliação da qualidade dos sedimentos é, conseqüentemente, essencial para a compreensão dos processos que ordenam a disponibilidade e a destinação dos poluentes dispostos nos corpos hídricos, uma vez que é o compartimento preferencial de armazenamento e transformação da maioria dos poluentes lançados pelo homem. Todavia, a integração de dados tão diversos como os gerados por esforços de monitoramento ambiental é controversa e muito discutida acerca da acuracidade dos resultados dos diversos métodos que possam ser aplicados. Apesar do desenvolvimento de métodos mais completos, como as análises multivariadas (Agrupamento, PCA, etc.), ainda não há um método que seja considerado o melhor para lidar satisfatoriamente com o amplo espectro de situações e de dados gerados em pesquisas desse tipo.

Chapman *et al.* (1987) sugerem que os dados sejam todos tratados quantitativamente, fazendo-se a devida normalização de seus valores (parâmetros limnológicos, químicos e biológicos), através da conversão dos valores para razões de referência (RTR, do inglês *ratio to reference*), a fim de poderem ser combinados e gerar um perfil de degradação de cada unidade amostral. Os critérios para a definição das razões de referência são baseados na suposição de que as concentrações em um ponto de coleta referência, relativamente conservado, são representativas de condições "background". Os aumentos relativos das concentrações de substâncias químicas, em relação a uma média de referência de uma unidade amostral específica, são usados como evidência para considerar que essas substâncias têm origem antrópica. Devido à grande extensão dos estragos causados pelo homem ao meio ambiente, muitas vezes não há um local relativamente livre de contaminação que possa ser usado como referência de determinado ambiente; nesse

caso a determinação de RTR pode levar em consideração os máximos valores obtidos (RTM, *ratio to maximum value*) (Chapman, 1990).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho foram produzidos durante o projeto Qualised – bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimento –, um esforço inter e multidisciplinar envolvendo vários pesquisadores e técnicos da UFSCar, UNICAMP e CETESB, que estudaram os reservatórios em cascata da bacia do rio Tietê durante os anos de 2000 e 2001 (Qualised, 2002). O *design* de estudo comparativo proposto por Chapman, conhecido como tríade de qualidade de sedimento, foi aplicado a dados do projeto Qualised, que são mostrados nas Tabelas 1 e 2. Os valores desses parâmetros foram convertidos em razões para o valor máximo e os índices da tríade, segundo as seguintes relações:

Cálculo de RTM

$$RTM = V_{yi}/V_{my}$$

Integração dos valores de RTM

$$I_{max} = \sum RTM_i/n$$

em que:

y = variável avaliada

i = estação de coleta

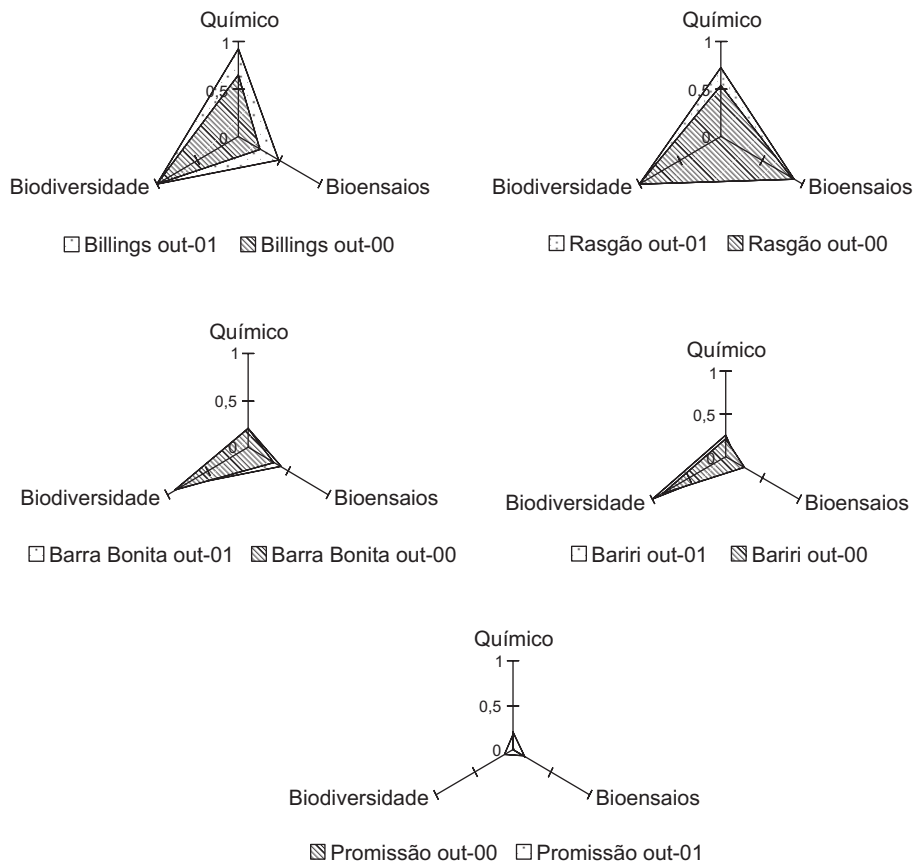
$V_{yi}$  = parâmetro y na estação i

$V_{my}$  = valor máximo da variável

Chapman propõe que, na tríade, os valores de RTR/RTM sejam transformados em três índices: toxicológico, de diversidade biológica e de contaminação. Cada índice é plotado em um eixo para a visualização e análise comparativa dos dados, como mostrado na Figura 1.

**Tabela 1** — Valores das concentrações de metais totais e de orgânicos não iônicos (ONI) obtidos pelo projeto Qualised para o sedimento dos reservatórios estudados (Qualised, 2002).

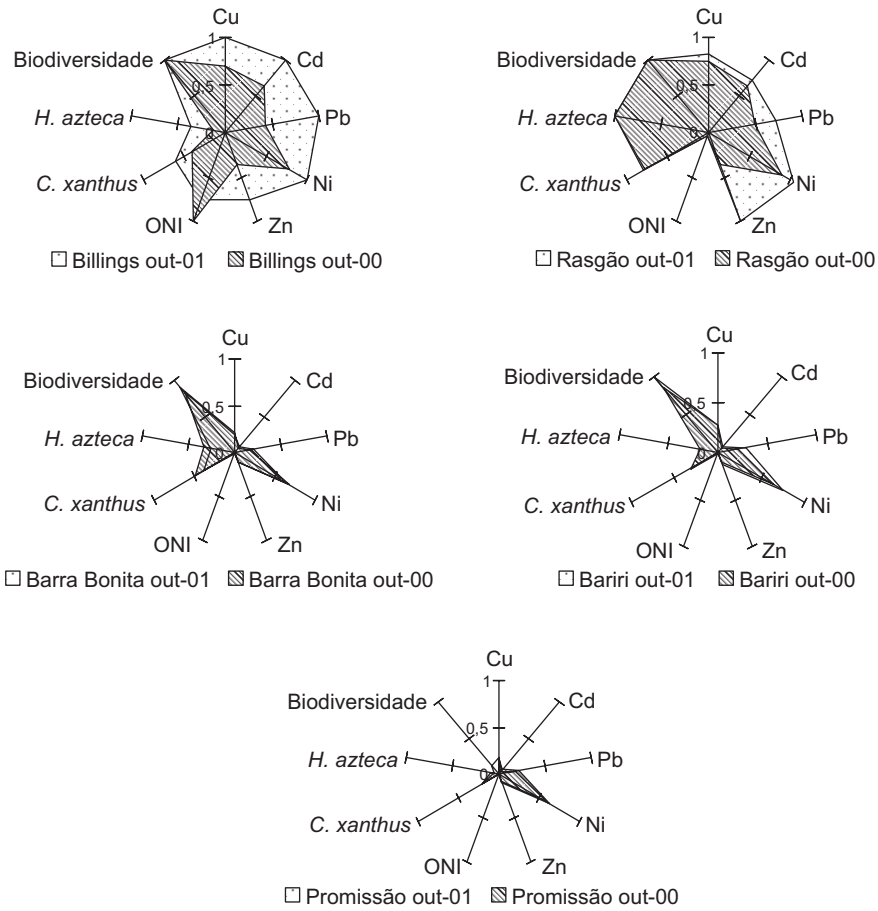
Qualised	Total Cu mg/kg	Total Cd mg/kg	Total Pb mg/kg	Total Ni mg/kg	Total Zn mg/kg	ONI (ng/g)
Billings out/00	243	2,4	77	64	359	3729,74
Billings out/01	347	3,8	178	83	767	2846
Rasgão out/00	261	2,4	89	75	359	162,14
Rasgão out/01	286	2,7	128	86	1002	162,14
B. Bonita out/00	74	0,22	30	56	113	0,38
B. Bonita out/01	67	0,33	35	54	100	23,9
Bariri out/00	97	0,22	37	53	100	17,59
Bariri out/01	95	0,28	51	63	127	29,2
Promissão out/00	60	0,16	32	48	71	0
Promissão out/01	56	0,22	38	53	95	4,4



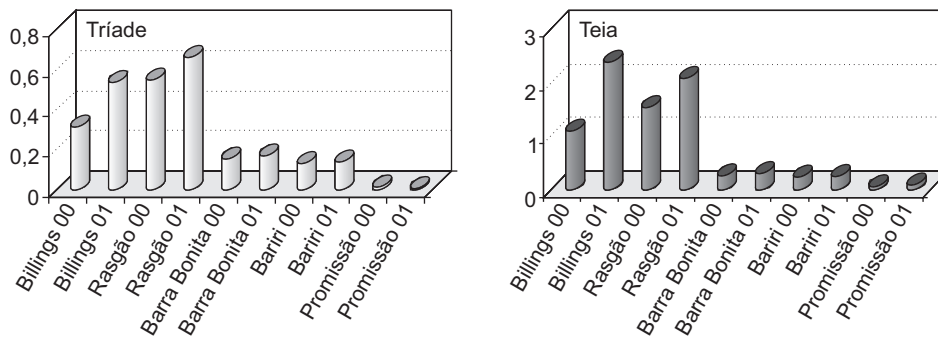
**Figura 1** — Análise comparativa da diversidade biológica, concentração de metais e de xenobióticos em sedimento dos reservatórios do rio Tietê e a mortalidade de *Hyalella azteca* e *Chironomus xanthus* quando expostos aos sedimentos coletados nos reservatórios em outubro de 2000 e 2001. Gráficos da tríade.

**Tabela 2** — Valores de mortalidade em bioensaios para *Chironomus xanthus* e *Hyalella azteca* e índice de diversidade de Shannon calculado para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos reservatórios estudados (Qualised, 2002).

Qualised	<i>C. xanthus</i> mort. (%)	<i>H. azteca</i> mort. (%)	Comunidade bentônica
Billings out/00	40	12,5	0
Billings out/01	60	36,7	0
Rasgão out/00	77,5	100	0
Rasgão out/01	80	100	0
B. Bonita out/00	37,5	25	0,14
B. Bonita out/01	47,5	33	0,27
Bariri out/00	32,5	17,5	0,24
Bariri out/01	32,5	3,33	0
Promissão out/00	20	5	1,44
Promissão out/01	20	8,3	1,62



**Figura 2** — Análise comparativa da diversidade biológica, concentração de metais e de xenobióticos em sedimento dos reservatórios do rio Tietê e a mortalidade de *Hyalella azteca* e *Chironomus xanthus* quando expostos aos sedimentos coletados nos reservatórios em outubro de 2000 e 2001. Gráficos em “teia”.



**Figura 3** — Área calculada para cada figura gerada pelos gráficos da triade e “teia” de cada estação amostral em 2000 e 2001.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo da área das figuras formadas nas duas abordagens utilizadas permitiu classificar os sedimentos dos reservatórios quanto ao impacto sofrido. Os reservatórios de Rasgão e Billings apresentaram a pior qualidade de sedimento, seguidos por Barra Bonita e Bariri. Para o reservatório de Promissão não foram encontradas evidências de impactos. Cumpre notar que a distribuição espacial dos sedimentos potencialmente tóxicos acompanha o grau de trofia do rio Tietê (isto é, os ambientes a jusante são menos eutrofizados do que a montante), ou seja, a qualidade dos ecossistemas melhora com a distância da Região Metropolitana de São Paulo, evidenciando que a origem da maioria das substâncias poluidoras é oriunda dessa região.

Os gráficos em “teia” permitiram melhor interpretação dos resultados, uma vez que cada variável avaliada pode ser visualizada individualmente e comparada com o restante dos dados tanto entre os vários reservatórios estudados quanto em um mesmo reservatório ao longo do tempo. O desenho formado por cada ambiente nos gráficos em “teia” também permite fazer inferências acerca da estabilidade dos ambientes estudados, avaliando-se como e quanto o formato da figura difere ao longo do tempo, possibilitando analisar visualmente a influência de cada variável, bem como a identificação de padrões de estabilidade. Os gráficos em teia, como plotados no presente

trabalho, dão peso excessivo às variáveis químicas. Todavia, esta não é uma limitação do método, e sim dos dados disponíveis para a análise. A abordagem dos gráficos em teia permite que seja plotado um número virtualmente infinito de eixos, podendo-se contemplar inúmeras outras variáveis, sejam de importância biológica, química ou toxicológica.

O uso combinado de métodos de integração de dados facilita a interpretação dos resultados, pois se baseia no conceito de “peso de evidência”, que é o pilar fundamental da tríade de qualidade de sedimentos.

*Agradecimentos* — FAPESP, pelo apoio financeiro; a todos os integrantes do projeto Qualised, que produziram os dados utilizados no presente trabalho; e em especial ao Professor Mozeto, pelo apoio e cooperação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAPMAN, P. M., 1990, *The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation*. The Science of the Total Environment, 97/98 (1990) 815-825. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- CHAPMAN, P. M., DEXTER, R. N. & LONG, E. R., 1987, Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition (the Sediment Quality Triad). San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37: 75-96.
- QUALISED, 2002, *Dados compilados do Relatório Final do Projeto Qualised*. Coord.: A. A. MOZETO, G. V. UMBUZEIRO, W. F. JARDIM.