IMPACTOS DA AQÜICULTURA EM TANQUES-REDE SOBRE A COMUNIDADE BENTÔNICA DA REPRESA DE GUARAPIRANGA - SÃO PAULO - SP *

Luciana Carvalho Bezerra de MENEZES [1,3] e Zuleika BEYRUTH [2]

RESUMO

Cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo) em tanques-rede, sem arraçoamento, foi realizado em 1997-1998, na represa de Guarapiranga, para determinação de impactos desta atividade sobre a comunidade bentônica. Amostras de sedimento foram coletadas com pegador de "Eckman-Birge", em campanhas mensais, em três estações de amostragem: a montante (M), a jusante (J) e abaixo dos tanques-rede (TR). A densidade e a riqueza da comunidade bentônica bem como a abundância relativa de Oligochaeta foram utilizadas como possíveis indicadores das alterações ambientais. Observou-se elevação do teor de matéria orgânica e da densidade da fauna bentônica, com valor médio consideravelmente maior (1,7 vezes) em TR, em relação às demais estações, enquanto a riqueza não apresentou diferenças relevantes entre as três estações. Oligochaeta foi o grupo que mais se destacou, pelo aumento em TR. Os resultados mostram que a fauna bentônica é eficiente indicadora da alteração da textura e composição do substrato. Em M e J, os sedimentos, formados por torrões de argila compactos, não foram favoráveis ao desenvolvimento da macrofauna. Acréscimo de matéria orgânica devido à excreção dos peixes no ambiente natural são esperados nos sedimentos da represa. Este tipo de cultivo, utilizando tanques-rede, tende a concentrar matéria orgânica mas não parece promover impactos na qualidade da água, por não haver importação de material alóctone para o sistema. A adição de matéria orgânica ao sedimento favorece o aumento da fauna bentônica, o que pode beneficiar o ambiente em vários aspectos, por exemplo, ampliando a área de alimentação dos peixes no ambiente natural.

Palavras-chave: fauna bentônica; sedimento; impacto ambiental; cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo); represa de Guarapiranga

IMPACTS OF AQUACULTURE IN CAGES ON BENTHIC COMMUNITY OF GUARAPIRANGA RESERVOIR – SÃO PAULO - SP

ABSTRACT

Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, was raised in cages, without feed, between 1997 and 1998, at Guarapiranga reservoir, in order to identify the impacts on benthic community. Sediment samples were collected monthly with an Eckman-Birge grab sampler at three different sampling sites: upstream (M), downstream (J) and below the cages (TR). Density and richness of benthic community, besides Abundance of Oligochaeta, were used as possible indicators of environmental changes. It was observed enrichment with organic matter and high densities of benthonic organisms: the average density at TR was 1.7 times greater than at the other sites. However, the richness didn't show significant differences between the three situations. Oligochaeta was the group best represented at TR. The results show that the benthic fauna is efficient to indicate changes in the substract texture and composition. At M and J the sediment, that was constituted of compact clay

Artigo: Recebido em 16/04/2003 - Aprovado em 10/10/2003

[1] *Bióloga, Doutora: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Hídricos / Instituto de Pesca / apta / SAA / SP*
[2] *Bióloga, Doutora: Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Marinho Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte - Base da Ilha Anchieta / Instituto de Pesca / apta / SAA / SP*
[3] *Endereço / Address: Rua Artur de Azevedo, 129, apto 5, Cerqueira César - CEP: 05404-010 São Paulo – SP – Brasil - e-mail: luciana@pesca.sp.gov.br*
* *Auxilio Financeiro: Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD)*

turf, was not favorable to developing benthic fauna. Fish excrements increase the amount of organic matter in the reservoir sediments. However, this culture system, utilizing cages, does not seem to promote impact in the water quality, because it does not involve imports of allochthonous material to the system. The addition of organic material to the sediment favors the increase of benthic population, what benefits the environment in many aspects, for example, enlarging the food area to the fishes in their natural environment.

Key words: benthic fauna; sediment; environmental impact; *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia); raising; Guarapiranga reservoir

INTRODUÇÃO

O cultivo em tanques-rede vem sendo cada vez mais utilizado. O aumento desta atividade faz com que se torne necessária a avaliação dos impactos gerados, dentre os quais se destacam o acúmulo de nutrientes dissolvidos, de sólidos em suspensão e de matéria orgânica (TOVAR *et al.*, 2000). Neste trabalho foi dado enfoque ao acúmulo de matéria orgânica e suas conseqüências para a fauna bentônica.

A comunidade bentônica exerce um importante papel em processos ecológicos e ecotoxicológicos em ambientes aquáticos (BRINKHURST, 1974). Esta comunidade reflete alterações físicas, químicas e ecológicas ocorridas no ambiente aquático, podendo funcionar como indicador de alterações da qualidade ambiental. É constituída, em sua grande parte, de organismos sedentários ou sésseis de vida relativamente longa (RESH, 1995; ROSENBERG e RESH, 1993). Podem indicar o estado trófico passado e presente e os efeitos de descargas orgânicas e de poluentes nos corpos d'água, armazenando informação por períodos mais longos que as comunidades planctônicas e nectônicas.

Esses organismos desempenham importante papel no processamento da matéria orgânica de corpos d'água, acelerando a decomposição e, assim, promovendo a reciclagem de nutrientes e a transferência de energia para os níveis tróficos superiores, sendo um elo fundamental na cadeia decompositora dos detritos (KUHLMANN, 1993). Constituem um dos principais itens alimentares da fauna ictíica e, em razão disso, são muito importantes em avaliações do potencial biogênico dos ecossistemas aquáticos.

A comunidade bentônica da represa de Guarapiranga foi relacionada a aspectos limnológicos e sanitários, no estudo realizado por ROCHA (1976), que advertia sobre a necessidade do controle da eutrofização, já perceptível naquela época. Um estudo realizado por BEYRUTH *et al.* (1994) mostrou a dominância de grupos indicadores da eutrofização a que esta represa tem sido submetida nos últimos anos. Outros trabalhos recentes sobre a qualidade das águas desta bacia atestam a necessidade urgente de medidas de saneamento, dentre eles, os de BEYRUTH (1991; 2000), CALEFFI *et al*. (1994), CETESB (1992, 1995), ROCHA (1999) e MENEZES (2003).

O cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo) em tanques-rede, sem arraçoamento, foi realizado entre 1997 e 1998, para verificar a possibilidade de utilizar este sistema no controle das algas e dos impactos ambientais que esta atividade pode causar na represa de Guarapiranga (Programa de Recuperação da Bacia do Guarapiranga – SMA/BIRD - Projeto Incentivo a atividades econômicas não impactantes: Pesca e Aqüicultura – Instituto de Pesca – SAASP - FUNDEPAG).

GOPHEN (1990) e LAZZARO (1997) realizaram revisões sobre biomanipulação, e este último discute sua aplicação em ambientes tropicais. A carência de estudos dirigidos a avaliar os impactos de peixes planctófagos em ambientes tropicais é ressaltada na literatura brasileira por Arcifa *et al., apud* LAZZARO (1997), e STARLING (1993). Em geral, os estudos sobre impacto de cultivo de peixes, no Brasil, reportam-se apenas às comunidades planctônicas (STARLING, 1993; BEYRUTH *et al.*, 1998), mas, devido à ampliação desta atividade, começa a haver preocupação em se estabelecerem critérios de avaliação do risco de impacto ambiental nos demais compartimentos dos sistemas avaliados.

A fauna bentônica constitui importante fonte de alimento para *Oreochromis niloticus*, porém o cultivo em tanques-rede impede que os peixes se alimentem da fauna bentônica estrita, por não lhes permitir acesso ao sedimento. Desta forma, este estudo se concentra na determinação dos possíveis impactos da aqüicultura sobre a fauna bentônica existente sob os tanques-rede, comparando-a àquela de áreas situadas a montante e a jusante dos tanques.

MATERIAL E MÉTODOS

A represa de Guarapiranga (Figura 1) situa-se a 23°43′ S e 46°32′ W, pertence à bacia do Alto Tietê e localiza-se na região Metropolitana de São Paulo. A Sub-bacia do Reservatório Guarapiranga apresenta uma área de drenagem de 630 km², sendo a área da represa de 33 km² (MELCHOR *et al.*, 1974), com uma vazão de 10 $m^3 s^{-1}$ (BEYRUTH, 2000). A topografia da bacia é bastante acidentada, especialmente a oeste, e sua altitude oscila entre 700 e 930 metros (MELCHOR *et al.*, 1974). O vale principal é fechado, caracterizando um reservatório de forma alongada; a leste e a sul são encontradas algumas planícies margeando a represa.

A baía onde foram instalados os tanques-rede na represa de Guarapiranga encontra-se em melhor estado de conservação do que os pontos da represa mais utilizados para pesca. Apresenta Mata Atlântica em um dos lados e os jardins de uma Igreja Messiânica, do outro, não havendo entrada de esgoto ou depósito de lixo nas margens. O único afluente, um riacho, tem vazão muito reduzida. A profundidade da região onde foram instalados os tanques-rede foi mínima na coleta de agosto de 1997: 90 cm a montante (M), 1 metro sob os tanques-rede (TR), 1,15 metro a jusante (J), e máxima, na coleta de dezembro de 1997: 3 metros a montante (M), 4 metros sob os tanques-rede (TR), 4,70 metros a jusante (J).

Os tanques-rede, em número de seis e contendo 10 alevinos de tilápia-do-Nilo/m², tinham as dimensões de 4 x 4 x 2 m (área de 16 m²) e malha da rede com 7 mm de abertura.

As coletas de sedimento foram realizadas entre maio de 1997 e março de 1998, em três estações de amostragem: montante (M), jusante (J) e abaixo dos tanques-rede (TR), com auxílio de pegador de "Eckman-Birge", de 225 cm² de área. O material foi lavado em peneiras com malha de 250 µm de abertura, acondicionado em frascos de polietileno e preservado em formalina neutralizada 4%. As amostras foram triadas, e o material, identificado e quantificado com auxílio de microscópio estereoscópico Jena Zeiss. Devido a problemas operacionais não foi possível coletar em TR nos dois primeiros meses. Amostras de sedimento para análise da porcentagem de matéria orgânica, segundo APHA (1998), também foram coletadas.

A identificação dos organismos foi efetuada até o limite permitido pela literatura disponível sobre taxonomia e pela metodologia utilizada. Todos os animais encontrados foram considerados, inclusive os pertencentes ao zooplâncton, não bentônicos, devido à sua importância na alimentação dos peixes.

Como descritores da comunidade bentônica utilizaram-se a Densidade de indivíduos por metro quadrado, o Índice de riqueza de táxons, ou seja, a somatória do número de táxons encontrados, e também a Abundância relativa de Oligochaeta, como índice de poluição em água corrente, com base em

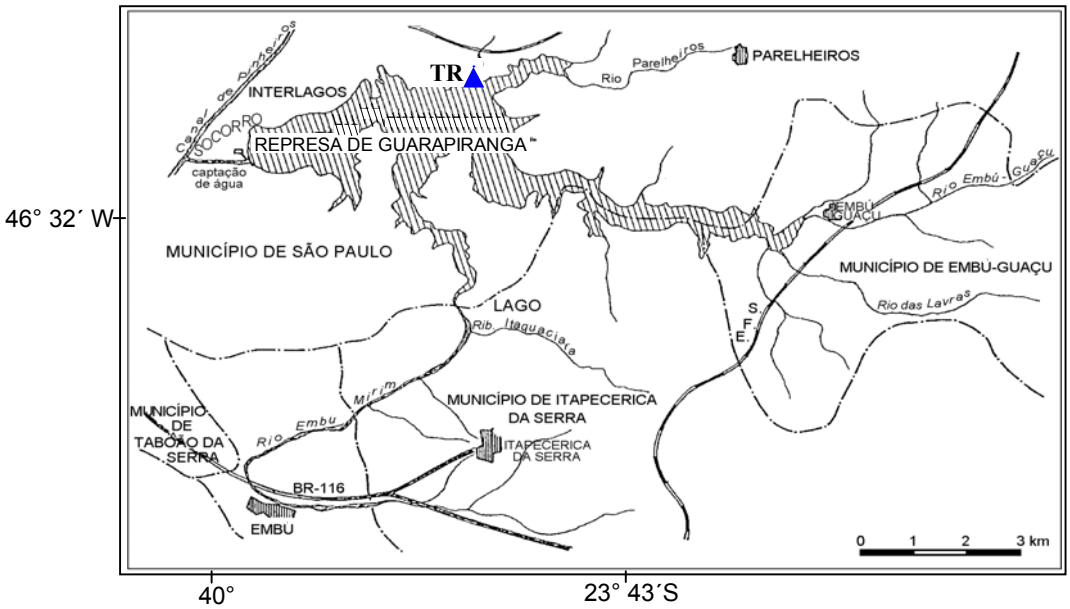

Figura 1. Área de estudo: Represa de Guarapiranga e seus principais tributários (Modificado de BEYRUTH, 1996) - TR▲: Local de instalação dos tanques-rede

Goodnight e Whitley, *apud* HOWNMILLER e BEETON (1971). Esses autores consideram que um curso d'água em "boas condições" apresenta 60% de Oligochaeta na macrofauna bentônica; em situação "duvidosa", entre 60 e 80%, e se altamente poluída, mais de 80%.

Com o intuito de verificar possíveis relações entre alterações da comunidade bentônica e alterações do substrato, aplicou-se o teste de correlação não paramétrico de Spearman (SIEGEL, 1975), sendo consideradas apenas as correlações que apresentaram nível de significância $\alpha \leq 0,05$, tanto positivas quanto negativas, e o pacote estatístico utilizado foi STATISTICA versão 5.5. Para comparar a macrofauna do sedimento entre as três estações estudadas (M, J, TR), aplicou-se o teste de Mann Whitney (ZAR, 1984)

Análises físicas e químicas da qualidade da água e outras análises biológicas, cujos resultados não serão apresentados por não constituírem o objetivo deste trabalho, mas que, quando relevantes, serão utilizados para explicar o comportamento da fauna bentônica, também foram realizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise do substrato mostram que a textura do sedimento foi bem diferenciada em TR, pelo maior teor de matéria orgânica; em M e J ocorreram menores teores de matéria orgânica e o sedimento mostrou-se mais compacto, com torrões de difícil desagregação.

As figuras 2, 3 e 4 mostram a variação mensal da densidade da fauna encontrada nos sedimentos, respectivamente, das Estações estudadas: Montante (M), Tanques-rede (TR) e Jusante (J). A análise dos gráficos permite verificar que em M os grupos predominantes foram, em ordem decrescente, Oligochaeta, Chaoboridae e Chironomini. Os grupos predominantes em TR foram Oligochaeta, Chaoboridae, Chironomini e copepodito de Calanoida. Em J foram melhor representados Oligochaeta, Chaoboridae e Chironomini. Portanto, nos três pontos, Oligochaeta, Chaoboridae e Chironomini foram os táxons mais importantes. Em TR, as densidades foram bem maiores que nos outros pontos, especialmente a de Oligochaeta. A figura 5 mostra as tendências lineares das densidades dos organismos ao longo do experimento, nas três estações avaliadas.

Os Oligochaeta, em geral, foram o grupo predominante nos três pontos de amostragem. HOWNMILLER e BEETON (1971) afirmam que a alta densidade de Oligochaeta é freqüentemente mencionada como evidência de poluição e citam o trabalho de Goodnight e Whitley, que propõem o emprego da abundância relativa de Oligochaeta como índice de poluição orgânica. Embora a utilização de tal índice não seja recomendável, por simplificar em demasia o fato ocorrido, a tabela 1 mostra a posição deste índice, a título de informação complementar.

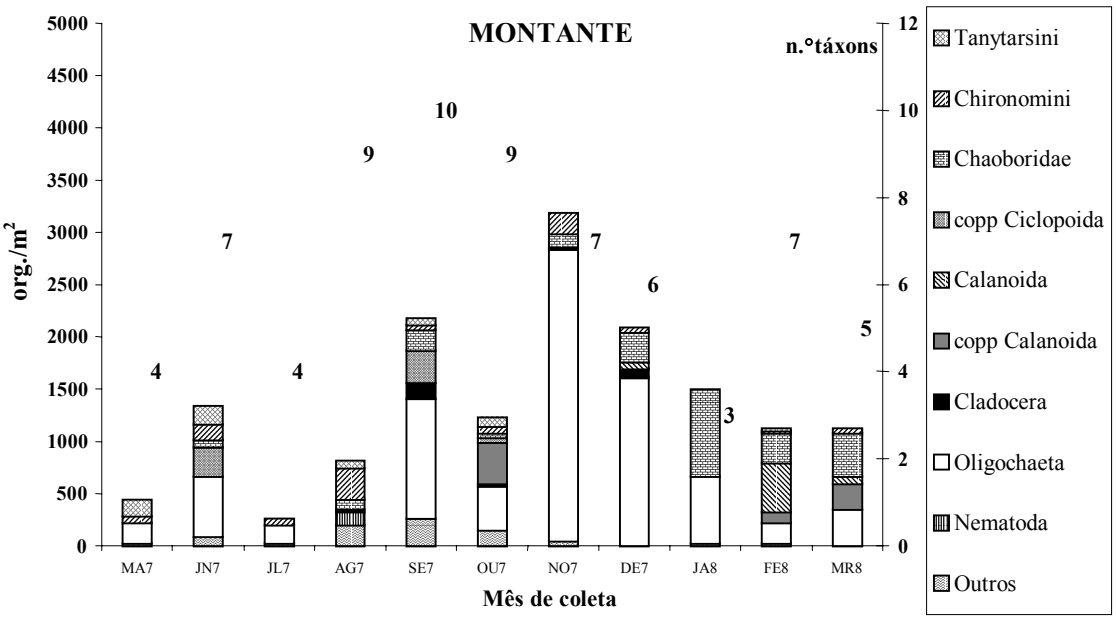

Figura 2. Variação mensal da densidade (org./m²) e da riqueza (número de táxons) da fauna bentônica em Montante, na represa de Guarapiranga

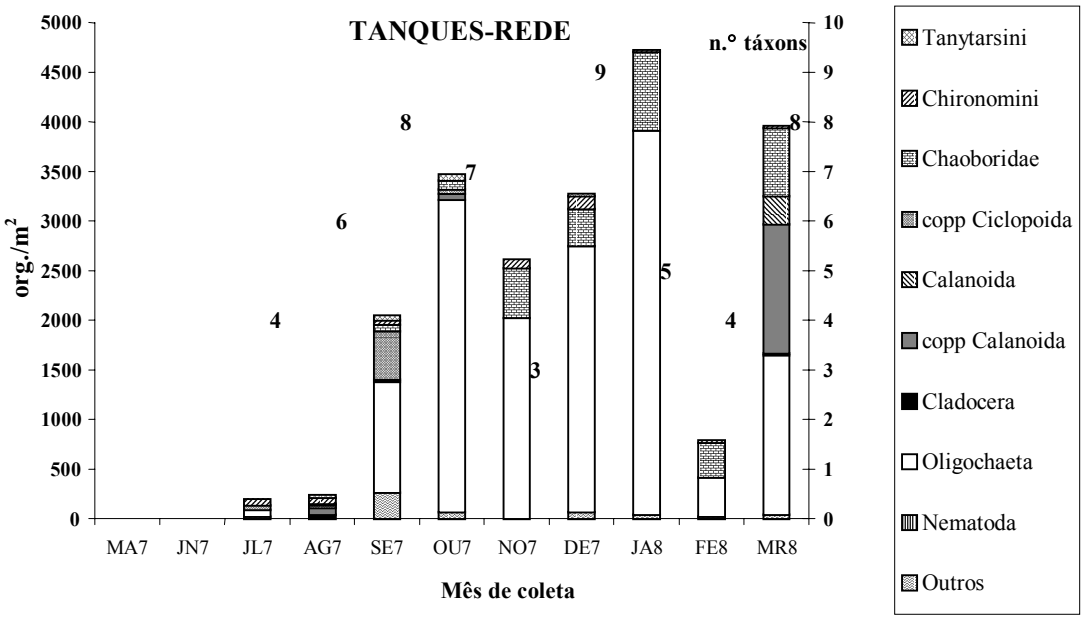

Figura 3. Variação mensal da densidade (org./m^2) e da riqueza (número de táxons) da fauna bentônica abaixo dos Tanques-rede, na represa de Guarapiranga

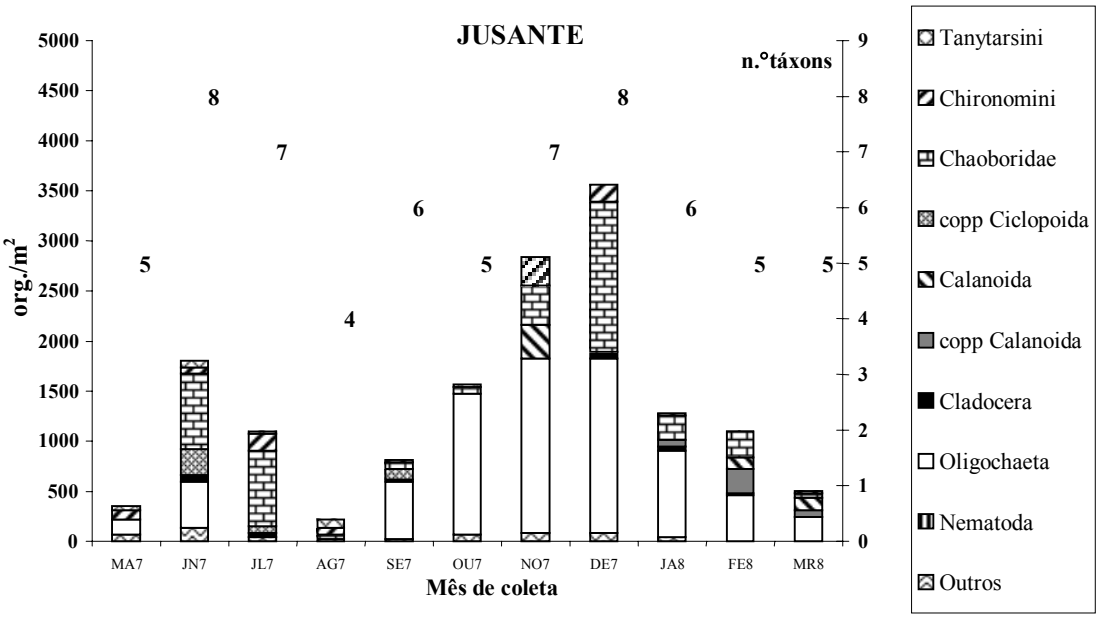

Figura 4. Variação mensal da densidade (org./m^2) e da riqueza (número de táxons) da fauna bentônica em Jusante, na represa de Guarapiranga

Tabela 1. Porcentagem de Oligochaeta nas estações Montante, Tanques-rede e Jusante, nos períodos de coleta entre maio de 1997 (MA7) e março de 1998 (MR8), na represa de Guarapiranga

Oligochaeta	Montante (M)	Tanques-rede (TR)	Jusante (J)
< 60%	MA7;JN7;AG7;SE7;OU7;JA8;FE8;MR8	JL7;AG7;SE7;FE8;MR8	MA7;JN7;JL7;AG7;DE7;FE8;MR8
60 a 80%	JL7;DE7	NO7	SE7;NO7;JA8
> 80%	NO7	OU7;DE7;JA8	OU7

A porcentagem superior de Oligochaeta encontrada em TR nos meses finais do experimento, no verão, pode estar indicando impacto devido não somente ao aumento do teor de matéria orgânica proveniente dos tanques – excretas dos peixes principalmente - mas também da decomposição do perifíton formado ao longo do experimento. CORNEL e WHORYSKEY (1993), em trabalho sobre criação de *Oncorhynchus mykiss* em Lac du Passage (Quebec), relatam que o sedimento localizado abaixo de TR apresentava porcentagem de matéria orgânica comparável à de áreas que recebem aporte de material alóctone.

Os Oligochaeta são geralmente abundantes no lodo e em acúmulos de detritos ("debris"), em tanques e lagos estagnados, em lagos pequenos, em correntezas e lagos maiores. Misturam-se aos sedimentos do fundo, alimentando-se de lodo. A temperatura, apesar de não constituir fator limitante, freqüentemente determina a abundância relativa dos Oligochaeta. As populações mais densas são encontradas em ambientes poluídos por esgoto. Muitas espécies são capazes de tolerar baixas concentrações de oxigênio dissolvido e muitas suportam a ausência completa de oxigênio dissolvido, por extensos períodos (PENNAK, 1953).

O hábito alimentar dos Oligochaeta envolve a ingestão de sedimentos superficiais contendo matéria orgânica de origem autóctone e alóctone, colonizada por bactérias e outros microrganismos. Algumas espécies alimentam-se ativamente de organismos que crescem aderidos às macrófitas. Outros Oligochaeta ingerem algas epilíticas intensamente (WETZEL, 1983). Análises detalhadas do conteúdo estomacal e dos hábitos alimentares dos Oligochaeta que vivem no mesmo ambiente indicam que a partição dos recursos ocorre através de diferenças morfológicas e da seleção dos itens alimentares, particularmente algas (WETZEL, 1983). Estudos experimentais, a respeito do uso de espécies de bactérias contidas no sedimento, e outros, sobre o aproveitamento de sedimentos, indicam que pode haver utilização seletiva dos diferentes componentes microbianos do sedimento (Brinkhurst e Chua; Wavre e Brinkhurst; Harper *et al*., *apud* WETZEL, 1983). Os Oligochaeta encontram-se em regiões, das mais rasas até aquelas a um metro de profundidade, hábitat usual da maioria das espécies, que freqüentemente se distribuem verticalmente no sedimento.

Os movimentos dos organismos bentônicos dentro do sedimento são importantes, pois estes organismos podem romper ativamente a microzona oxidada da interface sedimento-água e, assim, alterar as taxas de trocas químicas entre o sedimento e a camada de água adjacente. Experimentos realizados com tubificídeos mostram que a atividade desses organismos pode alterar a estratificação da superfície dos sedimentos (Davis *et al*., *apud* WETZEL, 1983). Entretanto, parece que a intensa atividade microbiana na interface sedimento-água é suficiente para restabelecer as condições redutoras, quase imediatamente após tal distúrbio (WETZEL, 1983).

Oligochaeta também foi o grupo dominante num lago da bacia hidrográfica da represa de Guarapiranga, estudado por BEYRUTH (1991), que menciona a relação direta observada entre conteúdo de matéria orgânica do sedimento e densidade de Oligochaeta. Em TR, a maior abundância relativa de Oligochaeta nos sedimentos pode estar relacionada também à estrutura do sedimento, pois HART e FULLER (1974) relatam que estes animais estão adaptados a viver em sedimentos moles.

Neste trabalho observaram-se as seguintes correlações positivas no teste de Spearman (SIEGEL, 1975) aplicado às variáveis do sedimento contra as densidades e número de táxons de invertebrados encontrados no sedimento: densidade de macro-invertebrados com número de táxons ($rs=0,48$ $n=31$ $\alpha=0,0069$), com a densidade de Oligochaeta ($rs=0,92$ $n=31$ $\alpha=0,00006$) e com a porcentagem de matéria orgânica do sedimento ($rs=0,67$ $n=25$ $\alpha=0,0003$). A densidade de Oligochaeta com a porcentagem de matéria orgânica no sedimento ($rs=0,65$ $n=25$ $\alpha=0,0005$). As correlações positivas foram mais elevadas que as negativas, não havendo registro de correlação negativa superior a 0,70 no nível considerado.

Embora aplicando-se o teste de Mann Whitney (ZAR, 1984) não se tenham encontrado diferenças significativas na macrofauna do sedimento entre as três estações comparadas, observa-se, através da figura 5, que as densidades tiveram maior aumento nos meses finais do experimento, durante o verão, e que a tendência de aumento foi muito maior em TR que em M ou J. A queda da densidade em fevereiro pode ser resultado de chuvas mais intensas e de deslocamento mais acentuado dos tanques rede, em razão de maior movimento das massas de água. Esta queda pode ter contribuído para o resultado do teste de Mann Whitney.

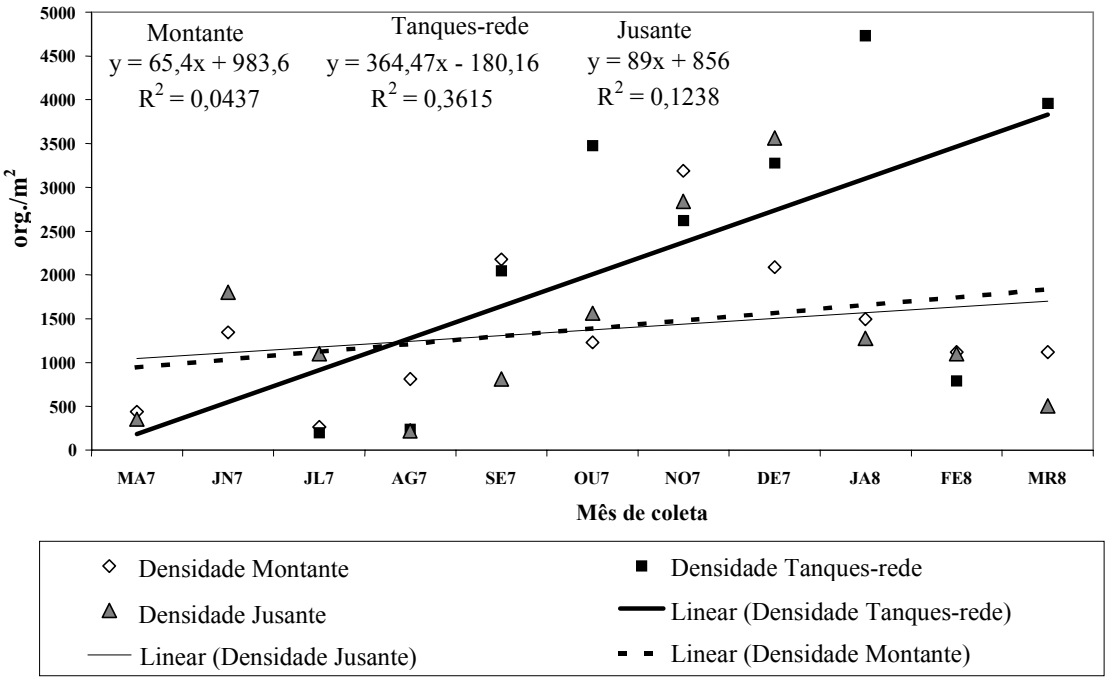

Figura 5. Variação mensal e tendências da densidade (org./m^2) da fauna bentônica em Montante, Tanques-rede e Jusante, na represa de Guarapiranga

A ausência de Oligochaeta em todos os pontos, em agosto de 1997, pode ser explicada pela menor quantidade de matéria orgânica encontrada nas amostras de sedimento. BRANDIMARTE (1991) menciona o trabalho de MCELHONE (1982), que encontrou baixas densidades ou ausência de Oligochaeta em lagos com condutividade entre 18 e 50 µS.cm^{-1} e teor de cálcio entre 1,2 e 2,6 mg.L^{-1}. Embora não tenha havido coleta de água de fundo em agosto, devido à pequena profundidade do local, na água de superfície, os valores de condutividade foram 77,1; 77,9 e 78,1 µS.cm^{-1} e os de cálcio, 2,26; 2,58; 1,94 mg.L^{-1}, respectivamente em M, TR e J. No entanto, em julho, novembro e fevereiro ocorreram valores mais elevados de condutividade, e os de cálcio foram mais elevados que em agosto, em várias das demais coletas, nos três pontos. Além dos fatores mencionados, outro relacionado por ROCHA (1976), que influi direta ou indiretamente sobre as populações bentônicas é a profundidade da coluna d'água. ROCHA (1976) cita o trabalho de REDFORD *et al.* (1971), os quais afirmam que oscilações do nível da água têm influência negativa sobre as populações bentônicas. BEYRUTH (1991), estudando a macrofauna de um lago marginal do rio Embu-mirim na bacia hidrográfica do Guarapiranga, encontrou máxima densidade na época de estiagem e maior acúmulo de matéria orgânica, com Oligochaeta atingindo as maiores abundâncias no inverno. Este é mais um argumento indicando a quantidade de matéria orgânica como um dos fatores limitantes do crescimento destes organismos neste sistema.

Os Chaoboridae foram muito bem representados, chegando a ser dominantes nos meses de janeiro e março de 1998 em M e nos meses de junho e julho em J. Usualmente, estão presentes em lagos eutróficos, e o grupo é resistente a baixos teores de oxigênio na água (BRINKHURST, 1974). Suas larvas são aquáticas, predadoras, sendo capazes de destruir grande número de larvas de dípteros (BORROR e DELONG, 1988).

Tanytarsini é relacionado por PENNAK (1953), HART e FULLER (1974), SHIMIZU (1978) e BRANCO (1986) a ambientes ricos em oxigênio dissolvido. Estes organismos ocorreram nos três locais pesquisados, sendo predominantes em agosto de 1997 em J. Suas populações se desenvolvem bem em ambientes arenosos (Nocentini, *apud* BRANDIMARTE, 1991), pois estes são mais facilmente oxigenados (SHIMIZU, 1978). Dentre os Tanytarsini, identificou-se o gênero *Tanytarsus* que, embora classicamente relacionado a ambientes oligotróficos, possui espécies que apresentam sensibilidades ecológicas distintas, variando de oligotrofia a leve eutrofia, pois são organismos detritívoros (KUHLMANN, 1993).

Chironomus foi menos representado nos pontos analisados que em pontos com intensa atividade pesqueira na represa, estudados no mesmo período. Estes dados confirmam diferenças significativas com os ambientes da pesca, visto que *Chironomus* é indicador de poluição por matéria orgânica e Tanytarsini, que não ocorreu nos pontos de pesca, é indicador de menores teores de matéria orgânica. Os pontos onde se desenvolveu a aqüicultura apresentaram menor teor de matéria orgânica que os pontos de pesca, os quais receberam aportes de esgoto.

A densidade total de invertebrados em TR aumentou, do início para o final do experimento, devido, provavelmente, à melhora cumulativa do substrato, à exceção do mês de fevereiro, como já comentado. Em M e J houve períodos de maior densidade, mas a densidade final foi relativamente baixa.

Na região estudada, a textura (compacta, com torrões de argila endurecida) e composição (pobre em matéria orgânica e areia) do sedimento impediram o desenvolvimento de uma fauna mais abundante. A concentração da descarga de matéria orgânica em TR, sob os tanques-rede, de uma certa forma melhorou a qualidade do sedimento, tornando esse ponto mais propício ao desenvolvimento de maior número de organismos bentônicos que M ou J. O número de táxons, entretanto, não se alterou de forma acentuada, pois os acréscimos de organismos devem ter ocorrido inicialmente, devido à migração de espécies que já se encontravam nas proximidades.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos mostram que a textura dos sedimentos e seu teor de matéria orgânica constituem indicadores do impacto resultante da criação de peixes em tanques-rede e que a fauna bentônica é outro bom indicador deste impacto. A variação da densidade relaciona-se ao teor de matéria orgânica. Entretanto, a comunidade bentônica não mostrou variação de sua composição em relação a este impacto.

Acréscimos de matéria orgânica podem ser esperados no sedimento da represa, devido aos excretas dos peixes no ambiente natural, que também se alimentam de material existente na represa. O cultivo nos tanques, sem arraçoamento, apenas concentra esta descarga de matéria orgânica, num único local. A concentração de matéria orgânica em uma região, onde o sedimento é compacto e inóspito para o bentos, pode torná-la, a longo prazo, mais propícia ao desenvolvimento desta fauna bentônica e, conseqüentemente, mais atraente para os peixes que se alimentam de organismos bentônicos.

Uma forma de evitar estes acréscimos de matéria orgânica e de remover um maior volume de nutrientes do sistema é a construção de tanques-rede dotados de um sistema para recolhimento dos resíduos produzidos em seu interior, com o aproveitamento posterior deste material como adubo. Para a utilização destes locais de deposição seria necessário desenvolver e testar diferentes sistemas, a fim de verificar a maneira mais eficiente de reter os resíduos.

Outra maneira de reduzir o acúmulo de matéria orgânica seria o cultivo migratório, isto é, com mudanças do local de instalação do tanque-rede, sendo necessário verificar qual a distância e periodicidade dos deslocamentos do tanque-rede.

AGRADECIMENTOS

Ao Governo do Estado de São Paulo e ao Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA 1998 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17th ed. Baltimore: Port. City Press .

BEYRUTH, Z. 1991 Avaliação ecológico-sanitária de um lago marginal ao rio Embu-mirim, Itapecerica da Serra, São Paulo. Parâmetros biológicos. I. Macrofauna bentônica. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 6, São Carlos, 1991. *Anais...* São Carlos, SP. p.127-149.

BEYRUTH, Z. 1996 Comunidade fitoplanctônica da represa de Guarapiranga: 1991-92. Aspectos ecológicos, sanitários e subsídios para reabilitação da qualidade ambiental. São Paulo (Tese de Doutoramento. Faculdade de Saúde Pública – Dep. de Saúde Ambiental – USP).

BEYRUTH, Z. 2000 Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga reservoir, São Paulo State, Brazil. *Hydrobiologia*, *424*: 51-65.

BEYRUTH, Z.; CALEFFI, S.; SOARES, M.S. 1994 Avaliação da macrofauna bentônica da represa de Guarapiranga. In: CONGRESSO DE

ECOLOGIA DO BRASIL, 2, Caxambu, 1994. *Resumos*... p.304.

BEYRUTH, Z.; TUCCI, A; FERRAGUT, C.; MENEZES, L.B. 1998 Comunidade fitoplanctônica em tanques de aqüicultura. *Acta Limnologica Brasiliensia,10* (1): 21-36.

BORROR, D.J. e DELONG, D.M. 1988 *Introdução ao Estudo dos Insetos*. São Paulo: Editora Edgard Blücher / EDUSP. 653p.

BRANCO, S.M. 1986 *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária - água*. São Paulo: CETESB. 620p.

BRANDIMARTE, A.L. 1991 *Macrofauna bentônica da zona litoral da represa de Paraibuna (SP): a influência de diferentes ecossistemas terrestres perimetrais*. São Paulo. 161p. (Dissertação de Mestrado. Dep. Ecologia Geral/IB – USP).

BRINKHURST, O.R. 1974 *The benthos of lakes*. New York: Macmillan Press. 190p.

CALEFFI, S.; ZANARDI, E.; BEYRUTH, Z. 1994 Trophic State of Guarapiranga Reservoir in 1991/92. *Verh. Internat. Verein. Limnol., 25*(3): 1306-1310.

CETESB 1992 *Eutrofização e contaminação por metais no reservatório do Guarapiranga*. São Paulo: CETESB (Relatório Técnico).

CETESB 1995 *Avaliação ecotoxicológica do reservatório do Guarapiranga, SP, com ênfase ao problema de algas tóxicas e algicidas*. São Paulo: CETESB (Relatório Recuperação da Bacia do Guarapiranga). 78p.

CORNEL, G.E. e WHORISKEY, F.G. 1993 The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* cage culture on the water quality, zooplâncton, benthos and sediment of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture, 109:* 101-117.

GOPHEN, M. 1990 Biomanipulation: retrospective and future development. *Hydrobiologia, 200*(1): 1-11.

HART JR., C.W. e FULLER, S.H.L. 1974 *Pollution ecology of freshwater invertebrates.* New York: New York Acad. Press. 389p.

HOWNMILLER, R.P. e BEETON, A.M. 1971 Biological evaluation of environmental quality, Green Bay, Lake Michigan. *J. Water Pollut. Control. Fed., 43*: 123-132.

KUHLMANN, M.L. 1993 *Estudo da comunidade de invertebrados bentônicos da zona profunda da represa de Paraibuna (SP).* São Paulo. 158p. (Dissertação de Mestrado. Dep. Ecologia Geral IB – USP).

LAZZARO, X. 1997 Do the trophic cascade hypothesis and classical biomanipulation approaches aply to tropical lakes and reservoirs? *Verh. Internat. Verein. Limnol., 26*: 719-730.

MELCHOR, A; SILVEIRA, A; LOPEZ, GM; ARAUJO, R. 1974 Preservação de mananciais para abastecimento - Guarapiranga, um modelo de preservação. *Rev. DAE-SABESP, 35*: 14-25.

MENEZES, L.C.B. 2003 *Estudo ecológico-sanitário do rio Embu-mirim (SP)*: utilização de macro-invertebrados bentônicos como bioindicadores. São Paulo. 102p. (Tese de Doutoramento. Faculdade de Saúde Pública – Dep. de Saúde Ambiental – USP).

PENNAK, R.W. 1953 *Freshwater invertebrates of the United States*. New York: Ronald Press Comp. 769p.

RESH, V.H. 1995 Freshwater benthic macro-invertebrates and rapid assessment procedures for waterquality monitoring in developing and newly industrialized countries. In*:* DAVIS, W.S. e SIMON, T.P. (Ed.) *Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making.* Boca Raton: Lewis Publishers. p.167-177.

ROSENBERG, D.M e RESH, V.H. 1993 *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* New York: Chapman & Hall. 487p.

ROCHA, A.A. 1976 *A Limnologia, os aspectos ecológico-sanitários e a macrofauna bentônica da represa de Guarapiranga na região metropolitana de São Paulo*. São Paulo. 112p. (Tese de Doutoramento. Dep. de Zoologia – IB - USP).

ROCHA, S.M. 1999 *Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de poluição na represa do Guarapiranga - SP*. São Paulo. 198p.

(Dissertação de Mestrado. Dep. de Saúde Ambiental - FSP – USP).

SHIMIZU, G.Y. 1978 *Represa de Americana* - aspectos do bentos litoral. São Paulo. 148p. (Tese de Mestrado. Dep. de Zoologia – IB - USP).

SIEGEL, S. 1975 *Estatística não paramétrica*. São Paulo: McGraw Hill Inc. 350p.

STARLING, F.L.R.M. 1993 Análise experimental dos efeitos da tilápia do Congo (*Tilapia rendalli*) e carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) sobre a estrutura da comunidade planctônica do Lago Paranoá, Brasília (DF). *Acta Limnologica Brasiliensia, 6:* 144 56.

TOVAR, A.; MORENO, C.; MANUEL-VEZ, M.P.; GARCIA-VARGAS, M. 2000 Environmental implicatios of intensive marine aquaculture in earthen ponds. *Marine Pollution Bulletin, 40*(11): 981-988.

WETZEL, R.G. 1983 *Limnology*. Florida: Saunders College Publishing. 767p.

ZAR, J.H. 1984 *Biostatistical analysis*. 2. ed. London: Prentice-Hall Inc. 718p.