

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)

STARLING, F.L.R.M.

Companhia de Água e Esgotos de Brasília (CAESB),
Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento,
Diretoria de Tecnologia Ambiental, Q. 04 BL.A N° 67/97
SCS, 70.300 - Brasília, DF.

RESUMO: 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). A fim de investigar os impactos da tilápia do Congo (*Tilapia rendalli*) e carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) sobre a comunidade planctônica do lago Paranoá (Brasília-DF), foram conduzidos experimentos de alimentação seletiva em aquários e estudo experimental em tanques plásticos (limnocurrais), incubados na própria represa. Durante os estudos em laboratório, apesar de ambas as espécies terem exibido o mesmo comportamento alimentar da filtração por bombeamento, foram observadas diferenças nítidas no tocante à taxa de alimentação sobre os diversos ítems planctônicos. Ao contrário da carpa prateada, a tilápia não removeu eficientemente os menores organismos zooplanctônicos (principalmente rotíferos) e a alga dominante no lago Paranoá, *Cylindrospermopsis raciborskii*. Resultados similares foram obtidos no estudo "in situ", onde a presença da tilápia esteve associada a aumentos significativos tanto na abundância total do zooplâncton (principalmente rotíferos), quanto na biomassa fitoplanctônica (ANOVA com medidas repetidas no tempo, $P=0,05$). As implicações destes resultados para o manejo da ictiofauna e a possibilidade de manipulação da estrutura trófica do lago Paranoá (biomanipulação) são também objeto de discussão.

ABSTRACT: Experimental analysis of the effects of Congo Tilapia (*Tilapia rendalli*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on the structure of plankton community of Paranoá reservoir, Brasília-DF. We investigated the impacts of Congo tilapia (*Tilapia rendalli*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on the plankton community of Paranoá Reservoir conducting laboratory feeding trials and an enclosure experiment. The laboratory feeding trials demonstrated that both species used pump filter-feeding behavior, however with differences in the capture rates of certain prey. In contrast to silver carp, tilapia did not remove smaller zooplankton (mainly rotifers) and the dominant algae in the reservoir, *Cylindrospermopsis raciborskii*. Similar results were obtained in the enclosure experiment, where the presence of tilapia was associated with an increased zooplankton density (mainly rotifers) and a higher phytoplankton biomass (Repeated-measures ANOVA, $P=0,05$). The implications of these results for the management of the fish fauna and possible manipulation of the trophic structure in Paranoá Reservoir are discussed.

Apesar da ausência tanto de estudos preliminares a estas introduções, quanto de um acompanhamento sistemático do grau de adaptação destas espécies, sabe-se hoje que a tilápia do Congo se encontra dentre aquelas mais representativas numericamente na comunidade íctica do lago Paranoá (Grando, 1989). Este mesmo autor, através de estudos dos hábitos alimentares das principais espécies de peixes do reservatório, registrou o consumo de organismos planctônicos por parte da tilápia, especialmente microcrustáceos (cladóceros) e algumas algas.

A despeito da ausência de uma avaliação mais aprofundada do papel dos organismos planctônicos como alimento para a ictiofauna, tem sido recomendada a introdução de peixes planctófagos no reservatório, em especial a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), para efetuar o controle da proliferação excessiva do fitoplâncton (Dorneles & Dias-Neto, 1985). Com isso, procurou-se neste estudo avaliar simultaneamente os impactos da carpa prateada e da tilápia do Congo sobre a comunidade planctônica da represa, quando submetidas a condições experimentais similares.

MATERIAL E MÉTODOS

Antes da execução dos experimentos de laboratórios, os exemplares de carpa prateada, provenientes de uma estação de piscicultura, e os de tilápia, coletados no lago Paranoá, foram mantidos em aquários de 120 litros no laboratório durante 1 mês, recebendo diariamente plâncton da própria represa.

O procedimento experimental em laboratório foi dividido em 2 etapas. Numa primeira fase, o comportamento alimentar, ou seja, a ocorrência da predação visual e da filtração, foi determinado em aquários de 20 litros iluminados artificialmente com lâmpadas fluorescentes (600 lux), onde 8 carpas prateadas (126-139mm de comprimento padrão; 24,7-41,1g de peso) e 13 tilápias (71-105mm de comprimento padrão; 13-36,7g de peso) foram observadas durante períodos de 5 minutos, alimentando-se de plâncton proveniente do lago Paranoá fornecido em densidades variadas. Foram conduzidas pelo menos 18 baterias destas observações para cada peixe. A determinação do tipo de comportamento alimentar não se restringiu apenas a esta etapa, tendo sido ainda efetuada durante os experimentos de quantificação do consumo de organismos planctônicos.

Durante estes experimentos que representaram a segunda fase dos estudos em laboratório, foram avaliadas as taxas de alimentação dos peixes sobre organismos zooplanctônicos e sobre a alga cianofíceia *C. raciborskii*. Em linhas gerais, determinou-se a constante de taxa de alimentação (tradução do termo "feeding rate constant" proposto por Dodson, 1975) das duas espécies ícticas para cada presa planctônica, através do acompanhamento do declínio nas densidades destes organismos planctônicos em aquários de 40 litros estocados com 2 a 3 carpas prateadas ou 3 a 5 tilápias. Além dos 2 aquários contendo cada qual peixes de apenas uma das espécies, foi ainda monitorado simultaneamente um aquário controle (sem peixes). Ao longo das duas horas de duração de cada experimento, os aquários foram igualmente iluminados artificialmente (com 2 lâmpadas fluorescentes luz do dia de 40W cada) e o plâncton foi mantido em suspensão por aeração, movimento dos peixes e homogeneizações do conteúdo total dos aquários a cada 15 minutos. No conjunto dos 4 experimentos realizados, a temperatura da água esteve sempre situada entre 22 e 25 °C, a abundância zooplanctônica entre 9098 e 15910 organismos por litro e os comprimentos totais dos tricomas de *C. raciborskii* variaram de 316 a 4790 µm por litro.

Amostras triplicadas de água foram coletadas de cada aquário bem homogeneizado, no início e no fim de cada experimento, através de um tubo amostrador de plástico com 4cm de diâmetro rapidamente abaixado sobre uma rolha de borracha posicionada aleatoriamente no fundo do aquário (Drenner *et al.*, 1987). Um volume conhecido de cada uma destas amostras integradas (150-200ml) foi filtrado em rede de 65 μ m para remoção do zooplâncton, o qual após recuperado pela lavagem desta rede, foi fixado em formalina 5% e contado em lâminas de Sedgwick-Rafter no microscópio convencional. Uma alíquota de 50ml de cada uma destas amostras, foi mantida sem filtração e preservada em solução de lugol 1% para contagem dos tricomas de *C. raciborskii*, efetuada em câmaras de sedimentação (Utermohl) de 0,13ml no microscópio invertido.

A constante de taxa de alimentação por grama de peso corpóreo de peixe, designada k/g, foi calculada utilizando-se a equação: $k/g = -\ln(D_f/D_i) / XTG$, onde D_i e D_f representam respectivamente as densidades inicial e final do item planctônico por litro, X representa a densidade de peixes por litro, T expressa a duração do experimento em horas e G indica a biomassa média dos peixes (Dodson, 1975 modificado por Drenner & McComas, 1980). A unidade de k/g é litros por grama de peixe por hora. Os valores finais de k/g, obtidos para cada espécie íctica, foram corrigidos para outras fontes de alterações das densidades do plâncton que não o consumo pelos peixes, através de comparações com o aquário controle (sem peixes), que continha igual densidade do mesmo plâncton.

Adicionalmente, foi conduzido um estudo experimental "in situ" com limnocurrais (tanques de polietileno transparente, abertos para a atmosfera e isolados do sedimento, com 1m de diâmetro e 2,5m de profundidade e volume de 2000 l). Após permanecerem por 2 meses em tanques-rede para aclimação da carpa prateada às condições limnológicas da represa, os exemplares de cada espécie íctica foram introduzidos nos limnocurrais recém incubados em uma enseada do reservatório. Dois tanques de um mesmo tratamento com peixes, receberam cada qual 10 carpas prateadas (85-135mm C.P.; 8,9-36,6g) ou 12 tilápias (56-110mm C.P.; 6,6-48,9g) a uma densidade de estocagem definida de 3000 kg/ha e dois tanques foram mantidos sem peixes como controle experimental. O acompanhamento da evolução das comunidades planctônicas destes seis limnocurrais ao longo de 31 dias de duração do experimento, foi executado através de amostragens semanais do fito e zooplâncton por um tubo amostrador de PVC (3m de comprimento e 5,5cm de diâmetro). Uma alíquota de 100ml desta amostra integrada da coluna de 0 a 2,5m de profundidade, mantida sem filtração, foi fixada com lugol 1% para contagem do fitoplâncton e 2 litros desta mesma amostra de cada tanque foram concentrados em uma rede de 45 μ m para contagem do zooplâncton. O procedimento de contagem diferiu do já descrito anteriormente apenas pela expressão dos resultados da abundância fitoplanctônica em termos de biomassa, por intermédio de modelos geométricos para estimativa do volume celular. Ao longo do experimento "in situ" foi ainda acompanhada, em intervalos de 2 a 3 dias, a mortalidade acidental dos peixes incubados nos limnocurrais, sendo estes prontamente substituídos por outro exemplar de peso e tamanho semelhantes.

A fim de detectar diferenças entre os tratamentos ao longo do período experimental "in situ", foi empregado o modelo estatístico da Análise de Variância com medidas repetidas no tempo ("Repeated-measures ANOVA"). A posterior aplicação do teste de Duncan permitiu comparar as médias a um nível de significância em 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os experimentos no laboratório, os exemplares de ambas as espécies exibiram apenas o comportamento alimentar da filtração por bombeamento, caracterizado pelo uso de sucções bucais rítmicas não direcionadas para a captura dos organismos planctônicos, enquanto nadavam lentamente ou permaneciam praticamente imóveis na coluna d'água. Contudo, as tilápias foram, na maior parte do tempo, observadas exibindo uma variação deste comportamento, caracterizada pela filtração próxima ao fundo e principalmente junto à superfície para coleta do zooplâncton retido na película superficial da água. Estas variações da filtração foram também verificadas por Drenner *et al.* (1982), para outra espécie do mesmo gênero, a *Tilapia gallilaea*, quando submetida a condições experimentais similares.

Esta diferença na exibição do comportamento alimentar da filtração por bombeamento, determinou a ocorrência de padrões distintos da constante de taxa de alimentação (k/g) das duas espécies para as diversas presas planctônicas.

Como pode ser visto na fig. 1, os maiores valores de k/g da tilápia foram obtidos exatamente para *Bosmina spp.*, que representou a presa mais frequentemente aprisionada na película superficial da água. As reduzidas taxas de alimentação obtidas tanto para os ítems zooplânctônicos de menores dimensões como *Keratella spp.* e náuplios de *Thermocyclops decipiens* (ambos $< 200\mu\text{m}$) quanto para os tricomas de *C. raciborskii* ($3\mu\text{m}$ de diâmetro e $40\text{--}300\mu\text{m}$ de comprimento) foram presumivelmente resultado da baixa eficiência de remoção de pequenas partículas por parte do aparato filtrador da tilápia. Em contraste, o baixo valor de k/g para a presa de maior tamanho, o *T. decipiens* nos estágios de copepoditos e adultos, estaria relacionado à alta capacidade de escape dos copépodos à sucção pelos peixes filtradores (Drenner & McComas, 1980).

Com referência à carpa prateada que, ao contrário da tilápia, apresenta aparato filtrador (rastros branquiais) altamente especializado e elevada taxa de filtração (dados não publicados), seria de se esperar a ocorrência de valores mais elevados da constante de taxa de alimentação para a maioria das presas planctônicas. De fato, como ilustrado na fig. 1, reduzidas taxas de alimentação da carpa prateada só foram obtidas para aquela presa que se concentrou na película superficial da água e que por isso esteve pouco disponível para a carpa prateada (*Bosmina spp.*) e para aquela mais evasiva (copepoditos e adultos de *T. decipiens*). No que se refere ao consumo de ítems fitoplanctônicos, onde não existe a influência da capacidade de escape da presa e a taxa de alimentação passa a ser unicamente função da habilidade de retenção do filtro branquial do peixe, foi obtido um elevado valor da constante de taxa de alimentação para os tricomas de *C. raciborskii*. Este resultado seria de se esperar tendo em vista que este representante do microfitoplâncton, se encontra dentro da faixa de tamanho de partículas selecionadas pelos poucos espaçados rastros branquiais da carpa prateada (Spataru & Gophen, 1985).

De forma geral, os impactos da carpa prateada e tilápia sobre a estrutura da comunidade planctônica durante o estudo experimental "in situ" estiveram de acordo com os resultados obtidos no laboratório.

A comunidade planctônica presente nos limnocurrais ao longo deste período, caracterizada pela virtual ausência do maior representante do zooplâncton do lago Paranoá (os copepoditos e adultos de *T. decipiens*), pelo amplo predomínio numérico dos rotíferos e pela acentuada dominância da alga cianofíceia *C. raciborskii*, foi diferentemente afetada pelas duas espécies ícticas.

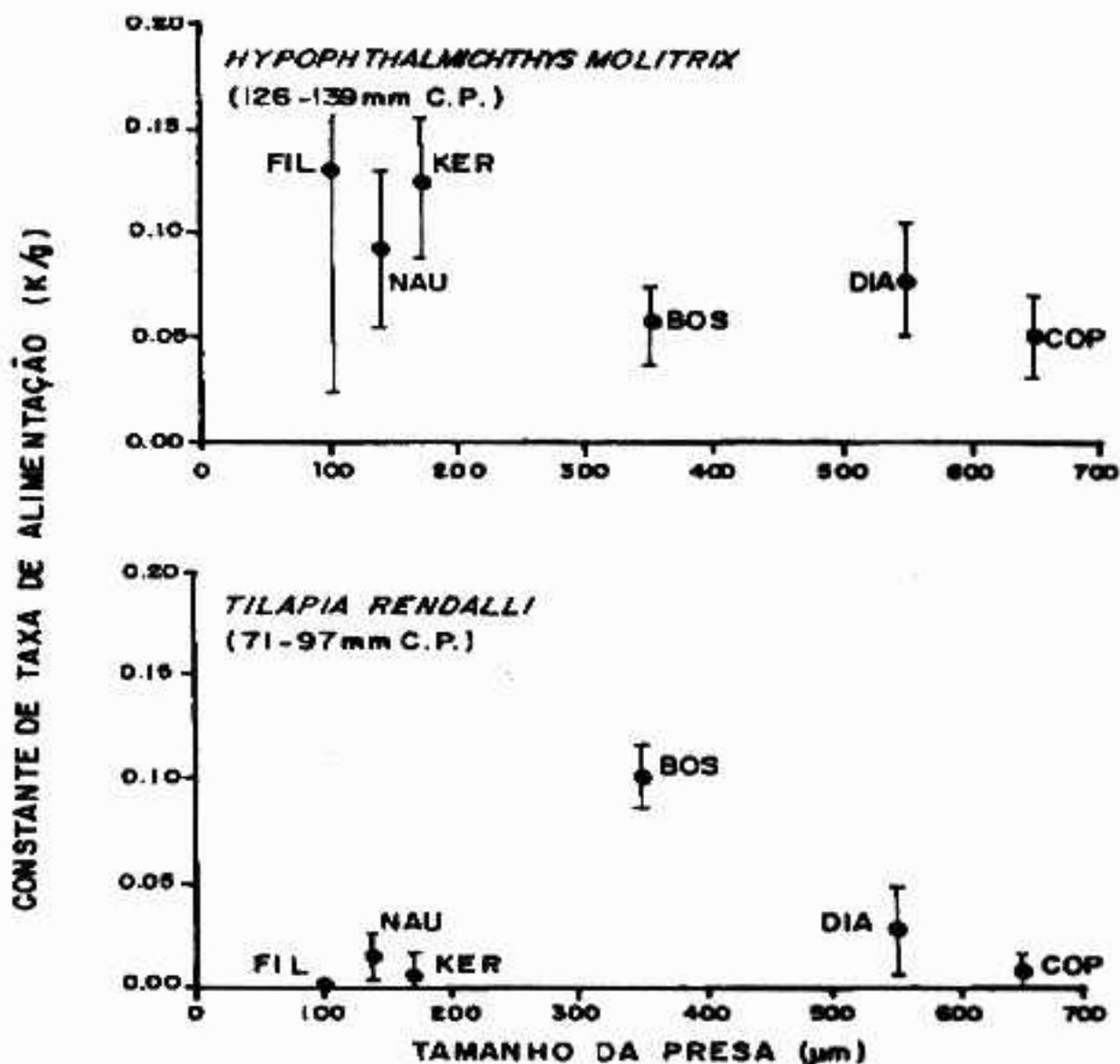


Figura 1 - Valores médios da constante de taxa de alimentação (K/g) de 4 experimentos, para os seguintes itens planctônicos do lago Paranoá: filamentos de *C. raciborskii* (FIL), náuplios de *T. decipiens* (NAU), *Keratella* spp (KER), *Bosmina* spp (BOS), *Diaphanosoma birgei* (DIA) e copepoditos + adultos de *T. decipiens* (COP). A faixa de comprimento padrão (C.P.) dos peixes e as barras de desvio padrão da média são indicados na figura.

Como seria de se esperar a partir da sua alta eficiência de filtração e forte poder de sucção (Spataru & Gophen, 1985), a carpa prateada afetou substancialmente a comunidade zooplancônica através de reduções significativas tanto na abundância total dos organismos quanto das espécies mais expressivas numericamente (fig. 2). Outros estudos igualmente verificaram a ocorrência de um drástico impacto da carpa prateada sobre a comunidade zooplancônica (Opuszynski, 1979; Burke *et al.*, 1986; Vinyard *et al.*, em prep.), sendo a consequente redução na pressão de herbivoria sobre as algas uma das causas apontadas para a ineficácia desta espécie íctica no controle da biomassa fitoplancônica. No caso específico do lago Paranoá, a situação seria inversa, já que a alga dominante não se encontra virtualmente sujeita à pressão de herbivoria pela comunidade zooplancônica (Pinto-Coelho, 1983). Nesta

circunstância, *C. raciborskii*, que estaria se beneficiando da presença do zooplâncton através da manutenção de intensa pressão de herbivoria sobre suas competidoras (algas do nanoplâncton), seria então desfavorecida com a supressão do zooplâncton pela carpa prateada.

A despeito deste efeito da supressão do zooplâncton (fig. 2) e do consumo da *C. raciborskii* pela carpa prateada (fig. 1) terem contribuído para a redução da biomassa fitoplanctônica, não se verificou uma redução significativa da biomassa desta alga em relação ao controle (fig. 2). Como discutido por Starling & Rocha (no prelo), isto se deve sobretudo ao enriquecimento adicional em nutrientes mediado pela presença dos peixes vivos e principalmente por aqueles acidentalmente mortos durante o experimento.

Um impacto bem distinto sobre a comunidade fitoplanctônica foi obtido para a tilápia, sendo que a presença desta espécie íctica esteve associada a elevações significativas na biomassa de *C. raciborskii* e conseqüentemente na biomassa total do fitoplâncton (fig. 2). Vários estudos experimentais de avaliação dos efeitos dos peixes planctófagos também verificaram aumentos na abundância algal em tanques estocados com peixes (Andersson *et al.*, 1978; Hurlbert & Mulla, 1981; Arcifa *et al.*, 1986; Langeland *et al.*, 1987). Nestes estudos, tais aumentos foram geralmente atribuídos ao relaxamento da pressão de herbivoria sobre as algas como resultado da remoção seletiva do zooplâncton herbívoro de grande porte pelos peixes planctófagos predadores visuais.

No caso específico do presente estudo, observou-se que, além da alga dominante não ter estado sujeita à pressão de herbivoria pela tilápia (fig. 1) e pelo zooplâncton presente (Pinto-Coelho, 1983), a comunidade zooplanctônica não sofreu reduções apreciáveis na abundância total dos organismos ao longo do experimento (fig. 2). Com isso, os aumentos significativos na biomassa de *C. raciborskii* e conseqüentemente na biomassa total do fitoplâncton (fig. 2), verificados nos limnocurrais estocados com tilápia, não podem ser atribuídos à remoção seletiva de organismos zooplanctônicos pelos peixes. Threlkeld (1988) também constatou, através de vários experimentos envolvendo manipulações nas densidades de exemplares vivos e mortos de uma espécie planctófaga, que os aumentos observados na abundância fitoplanctônica independem da redução do macrozooplâncton pelos peixes.

Por outro lado, pesquisas recentes (Drenner *et al.*, 1986; Threlkeld, 1987, 1988) têm indicado que, além da supressão dos maiores consumidores do fitoplâncton, os peixes planctófagos promovem alterações na ciclagem e regeneração de nutrientes, as quais também poderiam ser responsáveis pelos aumentos da biomassa fitoplanctônica.

É amplamente sabido que os peixes liberam nutrientes pela excreção (Lamarra, 1975; Shapiro & Carlson, 1982; Drenner *et al.*, 1987) ou decomposição parcial de exemplares acidentalmente mortos (Drenner *et al.*, 1986; Threlkeld, 1987, 1988). Como normalmente o controle experimental dos estudos de avaliação dos impactos dos peixes planctófagos sobre a comunidade planctônica se constituem em limnocurrais sem peixes, não há um controle para as alterações na dinâmica dos nutrientes promovidos pelos peixes. Isto dificulta a distinção entre este efeito e o da remoção do macrozooplâncton sobre a comunidade fitoplanctônica presente nos limnocurrais estocados com peixes (Threlkeld, 1987).

Assim, os peixes teriam afetado diretamente os processos de ciclagem e regeneração de nutrientes através dos seus produtos metabólicos e possivelmente pela decomposição parcial de exemplares acidentalmente mortos durante o experimento. Segundo Threlkeld (op. cit.), quando a densidade de estocagem dos peixes é alta o suficiente para resultar em alguma mortalidade ou em perda de peso por parte dos peixes vivos, os nutrientes originalmente presentes

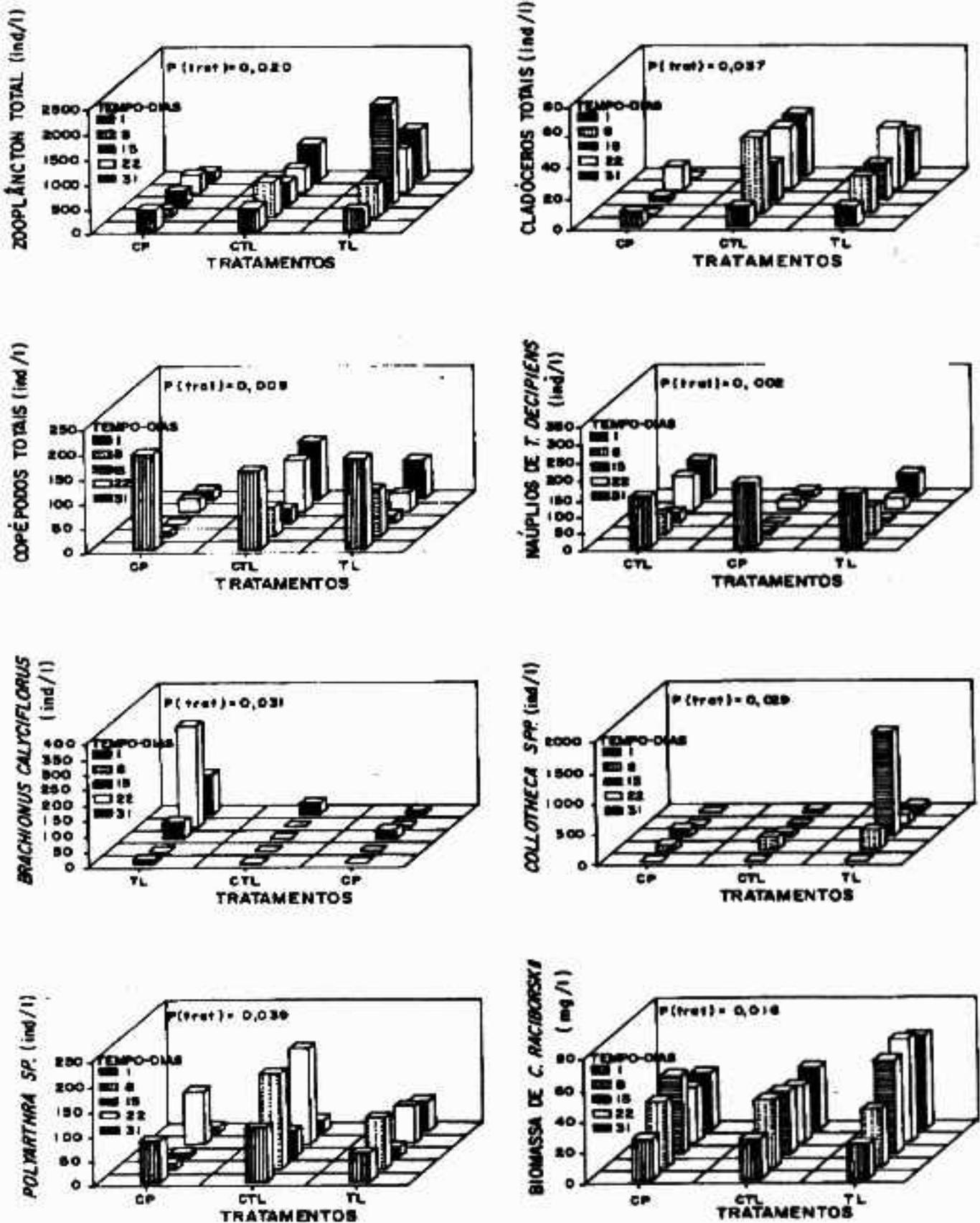


Figura 2 - Evolução das médias de densidade total do zooplâncton, cladóceros totais, copépodos totais, náuplios de *T. decipiens*, *Brachionus Calyciflorus*, *Collotheca spp.*, *Polyarthra sp.* e biomassa de *Cylindrospermopsis raciborskii* para os limnocurrais estocados com carpa prateada (CP), tilápia (TL) e controles (CTL), a longo do período de experimentação "in situ". O valor de probabilidade para o efeito de tratamento (trat) se encontra no alto de cada figura.

nos tecidos dos peixes, se tornariam então disponíveis para a produção do fitoplâncton, causando assim o seu aumento. No caso específico dos limnocurrais estocados com tilápia, onde somente se verificou a mortalidade de 3 exemplares, pode-se assumir que o enriquecimento adicional em nutrientes via peixes parcialmente decompostos teria tido pouca influência.

Entretanto, a contribuição em nutrientes resultante das atividades metabólicas dos peixes teria relevância, uma vez que, especialmente quando subalimentados, como foi o caso dos exemplares de tilápia, os peixes podem aumentar o fósforo e o nitrogênio disponível ao fitoplâncton através da excreção (Drenner *et al.*, 1987). O predomínio do microzooplâncton numa condição restritiva de planctofagia dos tanques, isolados do sedimento e impedindo assim o acesso da tilápia a outros recursos alimentares por elas utilizados no lago Paranoá, como animais invertebrados e detritos do sedimento e vegetais superiores (Grando, 1989), aliado ao aspecto externo dos exemplares de tilápia resgatados ao fim do experimento, evidenciam a ocorrência de sérias limitações na dieta desta espécie durante o período de experimentação.

Uma outra possibilidade da tilápia ter aumentado a disponibilidade de nutrientes para as algas, teria sido via alterações indireta na sua ciclagem e regeneração. Como indicado por Bartell (1981) e discutido por Vanni (1986), os aumentos indiretos na abundância do microzooplâncton (rotíferos) na presença dos peixes planctófagos pode elevar, caso não ocorra diminuição da biomassa total do zooplâncton, o fósforo disponível para as algas. Isto porque a taxa de liberação de fósforo por unidade de biomassa é maior para os pequenos indivíduos zooplânctônicos quando comparados aos grandes. Apesar dos dados de abundância zooplânctônica não terem sido expressos em biomassa, pode-se garantir, pelas elevações acentuadas na densidade destes organismos (fig. 2), não ter havido redução na biomassa total do zooplâncton na presença da tilápia.

Assim, a tilápia pode ter promovido o aumento da biomassa fitoplanctônica através de alterações tanto diretas (excreção) quanto indiretas (aumento da excreção de fósforo pela comunidade zooplânctônica) da ciclagem e regeneração de nutrientes.

Resta ainda analisar os impactos da tilápia sobre a estrutura da comunidade zooplânctônica. A ausência de reduções significativas nas densidades de organismos zooplânctônicos na presença desta espécie (fig. 2) era previsível, tendo em vista os resultados dos experimentos de laboratório, onde a tilápia se constituiu num filtrador pouco eficiente para as pequenas presas (fig. 1). Em contraste, o único impacto expressivo da tilápia sobre esta comunidade se constituiu em elevações significativas na densidade total do zooplâncton e de algumas espécies de rotíferos, como *Brachionus calyciflorus* e *Collotheca spp.* (fig. 2).

Vários estudos também verificaram elevações na abundância do microzooplâncton, especialmente dos rotíferos, como decorrência da presença de peixes planctófagos em limnocurrais (Andersson *et al.*, 1978; Hurlbert & Mulla, 1981; Arcifa *et al.*, 1986; Langeland *et al.*, 1987; Threlkeld, 1987). Na maioria dos estudos experimentais supracitados, estes aumentos do microzooplâncton foram atribuídos à diminuição da sua competição com o zooplâncton herbívoro de grande porte, seletivamente removido pelos peixes. Como no presente estudo o macrozooplâncton não se fez presente e a tilápia nem sequer promoveu reduções substanciais nas densidades dos organismos zooplânctônicos (fig. 2), pode-se descartar a possibilidade do aumento dos rotíferos ter sido consequência indireta da predação seletiva do peixe sobre determinadas espécies do zooplâncton.

Uma hipótese alternativa indicando a importância das transformações do habitat pelo peixe como um fator chave para explicar tais aumentos das espécies de pequeno tamanho, foi

levantada por Hillbricht-Ilkolska & Weglenska (1973) e Kajak *et al.* (1976). Segundo estes autores, os aumentos de detritos, bactérias e algas associados à presença dos peixes planctófagos, promoveriam, pela maior disponibilidade de alimento, elevações na densidade, produção e fecundidade do zooplâncton, especialmente dos pequenos herbívoros filtradores como os rotíferos e algumas espécies de cladóceros.

No presente estudo, embora tenha sido registrada uma elevação substancial da biomassa fitoplanctônica nos limnocurrais estocados com tilápia (fig. 2), mais de 95% desta biomassa foi composta pela alga cianofícea filamentosa *C. raciborskii*, espécie fitoplanctônica não tida como alimento para os rotíferos do lago Paranoá (Pinto-Coelho, 1983). Entretanto, este mesmo autor constatou a existência de uma relação direta significativa entre a abundância desta alga e de grande parte dos rotíferos do reservatório. Também para outros sistemas eutróficos, tem sido relatada a ocorrência de altas densidades de algas cianofíceas em associação com o predomínio do zooplâncton herbívoro de pequeno porte na comunidade zooplanctônica (Infante & Riehl, 1984; Schoenberg & Carlson, 1984).

A explicação para o favorecimento dos rotíferos nesta situação seria de que outros recursos alimentares estariam especialmente presentes em associação às altas densidades de algas cianofíceas. A elevação da proporção relativa do microfitoplâncton, principalmente dinoflagelados e cianofíceas, com o aumento do grau de trofia (Nilssen, 1984), sugere que lagos eutróficos podem suportar maiores concentrações de detritos, o que aumenta a produtividade e a biomassa de bactérias e do microzooplâncton (Pace, 1986). Nilssen (op. cit) destacou que, para lagos temperados e possivelmente também para os tropicais, há um aumento da alocação de energia para a cadeia de detritivoria em relação àquela de herbivoria durante a evolução do processo de eutrofização. Gorlenko *et al.* (1983) indicaram a ocorrência de aumentos no número de bactérias com o grau de trofia de lagos e descreveram situações frequentes onde estas elevações estiveram associadas a intenso desenvolvimento de algas cianofíceas. Coveney *et al.* (1977) relataram para lago eutrófico, picos no número de bactérias coincidentes com florações da alga cianofícea filamentosa *Aphanizomenon flos-aquae*, sugerindo que produtos da autólise e detritos provenientes das algas, ou ainda os produtos orgânicos liberados durante o crescimento do fitoplâncton, teriam propiciado o elevado crescimento de bactérias. Pejler (1983) sugeriu a existência de uma relação direta entre o aumento de bactérias e do seu consumidor, o zooplâncton filtrador de pequeno porte, com o grau de trofia. Bays & Crisman (1983) verificaram a ocorrência de elevações da biomassa relativa do microzooplâncton com o aumento do grau de trofia em lagos subtropicais e Esteves & Sendacz (1988), obtiveram correlações diretas significativas entre a abundância do microzooplâncton e o índice de estado trófico de Carlson para 16 reservatórios do Estado de São Paulo. Todos estes estudos, quando tomados em conjunto, evidenciam a existência de uma estreita relação direta entre grau de trofia, algas cianofíceas, detritos, bactérias e microzooplâncton.

Apesar das bactérias não terem sido acompanhadas no presente estudo, outros trabalhos experimentais que envolveram a introdução de peixes planctófagos em limnocurrais (Riemann & Sondergaard, 1986; Langeland *et al.*, 1987), verificaram aumentos simultâneos da biomassa de bactérias e dos rotíferos na presença dos peixes. Além disso, as informações na literatura acerca da alimentação dos rotíferos, indicam que espécies filtradoras, como *Brachionus calyciflorus* e *Collotheca sp.*, consomem expressivas quantidades de bactérias e detritos a elas associados (Starkweather *et al.*, 1979; Pourriot *et al.*, 1982; Pejler, 1983; Seaman *et al.*, 1986).

Assim, o provável aumento de detritos e bactérias associados à elevada biomassa de *C. raciborskii* e ainda de algumas formas algais como espécies do nanoplâncton e picoplâncton (itens não acompanhados no presente estudo), apresenta-se como a explicação mais plausível para a explosão populacional dos rotíferos na presença da tilápia.

Existem importantes aplicações dos resultados obtidos no presente estudo para o manejo racional do lago Paranoá, nas suas condições atuais de desequilíbrio ecológico como consequência do seu acelerado processo de eutrofização.

Nestas circunstâncias, foi verificado que a tilápia, quando atuando exclusivamente como planctófaga, não contribuiu para o restabelecimento deste equilíbrio. Ao contrário, a sua presença maciça nos limnocurrais representou uma fonte adicional em nutrientes para o fitoplâncton, agravando ainda mais a desproporção na cadeia alimentar caracterizada pelo domínio do microfito e microzooplâncton na comunidade planctônica.

Assim, a despeito da carência de uma avaliação mais aprofundada dos efeitos da utilização de outros recursos alimentares (detritos e organismos associados ao sedimento e vegetais superiores) pela tilápia no lago Paranoá, é possível inferir que a sua atual proliferação excessiva neste reservatório (Grando, 1989) pode estar trazendo consideráveis prejuízos ao ecossistema.

Com isso, o controle de sua população na represa ou a sua substituição gradativa por outra espécie mais habilitada a utilizar eficientemente os recursos alimentares planctônicos predominantes neste ecossistema, como é o caso da carpa prateada (Starling & Rocha, no prelo), representam estratégias de biomanipulação com grande potencial de aplicabilidade no lago Paranoá. Entretanto, como enfatizado por Spataru & Gophen (1985), antes da implementação de tais medidas de manejo, faz-se necessário ampliar o acervo de conhecimento das relações tróficas da ictiofauna ocorrente na represa.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial a: João P. Viana e João V. Grando pela ajuda no trabalho de campo; Christina W. C. Branco pelo auxílio na identificação do zooplâncton; Sonia P. Mattos e Xavier Lazzaro pelas sugestões no manuscrito e Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília (UnB) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, G.; BERGGREN, H.; CRONBERG, G. & GELIN, G. (1978). Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59:9-15.
- ARCIFA, M.S.; NORTHCOLE, T.G. & FROELICH, O. (1986). Fish-zooplankton interactions and their effects on water quality of a tropical Brazilian reservoir. *Hydrobiologia* 139:49-58.
- BARTELL, S.M. (1981). Potential impacts of size-selective planktivory on P release by zooplankton. *Hydrobiologia* 80:139-146.
- BAYS, J.S. & CRISMAN, T.L. (1983). Zooplankton and trophic state relationships in Florida Lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1813-1819.
- BURKE, J.S.; BAYNE, D.R. & REA, H. (1986). Impacts of silver and bighead carps on plankton community of channel catfish ponds. *Aquaculture* 55:59-68.

- CAESB/PNUD. (1990). Avaliação dos aspectos sanitários e ambientais das bacias hidrográficas do Rio São Bartolomeu e Lago Paranoá. Relatório final de limnologia. *Projeto PNUD-BRA/87/011*. 107pp.
- COVENEY, M.F.; CRONBERG, G. & ENELL, M. (1977). Phytoplankton, zooplankton and bacteria standing-crop and production relationships in a eutrophic lake. *Oikos* 29:5-21.
- DODSON, S.I. (1975). Predation rates of zooplankton in arctic ponds. *Limnol. Oceanogr.* 20:426-433.
- DORNELLES, L.O.C. & DIAS-NETO, J. (1985). Sugestão para uma exploração racional do lago Paranoá. *Encontro dos Engenheiros de Brasília*. 15 a 18 de maio de 1985, Brasília.
- DRENNER, R.W. & McCOMAS, S.R. (1980). The role of zooplankton escape ability in the selective feeding and impact of planktivorous fish. In: W.C. Keerfoot (ed.). *Evolution and Ecology of Zooplankton Communities*. The Univ. Press of New England, Hanover, New Hampshire, USA. pp:587-593.
- DRENNER, R.W.; THRELKELD, S.T. & McCRACKEN, M.D. (1986). Experimental analysis of the direct and indirect effects of an omnivorous filter-feeding clupeid on plankton community structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:1935-1945.
- _____; VINYARD, G.L.; GOPHEN, M. & McCOMAS, S.R. (1982). Feeding behavior of the cichlid, *Sarotherodon galilaeum*: selective predation on Lake Kinneret zooplankton. *Hydrobiologia* 87:17-20.
- _____; HAMBRIGHT, K.D.; VINYARD, G.L.; GOPHEN, M. & POLLINGHER, U. (1987). Experimental study of size-selective phytoplankton grazing by a filter-feeding cichlid and the cichlid's effects on plankton community structure. *Limnol. Oceanogr.* 32:1140-1146.
- ESTEVEZ, K.E. & SENDACZ, S. (1988). Relações entre a biomassa do zooplâncton e o estado trófico de reservatórios do Estado de São Paulo. *Acta Limnol. Brasil.* 2:587-604.
- GOPHEN, M. Biomanipulation: retrospective and future development. *Hydrobiologia*. (no prelo).
- GORLENKO, V.M.; DUBININA, G.A. & KUZNETSOV. (1983). The ecology of aquatic micro-organisms. *Die Binnengewässer Vol. XXVIII*. Stuttgart. 252pp.
- GRANDO, J.V. (1989). *Considerações sobre o estágio atual da ictiofauna e aspectos alimentares de quatro espécies de peixes do Lago Paranoá, Brasília, DF*. Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado. 98pp.
- HILLBRICHT-ILKOWKA, A. & WEGLENSKA, T. (1973). Experimentally increased fish stock in the pond type Lake Warniak. VII-Numbers, biomass and production of zooplankton. *Ekol. Pol.* 21:533-562.
- HURLBERT, S.M. & MULLA, M.S. (1981). Impacts of Mosquito fish (*Gambusia affinis*) predation on plankton communities. *Hydrobiologia* 83:125-151.
- INFANTE, M.S.R. & RIEHL, W. (1984). The effect of cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiologia* 113:293-298.
- KAJAK, Z.; ZAWISKA, J. & HILLBRICHT-ILKOWSKA, A. (1976). Effect of experimentally increased fish stock on biocenosis and recovery processes of a pond type lake. *Limnologia, Berlin* 10:595-601.
- LAMARRA Jr., V.A. (1975). Digestive activities of carp as a major contributor to the nutrient loading of lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 19:2461-2468.
- LANGELAND, A.; KOLSVIK, J.I.; OLSEN, Y. & REINERTSEN, H. (1987). Limnocorral experiments in a eutrophic lake-effects of fish on the planktonic and chemical conditions. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 34:51-65.
- LAZZARRO, X. (1987). A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding behaviors, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia* 146:97-167.
- NILSSEN, J.P. (1984). Tropical lakes-functional ecology and future development: the need for a process-oriented approach. *Hydrobiologia* 113:231-242.
- OPUSZYNSKI, K. (1979). Silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.), in carp ponds. III-Influence on ecosystem. *Ekol. pol.* 27:117-133.
- PACE, M.L. (1986). An empirical analysis of zooplankton community size structure across lake trophic gradients. *Limnol. Oceanogr.* 31:45-55.
- PEJLER, B. (1983). Zooplanktic indicators of trophic and their food. *Hydrobiologia* 101:111-114.

- PINTO-COELHO, R.M. (1983). *Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton no Lago Paranó, Brasília, DF, Brasil*. Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado. 163pp.
- POURRIOT, R.; CAPBLANCQ, J.; CHAMP, P. & MEYER, J.A. (1982). *Ecologie du plancton des eaux continentales*. Masson, 198p. (collection d'écologie, 16).
- RIEMANN, B. & SONDERGAARD, M. (1986). Regulation of bacterial secondary production in two eutrophic lakes and in experimental enclosures. *J. Plankton Research* 8:519-536.
- SCHOENBERG, S.A. & CARLSON, R.E. (1984). Direct and indirect effects of zooplankton in a hypereutrophic lake. *Oikos* 42:291-302.
- SEAMAN, M.T.; GOPHEN, M.; CAVARI, B.Z. & AZOULAY, B. (1986). *Brachionus calyciflorus* Pallas as agent for removal of *E. coli* in sewage ponds. *Hydrobiologia* 135:55-60.
- SHAPIRO, J. & CARLSON, R.E. (1982). Comment on the role of fishes in the regulation of phosphorus availability in lakes. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 39:364.
- SPATARU, P. & GOPHEN, M. (1985). Feeding behavior of silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* Val. and its impact on the food web in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia* 120:53-61.
- STARKWEATHER, P.L.; GILBERT, J.J. & FROST, T.M. (1979). Bacterial feeding by the rotifer *Brachionus calyciflorus*-Clearance and ingestion rates, behaviour and population dynamics. *Oecologia* 44:26-30.
- STARLING, F.L.R.M. & ROCHA, A.J.A. Experimental study of the impacts of planktivorous fishes on plankton community and eutrophication of a tropical Brazilian reservoir. *Hydrobiologia*. (no prelo).
- THRELKELD, S.T. (1987). Experimental evaluation of trophic-cascade and nutrient mediated effects of planktivorous fish on plankton community structure. In: Keerfood, W.C. & Sih, A. (eds). *Predation: direct and indirect impacts on aquatic communities*. Hanover, The Univ. Press of New England. p:171-183.
- (1988). Planktivory and planktivore biomass effects on zooplankton, phytoplankton and the trophic cascade. *Limnol. Oceanogr.* 33:1362-1375.
- VANNI, M.J. (1986). Fish predation and zooplankton demography indirect effects. *Ecology* 67:337-354.