

ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA DO ZOOPLÂNCTON EM RESPOSTA A UM GRADIENTE DE TROFIA NO RESERVATÓRIO DE FURNAS, MINAS GERAIS.

PINTO-COELHO, R.M.⁽¹⁾ & CORGOSINHO, P.H.⁽²⁾

A biomassa, abundância e o teor de lipídeos totais do zooplâncton, bem como a variação alométrica em *Argyrodiaptomus furcatus* foram investigados ao longo de um gradiente de trofia no Reservatório de Furnas. Verificou-se que os dados de biomassa e abundância refletem nitidamente este gradiente. Grandes cladóceros, tais como *Daphnia gessneri* e *Diaphanosoma* spp., foram mais abundantes no braço do Rio Sapucaí. Houve predomínio de indivíduos maiores de *A. furcatus* nas regiões mais eutróficas. Os teores de lipídeos totais do zooplâncton foram, ao contrário, mais elevados nas regiões centrais, mais oligotróficas. Estas diferenças indicam a existência de "forças" ecológicas distintas influenciando o zooplâncton. Deste modo, embora o zooplâncton seja menos abundante em regiões oligotróficas, os organismos destas regiões apresentam teores mais elevados de lipídeos. Este fato indica não somente que a qualidade do seu alimento é melhor como também que o zooplâncton das águas mais oligotróficas e transparentes constitui-se em uma melhor fonte de alimentos para os peixes.

SHIFTS IN ZOOPLANKTON COMMUNITY ALONG A TROPHIC GRADIENT IN FURNAS RESERVOIR, MG. Furnas Reservoir is the largest reservoir of Southeastern Brazil (lake surface is 1459 Km²). The distributions of abundance and biomass of zooplankton were studied along an environmental gradient in this lake. Larger cladocerans such as *Daphnia gessneri* and *Diaphanosoma* spp. were more abundant in the eutrophic Sapucaí arm. The calanoid *Argyrodiaptomus furcatus* exhibited a allometric pattern along this gradient. Larger individuals (adult, males) were found in the most eutrophic regions. An opposite trend was found with the lipid levels of zooplankton since higher values were measured in the zooplankton from the reservoir's oligotrophic regions. Zooplankton from eutrophic regions was more abundant whereas organisms from oligotrophic regions store more lipids in their bodies, and therefore could be a better food resource for their predators.

INTRODUÇÃO

O fato do zooplâncton ser um elo intermediário na cadeia pelágica de um ecossistema lacustre implica em estar sob constante influência dos níveis tróficos inferiores, ou seja, o chamado efeito do tipo *bottom up*, que vem de baixo para cima, bem como dos níveis tróficos superiores ou o efeito do tipo *top down*, que vem de cima para baixo (BERGQUIST et al., 1985). Sendo assim, não somente a qualidade e a disponibilidade das algas fitoplanctônicas, podem afetar a estrutura

¹ Depto. Biologia Geral / ICB - UFMG

² Depto. Biologia Geral / ICB - UFMG (CNPq - I.C.)

do zooplâncton como também o tipo e a quantidade de predadores que atuam sobre esta comunidade.

Nos grandes reservatórios brasileiros, há uma grande lacuna de dados à respeito de qual seja o papel do zooplâncton como recurso alimentar para os peixes. Sabe-se que alguns peixes, tais como o lambari, *Astyanax* spp., são capazes de ingerir organismos zooplancônicos (BARBOSA, 1982). No entanto, não se sabe se o zooplâncton é ou não o principal recurso alimentar dos peixes encontrados na zona pelágica destes ambientes.

Conhecer os mecanismos reguladores da abundância de organismos do zooplâncton em lagos tropicais é estabelecer as premissas básicas de um programa manejo sustentável nestes ambientes. Isto nos leva a seguinte pergunta: quais são os fatores que regulam a disponibilidade do zooplâncton num grande reservatório tropical?

A estruturação da comunidade via predadores tem sido objeto de alguns estudos clássicos da literatura (BROOKS & DODSON, 1965; ZARET & KERFOOT, 1975; LYNCH, 1979; LYNCH & SHAPIRO, 1981). Basicamente este impacto pode ser evidenciado através modificação dos padrões alométricos de algumas espécies do zooplâncton. Quando a predação é devida aos predadores invertebrados (i.e: *Chaoborus* spp.), há uma forte pressão sobre os organismos menores, tais como *Bosmina*, *Ceriodaphnia* e pequenos copepoditos (WILLIAMSON, 1980; 1983). Quando a predação é devida aos peixes, há uma forte pressão sobre os organismos maiores tais como os grandes cladóceros filtradores (*Daphnia* spp., *Diaphanosoma* spp. e *Moina* spp.) ou então copépodes ciclopóides e calanóides de maior porte (O'BRIEN, 1979).

Se por um lado os padrões alométricos podem ser reflexo de efeitos do tipo 'top down', como então verificar os possíveis efeitos vindos de níveis tróficos inferiores sobre a comunidade zooplancônica? Quando a comunidade é estruturada pela via 'bottom up', a disponibilidade de nutrientes pode estruturar a comunidade de produtores primários que por sua vez influenciaria ou mesmo definiria a composição e estrutura dos consumidores. Neste caso, o 'status' nutricional do zooplâncton, pode ser um importante instrumento a partir do qual inferências sobre os possíveis efeitos 'bottom up' podem ser feitas. A base teórica deste argumento reside no fato de que o zooplâncton armazena energia predominantemente sob a forma de lipídeos (GOULDEN & HENRY, 1988). Assim sendo, em regiões nas quais há uma maior abundância de alimentos, o zooplâncton estaria bem nutrido e, em consequência, os teores de lipídeos por unidade de biomassa seriam relativamente mais elevados do que regiões onde o alimento é limitante ou de qualidade inferior.

O presente estudo teve como objetivo geral comparar padrões alométricos e o 'status' nutricional do zooplâncton ao longo de um gradiente de trofia dentro do Reservatório de Furnas durante o período de seca. Assim sendo foram investigados:

- a- a composição e estrutura do (meso)zooplâncton no Reservatório de Furnas no eixo central e sub-eixo do Rio Sapucaí.
- b- a distribuição horizontal da abundância e biomassa do zooplâncton nestas mesmas áreas do reservatório.

c- os padrões alométricos em uma espécie de copépode calanóide de grande porte (*Argyrodiaptomus furcatus*) e a sua variação dentro deste gradiente horizontal.

d- o 'status' nutricional do zooplâncton através de conteúdo em lipídeos totais.

ÁREA DE ESTUDO

A presente investigação foi conduzida no reservatório de Furnas, situado no Rio Grande, sul de Minas Gerais. O lago é artificial e, com seus 1440 Km² de área inundada, é também o maior da região Sudeste. Este ambiente apresenta características peculiares pelo fato de ser formado pelo barramento do Rio Grande alguns quilômetros à jusante da junção do Rio Sapucaí. Sendo assim, este lago é constituído por duas sub-bacias muito distintas (Figura 1). A sub-bacia do Rio Grande drena cidades tais como Formiga, Perdões, Boa Esperança, Cristais, Pimenta e Capitólio e a sub-bacia do Rio Sapucaí que drena as águas provenientes de Elói Mendes, Fama, Alfenas, Campos Gerais, Alterosa e Carmo do Rio Claro, dentre outras. Enquanto que esta última sub-bacia é ocupada por intensa atividade agro-pastoril, destacando-se o cultivo intensivo do café, batata, cana, milho, laranja e soja; a sub-bacia do Rio Grande drena um planalto cristalino de terras inférteis ou de pecuária extensiva. Mais recentemente, o turismo tem se tornado uma das atividades principais desta micro-região.

Foram visitados sete pontos distintos do lago de Furnas, nos dias 25, 26, 27 e 29 de junho de 1994. A descrição destes pontos é a seguinte:

Ponto 1 (Mangueiras): situado no eixo central do reservatório, distante cerca de 3 Km da barragem, com profundidade de 56,5 m. O seu acesso é feito por barco a partir do ancoradouro da barragem. Tempo de acesso: 15 minutos.

Ponto 2 (Rio Turvo): situado entre Mangueiras e a confluência do Sapucaí ao Rio Grande. Acesso pela rodovia MG 050, na ponte sobre o rio do mesmo nome. A coleta foi feita em um ponto central da ponte. Profundidade 32,0 m.

Ponto 3 (Fazenda Shangrilá): situado à jusante da Confluência dos rios Grande e Sapucaí, a cerca de 20 Km de Mangueiras, possuindo uma profundidade máxima de 29,5m. Acesso à partir da Balsa de Guapé, por barco (25 min.).

Ponto 4 (Rio Grande): situado no eixo central do Rio Grande, próximo à junção com o Rio Sapucaí, a aproximadamente 10 Km de Shangrilá. Acesso por barco (30 minutos) à partir da Balsa do Guapé. Profundidade 54,5 m.

Ponto 5 (Balsa do Guapé): situado no Rio Sapucaí, logo antes de sua confluência com o Rio Grande. Profundidade 33,0 m. Acesso por barco (10 minutos) a partir do ancoradouro da balsa na estrada proveniente de Alpinópolis com destino a cidade de Guapé.

Ponto 6 (Itaci): situado no Rio Sapucaí. Acesso pela rodovia que liga a cidade de Carmo do Rio Claro ao povoado de Itaci, na altura da balsa. Largura do reservatório no local é de aproximadamente 1,5 Km, e a profundidade é 22,5m. Acesso por barco à partir do ancoradouro da balsa (5 min).

Ponto 7 (Fama) situado no Rio Sapucaí, próximo à ponte da rodovia Campos Gerais-Alfenas. Acesso por barco (aproximadamente 15 min.), e a profundidade do local é de 15,0 m.

METODOLOGIA

COLETAS DE CAMPO E CONTAGENS

Foram coletadas amostras de zooplâncton através de arrastos verticais em toda a coluna d'água, utilizando-se uma rede cônica de 22 cm de diâmetro e 90 mm de malha. As amostras foram acondicionadas em frascos de 200 ml de polietileno, contendo o corante vital Rosa de Bengala e formalina com sacarose (concentração final de 4% de formalina). Em cada ponto de coleta foi tomada a transparência da água com o auxílio de um disco de Secchi e a temperatura da água com o auxílio de um termistor.

Para a análise de lipídeos, o zooplâncton foi coletado através de arrastos verticais, com uma rede de maior envergadura (diâmetro de 0.80 m) e abertura de malha de 90 mm. As amostras foram acondicionadas caixas de Isopor com gelo, e deste modo, transportadas ao laboratório.

No laboratório foram feitas sub-amostragens de 1 ml com uma pipeta de Hensen-Stempel, sendo contados e medidos pelo menos 700 organismos em cada amostra, utilizando-se para isso uma cubeta reticulada de Sedgewick-Rafter, um microscópio Nikon e uma ocular micrometrada da marca Zeiss.

A determinação taxonômica foi feita baseada na seguinte bibliografia: PAGGI (1973, 1978; 1979); SENDACZ & KUBO (1982); MATSUMURA-TUNDISI (1983); SMIRNOV & TIMMS (1983); REID (1985_{a,b}); KOROVCCHINSKI & SEVERTSOV (1986); REID (1987); REID & PINTO-COELHO, 1994_{a,b}).

BIOMASSA

Para o cálculo da biomassa, foram adotados modelos alométricos utilizando-se a equação geral:

$$B = a.L^b$$

onde:

B - biomassa em mgPS (PS: peso seco)

L - comprimento em mm

a e b - constantes que variam segundo o organismo considerado.

Os coeficientes alométricos utilizados foram os seguintes (PINTO-COELHO, 1991): a = 6,0 e b = 3,62 (*Daphnia sp.*), a = 6,95 e b = 2,07 (*Diaphanosoma spp.*), a = 15,1 e b = 2,53 (*Bosmina spp.* e *Ceriodaphnia sp.*), a = 4,18 e b = 2,64 (cyclopoida), a = 6,81 e b = 2,11 (calanoida) e, finalmente, a = 1,64 e b = 0,57 (nauplii).

ESTUDOS ALOMÉTRICOS

Foram triados em Fama, Mangueiras, Itaci, Rio Turvo e Guapé pelo menos 30 adultos machos de *Argyrodiaptomus furcatus* que foram medidos individualmente e posteriormente classificados em diferentes classes de tamanho.

LIPÍDIOS

As amostras para as análises de lipídios foram congeladas em freezer (-20 °C) ainda dia da coleta. No laboratório, as amostras descongeladas e os organismos rapidamente transferidos para malhas de aço inox de 160 µm (para excluir o microzooplâncton menor 160 µm) e, assim, novamente recongelados para posterior liofilização.

Utilizou-se um liofilizador Edwards L5KR, a 10⁻² mbar de pressão, por 24 horas, segundo a técnica proposta por BERBEROVIC & PINTO-COELHO (1989). Em seguida, as amostras foram estocadas em dessecador com grande quantidade sílica gel azul, no escuro, até a data da análise.

Aliquotas aleatórias variando de 800 a 2500 µg de peso seco foram transferidas para micro-viais de alumínio, previamente tarados e mantidas numa placa ELISA em dessecador. Estes vials foram, a seguir, novamente pesados numa balança de alta precisão Mettler (0,00001 g). Tomou-se a precaução de sempre pesar um número reduzido de micro-viais em cada sessão de pesagem, evitando-se que uma exposição prolongada à umidade natural do laboratório causasse uma absorção de água, e por conseguinte, erro metodológico. Por segurança, repetiu-se cada pesagem em dias alternados.

As alíquotas sofreram, a seguir, digestão mecânica em micro homogeneizador de alta rotação com pistilo de vidro e extração química usando o ácido sulfúrico concentrado (Reagen, p.a.).

O teor de lipídeos foi determinado espectrofotometricamente através do método da complexação dos lipídios com a solução sulfo-fosfo-vanilina (ZOLLNER & KIRSCH, 1962).

RESULTADOS

TEMPERATURA DA ÁGUA E TRANSPARÊNCIA

A coluna d'água apresentou-se isotérmica (20 °C) na maioria dos pontos de coletas. Em Fama, foi observada uma ligeira estratificação da coluna d'água, que registrou 19,4 °C na superfície e 18,2 °C no fundo.

Os valores de transparência da água ilustram a variação da qualidade da água ao longo do eixo central e sub-eixo do Rio Sapucaí. As medidas de Secchi mostraram um decréscimo gradual da transparência da água à medida que se adentra no braço do Sapucaí: em Shangrilá (antes confluência do Sapucaí com o Rio Grande) a transparência foi de 4,0 m, na Balsa do Guapé foi de 3,30 m, em Itaci 2,5 e em Fama o disco de Secchi registrou cerca de 2,1 m. Já no eixo central, os

valores de transparência foram mais elevados: 7,0 m para o Rio Turvo, 5,0 m em Mangueiras e 6,0 m no Rio Grande.

ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DO ZOOPLÂNCTON

As abundâncias do zooplâncton total foram maiores no sub-eixo do Rio Sapucaí, aumentando no sentido B. do Guapé-Fama (Tabela 1). A localidade de Fama apresentou os maiores valores para o zooplâncton total (21085 ind/m³). Os pontos do eixo central (Mangueiras, Turvo e Shangrilá) exibiram densidades entre 3500 e 6500 ind/m³ e as menores densidades foram registradas no Rio Grande (1496 ind/m³).

Acentuadas diferenças ao nível dos principais gêneros foram também observadas. Os grandes cladóceros *Daphnia gessneri*, *Diaphanosoma spp.* e *Moina sp.*, por exemplo, foram muito mais abundantes em Fama e Itaci. Neste locais *Daphnia*, por exemplo, apresentou densidades sempre superiores a 1000 ind/m³, enquanto que no restante do reservatório, estes organismos não ultrapassaram os 100 ind/m³. De um modo geral, todos os outros organismos foram mais abundantes em Fama ou em Itaci.

Os calanóides foram proporcionalmente mais abundantes no eixo central (Mangueiras e Turvo) onde atingiram densidades elevadas, como os 722 ind/m³ observados no braço do Rio Turvo. No sub-eixo do Sapucaí suas abundâncias sempre ficaram abaixo dos 460 ind/m³.

Os ciclopóides, dominados por *Thermocyclops decipiens*, predominaram em Fama, tanto as formas jovens quanto os adultos. Os copepoditos e adultos atingiram um 'pico' em termos de densidade em Fama, com 7818 ind/m³. Nos demais pontos, estes organismos sempre ficaram com abundâncias inferiores a 2700 ind/m³.

Os valores de biomassa ressaltaram, ainda mais, a importância de grandes cladóceros filtradores (*Daphnia gessneri* e *Diaphanosoma spp.*) sobre os de pequeno porte (*Bosmina sp.* e *Ceriodaphnia cornuta*) em Furnas (Tabela 2). A contribuição de organismos herbívoros considerados de grande porte foi sempre maior do que 40% em todos os pontos amostrados. Entretanto, todos os cladóceros apresentaram elevadas biomassas no sub-eixo do Sapucaí, com os valores máximos sendo registrados em Fama.

Os calanóides, de modo inverso aos cladóceros, apresentaram a maior biomassa no Turvo (5862 mgPS/m³). O principal componente deste grupo sempre foi quase sempre *Argyrodiaptomus furcatus*. Os outros pontos do eixo central apresentaram valores intermediários na faixa 1000-2000 mgPS/m³. No sub-eixo do Sapucaí, foi também notado um aumento gradual das biomassas de calanóides, que passaram de 1548 mgPS/m³ na Balsa do Guapé a 2816 mgPS/m³ em Itaci, para chegar finalmente a 3778 mgPS/m³ em Fama (Tabela 2).

As biomassas de ciclopóides foram mais elevadas nas estações distais do sub-eixo do Sapucaí, onde chegaram a registrar 4873 mgPS/m³, enquanto que nas demais pontos de coleta estes valores se mantiveram abaixo dos 800 mgPS/m³.

É importante destacar que no sub-eixo do Sapucaí (B. do Guapé, Itaci e Fama) a contribuição de *Diaphanosoma spp.* e calanóides para a biomassa total

nunca passa de 40% sendo que este percentual abaixa no sentido Guapé-Itaci-Fama de 39 para 26% (Tabela 2). Já nas outras regiões, *Diaphanosoma* spp. e calanóides sempre perfazem mais do que 40% da biomassa total, chegando a um valor máximo de 79% no Turvo. Isto quer dizer que, excetuando-se Fama, estes dois organismos são os dominantes em termos de biomassa total.

O zooplâncton dito de pequeno porte (*Bosmina* sp., *Ceriodaphnia cornuta* e nauplii) permaneceu na faixa dos 31-35% da biomassa total na maioria dos pontos amostrados. Os extremos ocorreram no Turvo (11%) e na B. do Guapé com 47.8%

ALOMETRIA

Houve uma diferença nítida entre as médias dos comprimentos dos indivíduos machos de *Argyrodiaptomus furcatus* entre pontos amostrados (Tabela 3). Estes organismos apresentaram dimensões comparáveis em Mangueiras, Turvo e B. do Guapé, ao passo que predominaram indivíduos maiores em Fama e Itaci. Quanto aos outros dois pontos ainda não mencionados, Rio Grande e Shangrilá, não foram encontrados *A. furcatus* (machos) nesse estudo.

Fama se destacou por ter apresentado, quase que exclusivamente, indivíduos situados na classe de tamanho 1.41-1.60 mm, enquanto que em nos demais pontos, a classe de tamanho mais freqüente foi 1.21-1.4 mm (Tabela 3). Ressalva-se que em Itaci, o valor médio dos indivíduos desta classe foi maior que nos pontos restantes, o que já aponta para o predomínio de indivíduos maiores no sub-eixo do Sapucaí.

Para verificar se a estrutura alométrica sofre influência de curta duração ligadas, por exemplo, a migração vertical, foi feita uma campanha de 24 horas no braço do Rio Turvo. Foram realizadas cinco coletas no dia 22 de junho de 1994 nos seguintes horários: 12:00, 16:00, 20:00, 24:00 e 04:00 horas. Os resultados das análises alométricas em machos de *A. furcatus* obtidas nestas coletas indicam claramente não haver mudanças na estrutura alométrica desta espécie, sendo que as maiores freqüências sempre ocorreram na classe 1.21-1.40 mm em todos os horários, sem exceção (Tabela 4).

LIPÍDIOS

Os teores de lipídios do zooplâncton variaram de um mínimo de 4,5% sobre o peso seco total, em Fama, a um valor máximo de 15%, em Mangueiras (Tabela 5). Nos demais pontos do eixo central, os teores de lipídeos variaram entre 6,5% e 8,0%

No sub-eixo do Sapucaí, os valores de lipídios totais foram decrescendo gradualmente, passando de 8,5% na B. do Guapé para 6,0% em Itaci e, finalmente, atingindo 4,6% em Fama.

A análise de variância (ANOVA) conduzida a partir dos teores de lipídeos das diferentes estações de coleta revelou uma estatística F significativa ($F=15,73$, $P<0.001$). O teste de Tuckey revelou que o teor de lipídeos em Mangueiras (15%) se diferenciou de todos os demais pontos significativamente.

DISCUSSÃO

As diferenças na transparência da água podem muitas vezes serem vistas como conseqüências da variação do grau de trofia de um dado ecossistema (PINTO-COELHO, 1994). Os pontos distais do sub-eixo do Rio Sapucaí, Fama e Itaci, tiveram a menor transparência entre os pontos amostrados. Podemos notar que o braço do Rio Grande e confluência do Rio Grande com o Sapucaí (Shangrilá), apresentaram valores de do disco de Secchi bem superiores aos pontos do sub eixo do Sapucaí. Estas grandes diferenças em termos de transparência da água sugerem uma condição mais oligotrófica, na regiões centrais do lago.

SANTOS et al. (1994) encontraram densidades totais do mesozooplâncton mais elevadas em Furnas (Shangrilá) em 1992. Eles observaram abundâncias de mesozooplâncton variando entre 9980 e 60300 ind/m³, com os valores mais elevados ocorrendo na estação chuvosa. No presente estudo, a faixa de abundâncias encontrada se restringiu a faixa 1496 - 21085 ind/m³. Estas diferenças podem estar associadas a diferentes hipóteses: (a) em primeiro lugar, variações interanuais nas abundâncias do zooplâncton em um dado ambiente são muito comuns e, em alguns casos, podem ocorrer mudanças radicais na composição desta comunidade de um ano para o outro (PINTO-COELHO & ARAÚJO, 1995). Em segundo lugar, estas diferenças podem estar ligadas à diferentes técnicas de amostragem e contagem utilizadas nos dois trabalhos. De qualquer modo, esta comparação ilustra a necessidade de se conduzir estudos mais intensivos num ambiente tão complexo e de grande porte como Furnas.

Este trabalho traz o primeiro registro sobre os teores de biomassa no Reservatório de Furnas e é um dos primeiros a inventariar o zooplâncton de reservatórios mineiros em termos de biomassa. A faixa de variação dos valores integrados de biomassa para a coluna d'água (Tabela 2) ao longo do gradiente trófico estudado em Furnas foi de 0,027 (Rio Grande) a 0,332 gPS/m² (Fama). O alto valor da biomassa integrada obtido em Mangueiras (0,345 gPS/m²) pode ser explicado pela grande profundidade do local em relação aos outros pontos de coletas. O Reservatório da Pampulha, que é hipereutrófico, apresentou em 1994 uma média anual igual a 1,69 gPS/m² para o zooplâncton total, sendo que amplitude observada neste mesmo período foi de 0,28 a 4,02 pPS/m². Esta comparação indica claramente que a biomassa de Furnas ainda é típica de um lago oligo a mesotrófico. Deve ser registrado, contudo, que são muito esparsas as informações sobre o conteúdo de zooplâncton em termos de biomassa nos reservatórios brasileiros e, por conseguinte, deve-se evitar generalizações sobre o real significado destes números. Por outro lado, os dados de biomassa salientam inequivocamente a importância relativa do zooplâncton de grande porte neste estudo (Tabela 2).

Nítidas variações alométricas foram obtidas para *A. furcatus* entre os pontos de coletas. O predomínio de formas maiores nesta espécie também pode ser explicado por duas hipóteses alternativas: (a) a maior turbidez de Fama e Itaci pode dificultar a predação deste organismo por peixes zooplanctívoros que localizam e perseguem suas presas visualmente (ZARET & KERFOOT, 1975), causando assim uma seleção por maiores indivíduos desta espécie neste locais; (b) os organismos podem estar mais bem nutridos, uma vez que sendo mais eutrófica,

esta região poderia, em tese contar, com uma maior disponibilidade de alimentos. *A. furcatus* não foi detectado na B. do Guapé e em Shangrilá e apareceu em densidades relativamente baixas em Fama embora estudos recentes tenham relatado a presença desta espécie nestas regiões do reservatório (REID & PINTO-COELHO, 1994A). A independência da estrutura alométrica da população em relação à dinâmica de curta duração (i.e. migração diurna) indica que este parâmetro pode ser usado para comparações de padrões numa escala geográfica envolvendo todo o lago.

Os teores mais elevados de lipídeos nas regiões centrais e oligotróficas do reservatório podem ser consequência das diferenças na composição do zooplâncton entre as áreas estudadas. Nas regiões centrais, houve predomínio de calanóides enquanto que no sub-eixo do Sapucaí predominaram ciclopoídes e cladóceros.

Os teores de lipídeos do zooplâncton de águas continentais pode variar muito. Em *Daphnia* eles podem variar de 8 a 14% chegando a um máximo de 32% do peso seco total em *D. magna* (BLAZKA, 1966). Em calanóides, os teores de lipídeos variam um pouco mais amplamente, na faixa 9,5-30,0% (Farkas, 1958). Entretanto, a maioria dos estudos sobre a composição de lipídeos em zooplâncton de águas doces propõem uma faixa mais estreita de variação: 10-20% (VIJVERBERG & FRANK, 1976).

Estas diferenças nos teores de lipídeos poderiam também estar associadas a diferenças nos recursos alimentares disponíveis para o zooplâncton entre a região central e o sub-eixo do Sapucaí. Exames qualitativos do fitoplâncton indicaram a existência densidades mais elevadas de cianobactérias, tais como *Mycrocistis* spp., no sub-eixo do Sapucaí. Vários trabalhos têm demonstrado que as cianobactérias constituem-se num alimento no mínimo dificilmente metabolizável para a maioria dos microcrustáceos (MOORE, 1977; DE BERNARDI et al., 1981; LAMPERT, 1981).

É interessante a comparação do padrão alométrico encontrado em *A. furcatus* com os dados de lipídios. Os menores valores de lipídios na biomassa foram determinados nos locais onde houve predomínio de formas maiores deste calanóide. Este dados sugerem que o 'status' nutricional não pode explicar convenientemente a presença de indivíduos maiores em Itaci e em Fama, pois nestes locais os teores médios de lipídeos na biomassa do zooplâncton foram os menores encontrados. Assim sendo, talvez a proteção contra a predação conferida pela maior turbidez destas regiões mais eutróficas possa ser a explicação deste padrão. CARVALHO (1984) encontrou evidências de que a turbidez e a predação por peixes se interagem influenciando a estrutura populacional de *Daphnia gessneri* em lagos da Amazônia.

No entanto, o exposto acima deve ser considerado com certa cautela. Em primeiro lugar, este estudo apenas reflete uma situação particular encontrada no reservatório, típica provavelmente dos meses de inverno ou seca. É muito provável que os padrões acima assinalados sejam menos conspícuos na estação chuvosa, quando há uma grande influência das cheias dos rios que trazem nutrientes, sedimentos e organismos para o reservatório. Por outro lado, a situação encontrada durante os meses de seca talvez reflita melhor os processos

metabólicos internos do lago e, neste sentido, a seca seria um período ideal para se investigar a dinâmica própria da zona pelágica dos reservatórios formados por rios de grande variação sazonal em suas vazões.

Outra observação importante refere-se ao fato de que o padrão alométrico observado para *A. furcatus* não deve ser generalizado também para outras espécies do zooplâncton, mesmo para aquelas espécies de maior porte. Existem diferentes estratégias de fuga aos predadores (KERFOOT, 1977; 1978). A principal delas consiste em migrar verticalmente na coluna d'água: os organismos somente permanecem na superfície durante a noite e assim evitam a predação dos peixes que se orientam visualmente para localizar suas presas (ZARET & SUFFERN, 1976; GLIWICZ, 1986). Outras espécies podem desenvolver grande habilidade de fuga seja pela natação vigorosa seja pela camuflagem, etc. No entanto, *A. furcatus* é a maior espécie do zooplâncton em Furnas e, somente por este fato, deve ser investigada por constituir-se potencialmente num dos principais recursos alimentares utilizados pelos peixes. Neste sentido, é recomendável que se conheça mais a respeito da migração vertical diurna do zooplâncton em Furnas bem outros aspectos comportamentais e ecofisiológicos ligados a sua capacidade de fuga a predadores vertebrados e invertebrados.

Deve-se considerar também que o teor de lipídeos totais do zooplâncton não reflete necessariamente o 'status' nutricional de *A. furcatus*. Adicionalmente, estudos em andamento de nossa equipe indicam que existem variações diurnas nestes teores. Desta maneira, outra importante linha de pesquisa seria verificar, mais detalhadamente, os teores específicos de lipídeos nas diferentes espécies que compõem o zooplâncton em Furnas bem como sua dinâmica temporal.

A questão do tamanho do zooplâncton bem como a de sua composição bioquímica tem sido muito pouco explorada na região tropical. Acreditamos que estudos posteriores nesta linha poderão em muito contribuir para tentarmos responder a pergunta colocada no início do artigo sobre quais são os papéis da predação e do 'status' nutricional na estruturação da comunidade zooplânctônica.

CONCLUSÕES

A abundância e biomassa do zooplâncton podem ser usados como indicadores eficientes do estado trófico do lago de Furnas, o mesmo ocorrendo para os grande cladóceros *Daphnia* sp. e *Diaphanosoma* sp e copépodes.

Distintos padrões alométricos foram observados em relação ao calanóide *A. furcatus* que apresentou formas adultas maiores nas zonas mais eutrofizadas (Fama).

Os teores de lipídeos totais do zooplâncton foram mais elevados nas regiões centrais do reservatório sugerindo o zooplâncton destas áreas, embora menos abundante, seja mais rico em termos de reservas energéticas.

A variação do tamanho observada em adultos machos de *A. furcatus* parece ser reflexo de diferentes intensidades de predação, em detrimento de variações do status nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, P.M. Predação dos organismos zooplanctônicos pelo *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819 (Osteichthyes, Characidae), na Represa do Lobo (Broa), São Carlos -SP. Dissertação de mestrado, UFSCar. 128 p, 1982.
- BERBEREOVIC, R. & R.M. PINTO-COELHO . Dry first, measure later: a new procedure to preserve and measure zooplankton for ecophysiological studies. *Journal of Plankton Research* 11(5):1109-1116, 1989.
- BERGQUIST, A.M., S.R. CARPENTER & J.C. LATINO . Shifts in phytoplankton size structure and community composition during grazing by contrasting zooplankton assemblages *Limnology & Oceanography* 30(5):1037-1045, 1985.
- BLAZKA, P. The ratio of crude protein, glycogen and fat in the individual steps of the production chain. In: Hrbacek [ed.] *Hydrobiological studies I*. Prague. pp 395-409, 1966.
- BROOKS, J.L. AND S.I. DODSON. Predation, body size and composition of plankton. *Science* 150:28-35, 1965.
- CARVALHO, M.L. Influence of predation by fish and water turbidity on *Daphnia gessneri* population in a Amazonian foodplain lake, Brazil. *Hydrobiologia* 113:243-247, 1984.
- DE BERNARDI, R., G.GIUSSANI & E.L. PEDRETTI. The significance of blue-green algae as food for filterfeeding zooplankton: experimental studies on *Daphnia* spp. fed by *Microcystis aeruginosa*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21:477-483 , 1981.
- FARKAS, T. Estudos comparativos sobre a composição química em crustáceos inferiores e superiores (in Húngaro com resumo em alemão). *Annal. Biol. Tihany* 25:179-186, 1958.
- GLIWICZ, M.Z. Predation and the evolution of vertical migration in zooplankton. *Nature* 320(24):746-748, 1986.
- GOULDEN, C.E. & L. HENRY. Lipid energy reserves and their role in Cladocera. In: Meyers, D.G. & J.R. Strickler [eds.] *Trophic interactions within aquatic ecosystems*. AAA Selected Symposium. No 85, pp. 167-185, 1988.
- KERFOOT, W.C. Implications of copepod predation. *Limnology & Oceanography* 22(2):316-325, 1977.
- KERFOOT, W.C. Combat between predatory copepods and their prey: *Cyclops*, *Epischura* and *Bosmina*. *Limnology & Oceanography* 23(6):1089-1102, 1978.

- KOROVCHINSKI, N.M. & A.N. SEVERTSOV. On the taxonomy and geographical distribution of the superfamily Sidoidea, Baird, 1850 (Crustacea: Cladocera). Hydrobiologia 140:243-253, 1986.
- LAMPERT, W. Inhibitory and toxic effects of blue green algae on *Daphnia*. Int. Revue ges. Hydrobiol. 66:285-298, 1981.
- LYNCH, M. Predation, competition and zooplankton community structure. Limnology & Oceanography 24(2):253-272, 1979.
- LYNCH, M. & J. SHAPIRO. Predation, enrichment and phytoplankton community structure. Limnology & Oceanography 26(1):86-102, 1981.
- MOORE, R.E. Toxins from blue green algae. Bioscience 27:797-802, 1977.
- O'BRIEN, W.J. The predator prey interaction of planktivorous fish and zooplankton. American Scientist 67:572-581, 1979.
- PAGGI, J.C. Contribución al conocimiento de la fauna de cladoceros dulciacuícolas argentinos. Physis B. 32(81):105-111, 1973.
- PAGGI, J.C. Revision de las especies argentinas del genero *Diaphanosoma* Fischer (Crustacea, cladocera). Acta Zoologica Lilloana 33(1):43-65, 1978.
- PAGGI, J.C. Revision de las especies argentinas del genero *Bosmina* Baird agrupadas en el subgenero *Neobosmina* Lieder (Crustacea Cladocera). Acta Zoologica Lilloana 35:137-162, 1979.
- PINTO-COELHO, R.M. Zooplankton grazing in Lake Constance: *In situ* measurements of temporal variations, relative contributions of size fractions and major herbivores, regulatory factors of specific filtering rates and potential impact as loss factor for phytoplankton. PhD Thesis, Universität Konstanz, Konstanz 200p, 1991.
- PINTO-COELHO, R.M. & M.A.R ARAÚJO (sub). Efeitos da remoção de macrófitas sobre a disponibilidade de nitrato e amônia e o zooplâncton de um reservatório eutrófico raso. Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia da UFSCar, São Carlos, SP (neste volume).
- REID, J.W. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim Zoológico da USP 9:17-143, 1985.
- REID, J.W. Calanoid copepods (Diaptomidae) from coastal lakes, State of Rio de Janeiro, Brazil. Proceeding of the Biological Society of Washington 98(3):574-590, 1985.
- REID, J. W. *Scolodiaptomus*, a new genus proposed for *Diaptomus (sensu lato) corderoi* Wright, and description of *Notodiaptomus brandorfii*, a new species

- (copepoda calanoida), from Brazil. Journal of Crustacean Biology 7(2):364-379, 1987.
- REID, J.W. & R.M. PINTO-COELHO. Planktonic copepoda of Furnas Reservoir: Initial survey (1993) and a review of literature. in : Pinto-Coelho, R.M., A. Giani & E. von Sperling [eds.] Ecology and Human Impact on Lakes and Reservoirs in Minas Gerais. SEGRAC, Belo Horizonte. pp 93-114, 1994 a.
- REID, J.W. & R.M. PINTO-COELHO. An Afro-Asian continental copepod, *Mesocyclops ogunnus*, found in Brazil; with a new key to the species of *Mesocyclops* in South America and a review of intercontinental introductions of copepods. Limnologica 24(4):359-368, 1994 b.
- SENDACZ, S. & E. KUBO. Copepoda (calanoida e cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 9(único):51-89, 1982.
- SMIRNOV, N.N. & B.V. TIMMS. A revision of the Australian Cladocera (Crustacea). Records of the Australian Museum (Supl.) 1:1-132, 1983.
- VIJVERBERG, J. & T. H. FRANK. The chemical composition and energy contents of copepods and cladocerans in relation to their size. Freshwater Biology 6:333-345, 1976.
- WILLIAMSON, C.E. The predatory behavior of *Mesocyclops edax*: Predator preference, prey defences, and starvation induced changes. Limnology & Oceanography 25(5):903-909, 1980.
- WILLIAMSON, C.E. Invertebrate predation on planktonic rotifers. Hydrobiologia 104:385-396, 1983.
- ZARET, T.M. & W.C. KERFOOT. Fish predation on *Bosmina longirostris*: Body size selection versus visibility selection. Ecology 56:232-237, 1975.
- ZARET, T.M. & J.M. SUFFERN. Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. Limnology & Oceanography 21(6):804-813, 1976.
- ZOLLNER, N & K. KIRSCH. Ueber die quantitative Bestimmung von Lipoiden (Mikromethode) mittels der vielen natuerlichen Lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsamen Sulph-phosphovanilin Reaktion. Z. ges. exp. Med. Bd. 135:545-561, 1962.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo financiamento deste projeto e os biólogos da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, Dirceu Marzullo Ribeiro e Weber Pires de Sá Jr. pelo apoio logístico e pelo estímulo dados a este trabalho. Nossos agradecimentos aos mestrandos do curso de Ecologia e Manejo da Vida Silvestre (turma de 1994) pelo auxílio nas coletas de campo e pelas análises-piloto.

Tabela 1 - Abundância do zooplâncton no lago de Furnas (junho de 1994).

Organismo	Abundância (nº ind. / m ³)						R.G
	Fama	Itaci	Guapé	Mang	Turvo	Shang	
Daphnia	13310,00	1002,00	28,00	82,00	7,76	43,00	22,00
Diaphanosoma	873,00	777,00	411,00	493,00	372,67	237,00	100,00
Bosmina	623,00	1861,00	298,00	528,00	691,00	338,00	69,00
Ceriodaphnia	1580,00	20,00	0,00	35,00	0,00	7,00	24,00
Moina	62,00	0,00	14,00	0,00	0,00	7,00	2,00
Calanoida	457,00	368,00	312,00	446,00	722,06	180,00	69,00
Cyclopoida	7818,00	2639,00	2116,00	2303,00	1809,03	1210,00	291,00
Nauplii	8359,00	6629,00	5426,00	2573,00	691,00	1512,00	919,00
Total	21085,00	13296,00	8605,00	6460,00	4293,53	3537,00	1496,00

Tabela 2 - Biomassa do zooplâncton no lago de Furnas (junho de 1994).

Organismo	Biomassa (ugPs/ m ³)						R.G
	Fama	Itaci	Guapé	Mang	Turvo	Shang	
Daphnia	4606,06	3718,67	80,19	329,95	3,95	145,71	109,98
Diaphanosoma	2299,57	2030,16	1059,59	1290,24	923,73	686,24	216,39
Bosmina	614,00	1195,21	161,94	387,39	455,94	257,80	42,00
Ceriodaphnia	2145,28	27,08	-	81,30	-	8,18	46,05
Moina	72,28	-	8,36	-	-	6,42	4,50
Calanoida	3778,37	2816,53	1548,64	1919,15	5862,32	1002,38	366,73
Cyclopoida	4873,51	1186,62	739,64	774,66	786,59	581,99	96,71
Nauplii	5333,45	3986,47	2990,50	1498,04	494,71	949,34	507,02
Total	23722,52	14960,70	6588,86	6280,74	8527,23	3638,06	1389,39

Tabela 3 - Médias das frequências por classes de tamanho para *A. furcatus*, no lago de Furnas.

	Fama			Itaci			Guapé			Mang			Turvo		
	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n
0.0-0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.21-0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.41-0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.61-0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.81-1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.94	0	1
1.01-1.2	-	-	-	1.15	0.02	3	1.13	0.03	5	1.16	0.03	7	1.16	1.15	5
1.21-1.4	1.34	0	1	1.32	0.06	23	1.27	0.05	22	1.27	0.05	23	1.27	0.04	22
1.41-1.6	1.54	0.04	28	1.46	0.05	4	1.41	0	2	-	-	-	1.41	0	2
1.61-1.8	1.61	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.81-2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1.5	0.0	31	1.3	0.0	30	1.2	0.0	29	1.2	0.0	30	1.2	0.0	30
	3	6		2	9		5	9		4	6		5	5	

Tabela 4. (Primeira Parte) - Médias das frequências por classe de tamanho para *A. furcatus* do ciclo diurno, no Rio Turvo.

	12:00h			16:00h			20:00h			24:00h			04:00h			08:00h			
	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n	avg	std	n	
0.0-0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.21-0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.41-0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.61-0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.81-1.0	0.9	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.01-1.2	1.2	0.04	8	1.18	0.01	4	1.2	0.02	4	1.1	0.03	7	1.16	0.03	7	1.16	0.02	2	
1.21-1.4	1.3	0.04	19	1.29	0.05	25	1.3	0.04	26	1.3	0.05	23	1.27	0.06	23	1.3	0.06	28	
1.41-1.6	1.4	0	2	1.43	0	1	1.4	4E-10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.61-1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.81-2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	1.2	0.1	3	1.2	0.0	3	1.3	0.07	3	1.2	0.0	3	1.2	0.0	3	1.2	0.0	3	
		0	0		8	6	1		1		7	0		4	7	7	9	6	1

Tabela 5 Teores de lipídios totais do zooplâncton (% sobre peso seco) no reservatório de Furnas, MG.

amostras	Fama	Itaci	B. Guapé	R. Grande	Shangrilá	R. Turvo	Mangueira
a1	4.20	6.90	8.00	8.50	9.70	6.70	13.00
a2	4.60	5.50	6.70	-	6.20	7.80	17.00
a3	4.90	6.00	10.00	-	-	7.40	15.00
a4	-	-	9.40	-	-	4.20	15.00
a5	-	-	-	-	-	-	-
n	3.00	3.00	4.00	1.00	2.00	4.00	4.00
avg	4.57	6.13	8.53	8.50	7.95	6.53	15.00
std	0.29	0.58	1.28	0.00	1.75	1.40	1.41

avg: média; std: desvio padrão e n: número de amostras

Reservatório de Furnas, MG.

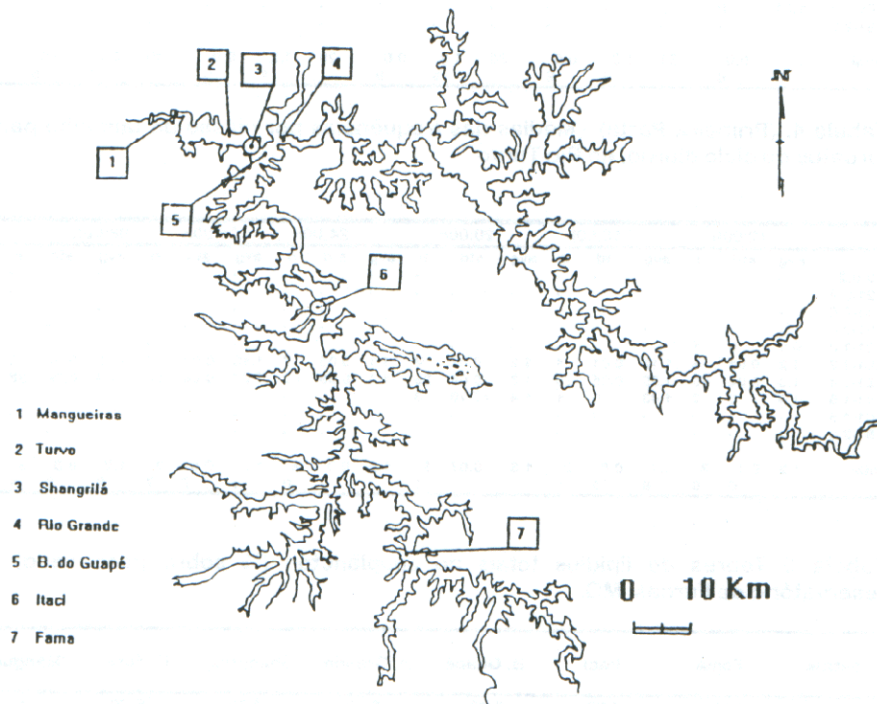


Figura 1 Reservatório de Furnas, indicando os pontos de coletas ao longo do eixo central e do sub-eixo Rio Sapucaí.