

Acta Limnol. Brasil.	Vol. II	587-604	1988
----------------------	---------	---------	------

RELAÇÕES ENTRE A BIOMASSA DO ZOOPLÂNCTON E O ESTADO TRÓFICO  
DE RESERVATÓRIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

ESTEVES, K.E.\* e SENDACZ, S.\*\*

RESUMO

O zooplâncton de 16 reservatórios do Estado de São Paulo foi estudado procurando-se estabelecer uma relação entre os valores médios de biomassa anual de cada grupo e o Índice de Estado Trófico de Carlson (IET) baseado nos valores médios anuais de clorofila-a. Foram testadas as correlações simples entre o IET e a biomassa de cada grupo da comunidade zooplanctônica, verificando-se correlações positivas significativas ao nível de 5% de probabilidade para o zooplâncton total ( $r = 0,78$ ), microzooplâncton constituído por rotíferos + náuplios, ( $r = 0,80$ ), macrozooplâncton-copepoditos + copépodos adultos + cladóceros ( $r = 0,52$ ). Copepoditos e adultos de copépodos ciclopóides apresentaram respectivamente,  $r = 0,81$  e  $0,83$ . Em relação aos copépodos calanóides, obtiveram-se, em relação ao IET, correlações negativas significativas ( $P < 0,05$ ) - náuplios ( $r = -0,60$ ), copepoditos ( $r = -0,50$ ) e adultos ( $r = -0,67$ ). Para os cladóce-

---

\* Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar

\*\* Instituto de Pesca - SAA

ros, a correlação com o IET não foi significativa ( $r = 0,27$ ). Os resultados obtidos mostram que os grupos zooplanctônicos respondem de formas diversas às condições tróficas do ambiente.

**ABSTRACT - RELATIONSHIPS BETWEEN ZOOPLANKTON BIOMASS AND TROPHIC STATE OF RESERVOIRS OF THE STATE OF SAO PAULO.**

The zooplankton of 16 reservoirs of the State of Sao Paulo was studied in order to determine a relationship between annual mean values of biomass of each group and Carlson's TSI (Trophic State Index) based on annual mean values of chlorophyll-a. Positive and statistically significant ( $P < 0.05$ ) simple correlations were obtained between increasing trophic state and: total zooplankton biomass ( $r = 0.78$ ); microzooplankton (rotifers + nauplii,  $r = 0.80$ ); and macrozooplankton (cladocerans + copepodites + adult copepods,  $r = 0.52$ ). For copepodites and adult cyclopoid copepods, positive and significant ( $P < 0.05$ )  $r$  values of 0.81 and 0.83 were obtained. Biomass of calanoid copepods was significantly ( $P < 0.05$ ) and negatively correlated to trophic state: nauplii ( $r = -0.60$ ), copepodites ( $r = -0.50$ ) and adults ( $r = -0.67$ ). Biomass of cladocerans was not significantly correlated to TSI ( $r = -0.27$ ). The results obtained demonstrate that zooplankton groups respond differently to trophic conditions of the environment.

**INTRODUÇÃO**

Durante o ano de 1979, 16 represas do Estado de São Paulo foram estudadas em relação às suas características físicas, químicas e biológicas. Mais especificamente em relação ao zooplâncton, foram estudadas as características ta

xonômicas da comunidade de copépodos (SENDACZ & KUDO, 1977) e a composição da comunidade zooplanctônica e sua relação com parâmetros físicos e químicos (SENDACZ et al., 1985). Verificou-se a partir destes estudos, que as represas estudadas apresentavam diferentes estados tróficos.

Trabalhos que caracterizam lagos e represas baseados na comunidade zooplanctônica são comuns; no entanto, são raros os que tentam relacionar mudanças na referida comunidade com variações do estado trófico, podendo citar-se os de PEDERSON et al. (1976), BAYS & CRISMAN (1983) e BLANCHER (1984).

A biomassa dos organismos zooplanctônicos pode ser expressa em  $\mu\text{g}$  de carbono/ $\text{m}^3$ , o qual é altamente correlacionado ao peso seco (SCHRAM & SCHMITZ, 1983). No entanto, vários fatores ocasionam a variação no teor de carbono de determinada espécie, tais como a época do ano, temperatura e alimento disponível (ROCHA, 1983). Da mesma maneira, as relações peso-comprimento também não são constantes, podendo variar para a mesma espécie em relação à temperatura e disponibilidade de nutrientes (ROCHA, op. cit.), ou devido a diferenças nas condições físicas do habitat (DUMONT et al., 1975); assim, copépodos e cladóceros da zona litoral podem apresentar peso mais elevado do que espécies limnéticas do mesmo tamanho.

Estes fatos levaram-nos a verificar, além das relações entre a biomassa dos organismos zooplanctônicos e estado trófico das represas estudadas, as relações entre este último e dados de densidade numérica, para efeitos comparativos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dados relativos à comunidade zooplanctônica dos reservatórios estudados tais como composição específica, densidade numérica, abundância relativa dos principais grupos,

foram determinados a partir de coletas trimestrais, em 1979, assim como aqueles de parâmetros físicos e químicos (MAIER & TAKINO, 1985a e 1985b; SENDACZ et al., 1985).

O estado trófico foi calculado através do Índice de Estado Trófico de Carlson (IET) (CARLSON, 1977), com base em dados de clorofila-a, sem correção para faeofitina. Segundo este autor, este índice, na prática, pode ser usado como padrão de classificação quanto ao estado trófico, podendo se utilizar medidas de diversos parâmetros químicos e biológicos.

A biomassa dos organismos zooplanctônicos foi calculada para cada espécie, multiplicando-se o peso seco de um indivíduo pela densidade média anual; os valores de peso seco foram obtidos na literatura (DUMONT et al., 1975; BOTTRELL et al., 1976) e, nos casos em que estes não estavam disponíveis, a partir de medidas de comprimento, previamente obtidas.

Para a análise estatística foi calculado o coeficiente de correlação linear de Pearson entre o IET e a biomassa, e densidade numérica de cada grupo zooplanctônico, tendo sido realizada transformação logarítmica apenas para os copépodos calanóides. Foram ajustadas retas de regressão para cada grupo, apenas para mostrar a tendência geral de distribuição dos pontos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a Tab. 1, as médias de clorofila-a variaram, nas represas estudadas, de 15,81 a 289,21 mg/m<sup>3</sup>, resultando em variação do índice de estado trófico de 58 a 86.

De um modo geral, 2 represas (Riacho Grande e Rio das Pedras) podem ser consideradas como as mais eutróficas, sendo que as restantes se situam numa faixa de variação relativamente estreita, variando de 58 a 67.

As Tab. 2 e 3 mostram respectivamente as correla-

ções entre o IET e a biomassa e densidade numérica de cada grupo da comunidade zooplanctônica. Em relação à biomassa, verificaram-se correlações positivas significativas ao nível de 1% de probabilidade para o zooplâncton total, microzooplâncton (rotíferos + náuplios) e macrozooplâncton (copepoditos, copépodos e cladóceros). Em ambos os casos as correlações mais altas foram obtidas para o grupo dos copépodos ciclopidés, ao passo que, para os copépodos calanóides, obtiveram-se correlações negativas significativas ao nível de 5%. Quanto aos cladóceros, a correlação não foi significativa. Esses resultados mostram que os grupos zooplanctônicos respondem de formas diversas às condições tróficas do ambiente.

Tabela 1 - Valores médios anuais de clorofila-a (em  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) e valores correspondentes do Índice do Estado Trófico de Carlson.

Represa	Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) (média anual)	Índice Estado Trófico (IET)
Ponte Nova	41,97	67,0
Riacho Grande	255,39	85,0
Rio das Pedras	289,21	86,0
Guarapiranga	18,37	59,0
Parque Ecológico	24,50	62,0
Itupararanga	15,81	58,0
Águas Claras	35,26	65,0
Juqueri	31,95	64,6
Batista	48,91	69,0
São José	39,74	67,0
França	40,91	67,0
Fumaça	32,30	64,7
Alecrim	16,87	58,0
Serraria	44,41	67,7
Itapeva	44,92	68,0
Funil	91,90	66,7



Tabela 2 - Valores dos coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a biomassa e o IET, e resultados do teste de hipótese.

	$r$	P
Zooplâncton total	0,78	<0,01
Microzooplâncton	0,82	<0,01
Macrozooplâncton	0,52	<0,05
Rotifera	0,80	<0,01
nauplio Cyclopoida	0,69	<0,01
copepodito Cyclopoida	0,81	<0,01
adulto Cyclopoida	0,83	<0,01
nauplio Calanoidea (log)	0,60	<0,05
copepodito Calanoidea (log)	0,50	<0,05
adulto Calanoidea (log)	0,67	<0,01
Cladocera	0,27	N.S.

Tabela 3 - Valores dos coeficientes de correlação entre a densidade numérica e o IET, e resultados do teste de hipótese.

	$r$	P
Zooplâncton total	0,88	<0,01
Microzooplâncton	0,89	<0,01
Macrozooplâncton	0,30	N.S.
Rotifera	0,90	<0,01
nauplio Cyclopoida	0,70	<0,01
copepodito Cyclopoida	0,81	<0,01
adulto Cyclopoida	0,79	<0,01
nauplio Calanoidea	-0,62	<0,05
copepodito Calanoidea	-0,60	<0,05
adulto Calanoidea	-0,55	<0,05
Cladocera	-	N.S.

Ainda segundo a Tab. 1, verifica-se que algumas represas apresentaram uma elevada biomassa de algas, estimada pelos altos teores de clorofila-a. No entanto, tanto medidas de clorofila, quanto de carbono total particulado no seston não fornecem uma estimativa da concentração de partículas disponíveis para a alimentação dos filtradores zooplânctônicos (ROCHA & DUNCAN, 1985). Uma grande fração da biomassa algal é constituída por algas nutricionalmente não adequadas e/ou tóxicas, tais como cianofíceas filamentosas e o dinoflagelado *Peridinium*, as quais inibiriam a filtração, principalmente dos organismos maiores do zooplâncton (GLIWICZ, 1977; WEBSTER & PETERS, 1978).

De acordo com XAVIER (1985), nas 16 represas estudadas, a alga cianofícea *Microcystis* ocorreu em 88% do total de amostras, sendo juntamente com *Anabaena* responsável por elevadas densidades nas represas Ponte Nova, Rio das Pedras, Guarapiranga, Itupararanga, São José, Batista, Funil e Itapeva. Ainda segundo a mesma autora, *Peridinium* também apresentou grande freqüência de ocorrência (76%), sendo quantitativamente importante nas represas Parque Ecológico do Tietê, Batista e Itapeva.

Quanto à composição do zooplâncton, verificou-se que os rotíferos dominaram na maioria das represas; copépodos ciclopóides foram mais importantes que copépodos calanóides, com poucas exceções, sendo que este último grupo não ocorreu nas represas com IET mais elevado (Riacho Grande e Rio das Pedras, Tab. 1). Quanto aos cladóceros, estes foram mais importantes que os copépodos em 9 represas, mas atingiram abundâncias relativas elevadas somente em Parque Ecológico do Tietê, Itupararanga e Alecrim (SENDACZ et al., 1985).

Na maioria dos reservatórios estudados, a porção mais significativa do zooplâncton total foi constituída pelo microzooplâncton, o qual apresentou, em relação ao macrozooplâncton, melhores correlações com o IET (Fig. 1).

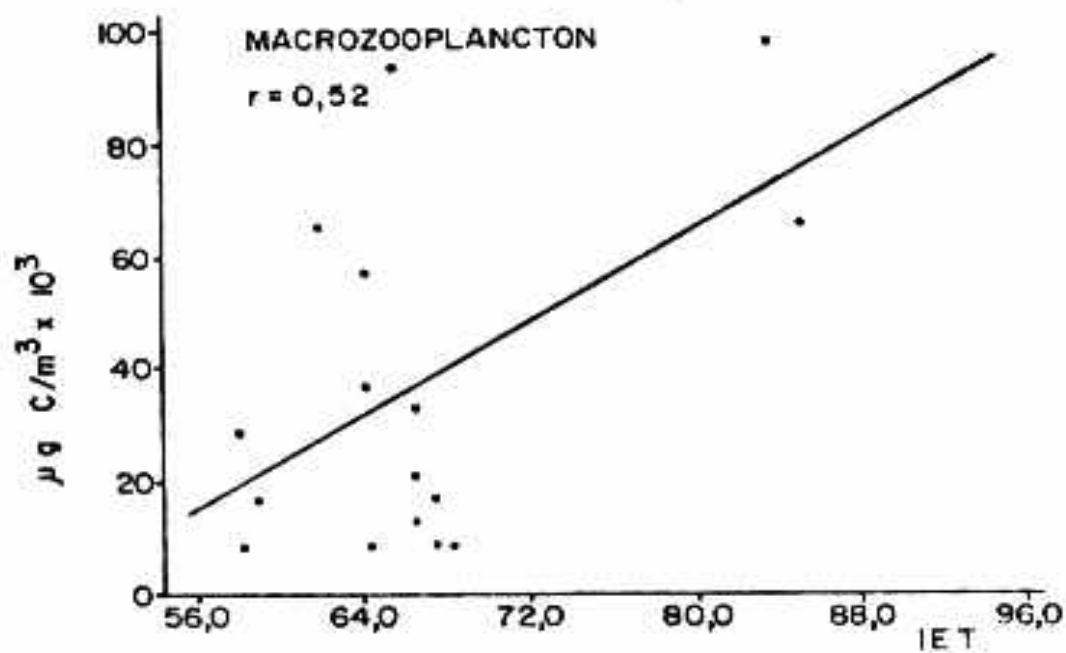
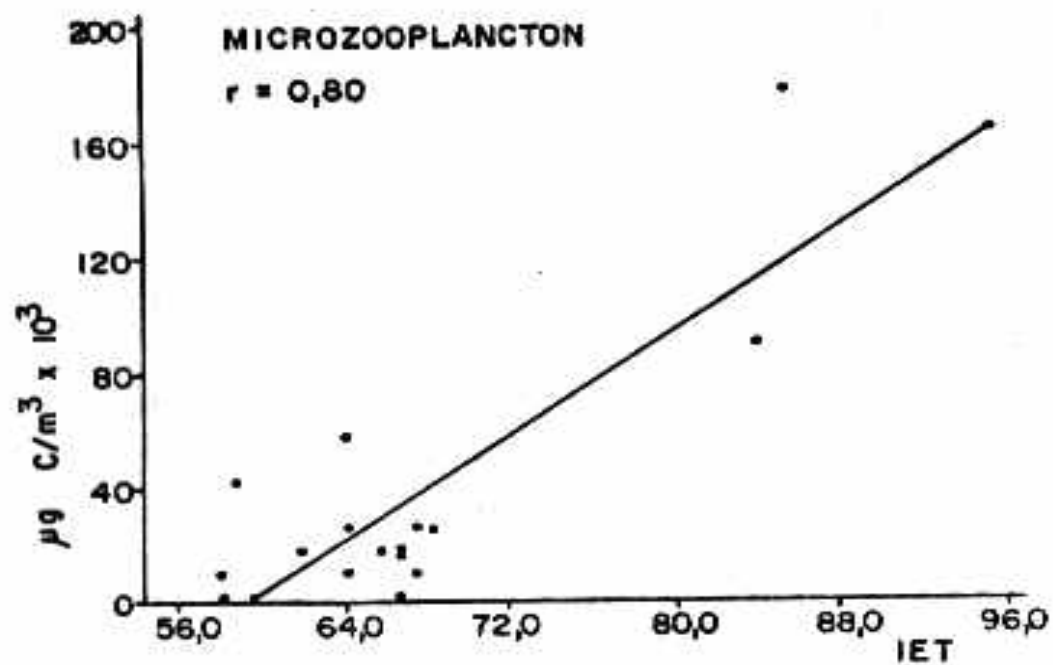


Figura 1 - Relação entre a biomassa do microzooplâncton e macrozooplâncton e o Índice do Estado Trófico.



Vários fatores influem na dominância de espécies de menor tamanho no zooplâncton de ambientes mais eutrofizados. Segundo PEJLER (1983), com o aumento do estado trófico, os organismos especializados em alimentarem-se de pequenas partículas são favorecidos e, conseqüentemente, uma porção cada vez maior do alimento consistirá de bactérias. Essa mudança no padrão de cadeia alimentar com a eutrofização foi também assinalada por outros autores (HILLBRICHT-IKOWSKA, 1972 apud PEDERSON et al., 1976; PORTER, 1977; BAYS & CRISMAN, 1983); dessa maneira, quanto menores as dimensões dos organismos zooplanctônicos, maior sua dependência de bactérias como fonte alimentar.

Segundo PORTER & McDONOUGH (1983), as formas menores apresentam maiores taxas de filtração quando o alimento não é limitante; esse fator também contribuiria para favorecer o microzooplâncton com a eutrofização.

Da mesma maneira, a baixa correlação positiva entre a biomassa do macrozooplâncton e o IET poderia ser um reflexo do decréscimo da disponibilidade alimentar nanoplancônica com o avanço do estado trófico ou seja, algas adequadas a esses macrofiltradores. McCAULEY & KALFF (1981) e BAYS & CRISMAN (1983) também enfatizaram a falta de uma forte relação positiva entre biomassa de crustáceos e eutrofização.

As Fig. 2 e 3 mostram, respectivamente, as relações entre a biomassa de rotíferos, náuplios, copepoditos e adultos de copépodos ciclopóides e o IET. Mais uma vez constata-se o predomínio de microconsumidores (rotíferos e náuplios) em ambientes mais eutróficos, freqüentemente citado na literatura. Quanto aos copépodos ciclopóides, provavelmente não seriam desfavorecidos com a eutrofização pois, sendo predadores e não filtradores, agarram a presa, podendo ingerir, dessa maneira, algas cianofíceas filamentosas ou coloniais que predominam em ambientes mais eutróficos, e inadequadas aos outros organismos do zooplâncton.

A distribuição da biomassa de copépodos calanóides ao longo do gradiente trófico pode ser descrita, após trans

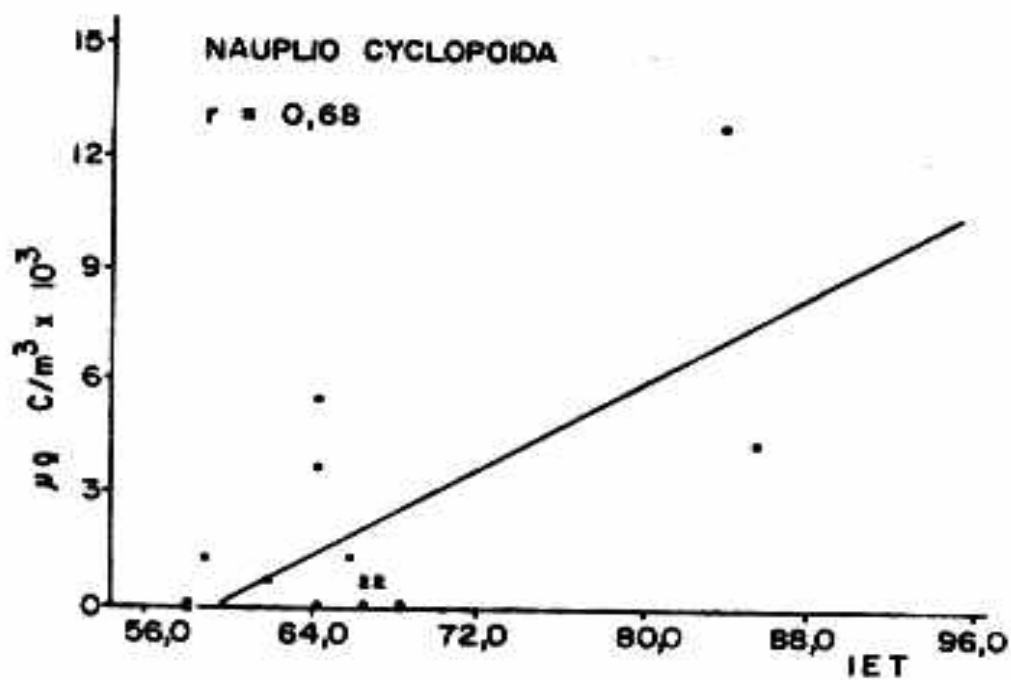
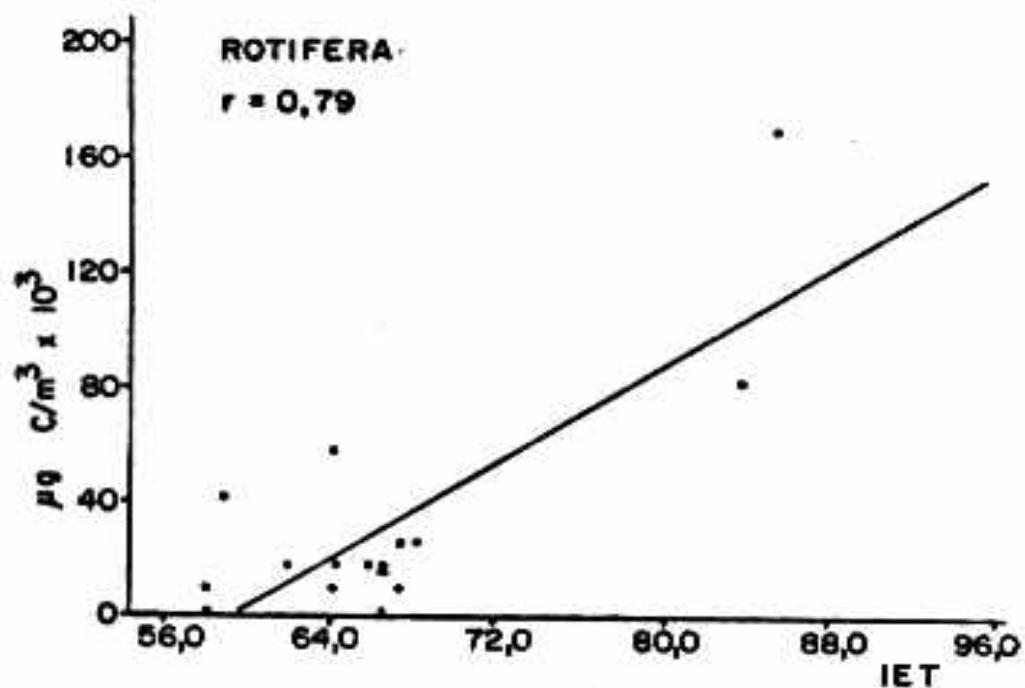


Figura 2 - Relação entre a biomassa de rotíferos e náuplios de copépodos ciclopoídes e o Índice de Estado Trófico (IET).

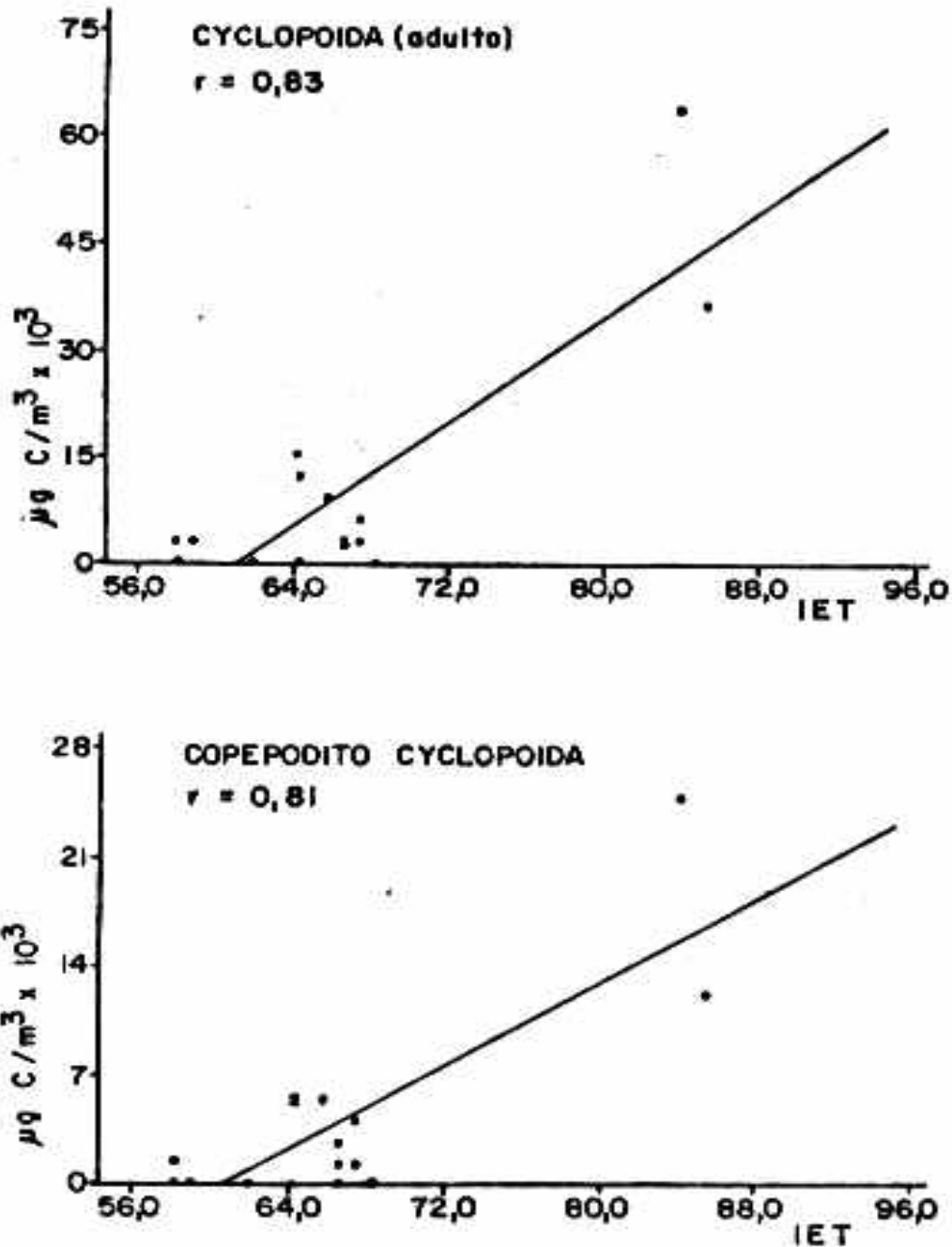


Figura 3 - Relação entre a biomassa de copépodos ciclopoídes-copepoditos e adultos e o Índice de Estado Trófico (IET).

formação logarítmica, por uma correlação significativa negativa (Fig. 4 e 5). Este fato pode ser explicado pelo decréscimo, ou mesmo a não ocorrência desses organismos em águas mais eutrofizadas. Neste estudo, os copépodos calanóides não ocorreram em represas que apresentaram IET mais elevados, tendo ocorrência significativa nas represas cujo IET não foi tão elevado. Esses organismos são filtradores seletivos e, segundo RICHMAN & DODSON (1983), capazes de selecionar as formas adequadas e evitar as inadequadas para a alimentação. No processo de eutrofização, a biomassa de fitoplâncton aumenta, porém, mais significativamente a do microfitoplâncton (geralmente cianofíceas) do que a do nanofitoplâncton. As algas cianofíceas apresentam baixo valor nutritivo e, por vezes, toxicidade (PORTER, 1977; LAMPERT, 1982), tornando-se pouco aproveitáveis para os macrofiltradores.

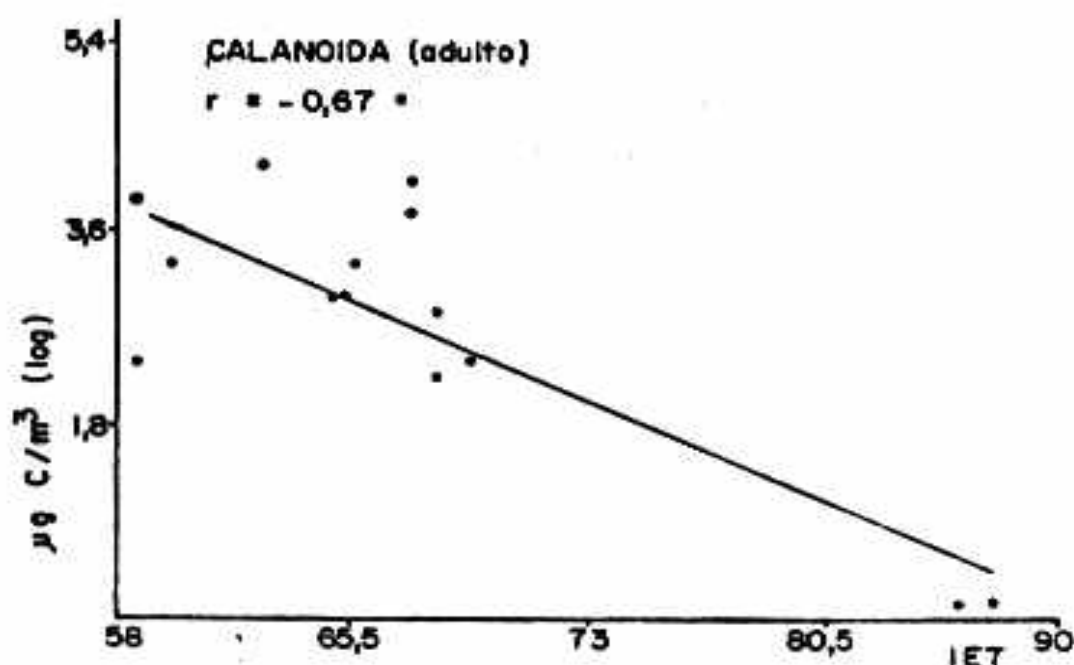


Figura 4 - Relação entre a biomassa de adultos de copépodos calanóides e o Índice de Estado Trófico (IET).

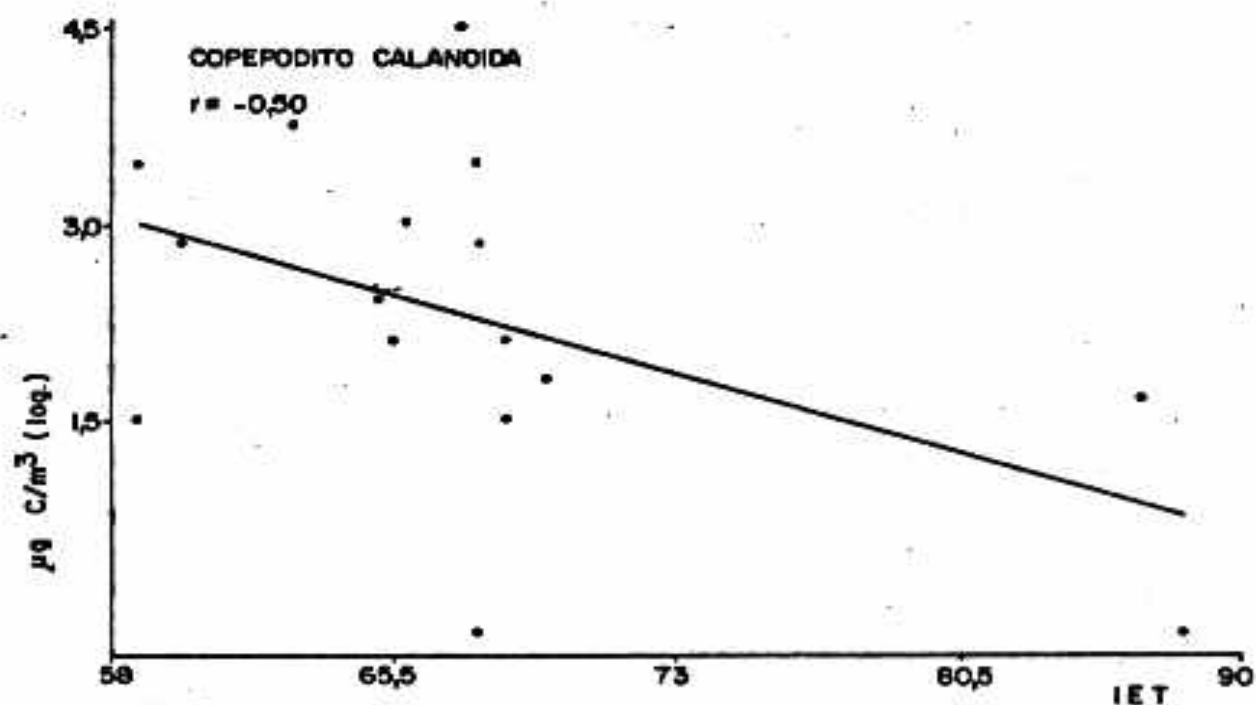
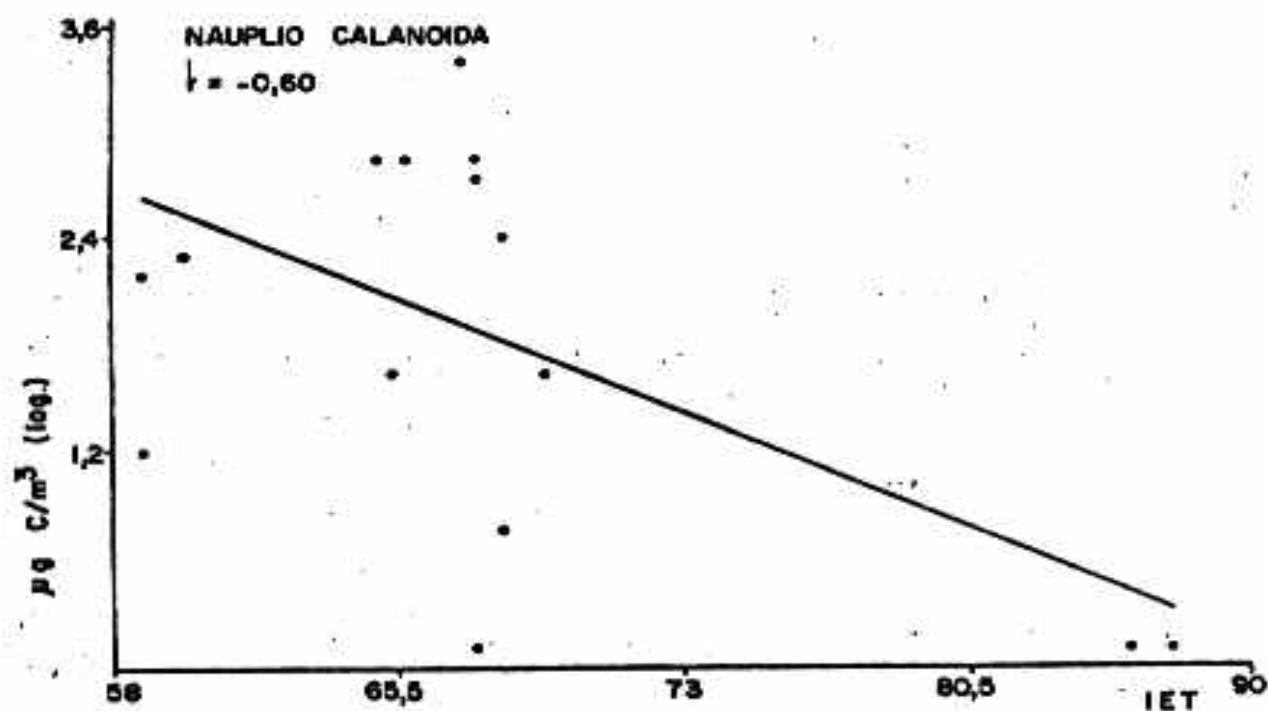


Figura 5 - Relação entre a biomassa de copêpodos calanóides-náuplios e copepoditos e o Índice de Estado Trófico (IET).



Quanto aos cladóceros, foram importantes no zooplâncton total somente nas represas com IET mais baixo. Para este grupo, foi verificado ausência de correlação entre a biomassa e densidade numérica e o IET (Tab. 2 e 3 e Fig. 6). Este fato talvez possa ser explicado pelas formas e estratégias diversas que esse grupo de organismos apresenta. Como a partícula filtrada é diretamente proporcional ao tamanho, componentes dos cladóceros poderiam ser considerados microfiltradores (como por exemplo *Bosmina*), ou macrofiltradores (como *Daphnia*), apresentando diferenças específicas também em relação à qualidade de alimento ingerido, e, dessa maneira, estratégias diferentes num ambiente eutrófico. Assim, foram testadas individualmente as densidades numéricas de *Bosmina* e *Daphnia* em relação ao IET, sendo obtidas correlações mais significativas ( $r = 0,81$  e  $0,64$ , respectivamente).

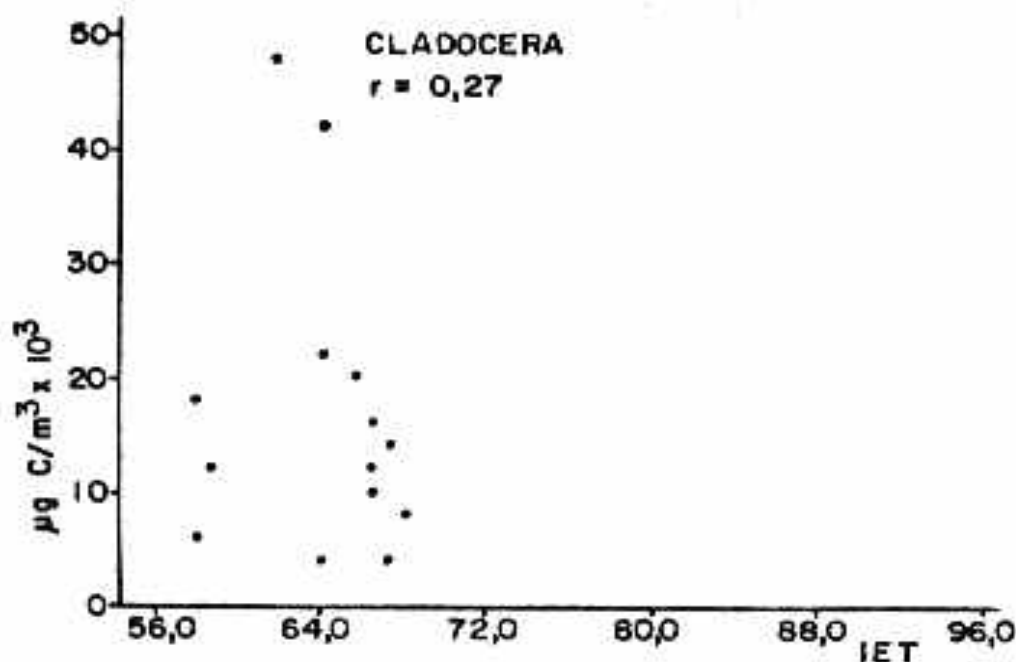


Figura 6 - Relação entre a biomassa de cladóceros e o Índice de Estado Trófico (IET).

A seleção ou rejeição do alimento é realizada de formas diferentes por estes cladóceros. Desta maneira, o ato de rejeição em *Daphnia*, tem um alto custo metabólico, aumentando a taxa respiratória e reduzindo a capacidade reprodutora na presença de algas inadequadas, comuns em ambientes mais eutrofizados; a habilidade em competir com outros organismos filtradores, mais seletivos e que não apresentam reação de rejeição (copépodos calanóides), também decresceria (EDMONDSON & LITT, 1982; PORTER & McDONOUGH, 1983).

Deste modo, com a eutrofização e o conseqüente predomínio de algas cianofíceas, espécies maiores de cladóceros - *Daphnia* - seriam mais afetadas, reduzindo a energia destes organismos para o crescimento e reprodução, favorecendo espécies de tamanhos menores, como *Bosmina* (PORTER e McDONOUGH, op. cit.). Tal fato explicaria a correlação mais alta de *Bosmina* com o IET.

Comparando-se os dados obtidos neste estudo com outros também realizados em região sub-tropical, como na Flórida (BAY & CRISMAN, 1983), verifica-se que algumas correlações entre os grupos zooplancctônicos e o estado trófico das represas foram semelhantes e outras mais significativas. Os resultados obtidos na maioria dos estudos em zona temperada são explicados pela disponibilidade alimentar para o macrozooplâncton mas, mais enfaticamente, pela predação de peixes planctófagos sobre essa fração do zooplâncton (BROOKS & DODSON, 1965; EDMONDSON & LITT, 1982; BAYS & CRISMAN, 1983).

Em nossa região, a composição da comunidade zooplancctônica parece estar mais relacionada à disponibilidade alimentar, não em termos de abundância, mas sim de qualidade do alimento, uma vez que a ocorrência de peixes exclusivamente planctófagos em nossas represas não é comum.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYS, J.S.; CRISMAN, T.L. Zooplankton and trophic state

- relationships in Florida lakes. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 40: 1813-9, 1983.
- BLANCHER, E.C. Zooplankton - trophic state relationships in some north and central Florida lakes. *Hydrobiologia*, 109: 251-63, 1984.
- BOTTRELL, H.H.; DUNCAN, A.; GLIWICZ, Z.M.; GRYGIEREK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOSKA, A.; KUROSAWA, H.; LARSON, P.; WEGLENSKA, T. A review of some problems in zooplankton studies. *Norw. J. Zool.*, 24: 419-56, 1976.
- BROOKS, J.L. & DODSON, S. Predation, body size and composition of the plankton. *Science*, 150: 28-35, 1965.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 22 (2): 361-9, 1977.
- DUMONT, H.J.; VAN de VELDE, I.; DUMONT, S. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19: 75-97, 1975.
- EDMONDSON, W.T. & LITT, A.H. Daphnia in Lake Washington. *Limnol. Oceanogr.*, 27 (2): 272-93, 1982.
- LAMPERT, W. Further studies on the inhibitory effect of the toxic blue-green *Microcystis aeruginosa* on the filtering rate of zooplankton. *Arch. Hydrobiol.*, 95: 207-20, 1982.
- MAIER, M.H. & TAKINO, M. Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. III. Qualidade da água. *B. Inst. Pesca*, 12 (1): 45-73, 1985.
- \_\_\_\_\_. Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. IV. Nutrientes e clorofila-a. *B. Inst. Pesca*, 12 (1): 75-102, 1985.
- MCCAULEY, E. & KALFF, J. Empirical relationships between

- phytoplankton and zooplankton biomass in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 458-63, 1981.
- PEDERSON, G.L.; WELCH, E.B.; LITT, A.H. Plankton secondary productivity and biomass: their relation to lake trophic state. *Hydrobiologia*, 50 (2): 129-44, 1976.
- PEJLER, B. Zooplankton indicators of trophy and their food. *Hydrobiologia*, 101: 111-4, 1983.
- PORTER, K.G. The plant-animal interface in freshwater ecosystems. *Amer. Sci.*, 65: 159-70, 1977.
- PORTER, K.G. & McDONOUGH, R. The energetic cost of response to blue-green algal filaments by cladocerans. *Limnol. Oceanogr.*, 29 (2): 365-9, 1984.
- RICHMAN, S. & DODSON, S.I. The effect of food quality on feeding and respiration by *Daphnia* and *Diaptomus*. *Limnol. Oceanogr.*, 28 (5): 948-56, 1983.
- ROCHA, O. *The influence of food-temperature combination on the duration of development, body size, growth and fecundity of Daphnia species.* London, University of London, 1983. 337p. (Tese)
- ROCHA, O. & DUNCAN, A. The relationship between cell carbon and cell volume in freshwater algal species used in zooplankton studies. *J. Plankton Res.*, 7 (2): 279-94, 1985.
- SCHRAM, M.D. & SCHMITZ, E.H. Correlation of total organic carbon and dry weight data as indices of freshwater zooplankton biomass. *Hydrobiologia*, 106: 283-4, 1983.
- SENDACZ, S. & KUBO, E. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *B. Inst. Pesca*, 9: 151-89, 1982.

- SENDACZ, S.; KUBO, E.; CESTAROLLI, M.A. Limnologia de reservatórios do Sudeste do Estado de São Paulo. VIII. Zooplâncton. *B. Inst. Pesca*, 12 (1): 187-207, 1985.
- WEBSTER, K.E. & PETERS, R.H. Some size dependent inhibitions of larger cladoceran filters in filamentous suspensions. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 1238-45, 1978.
- XAVIER, M.B.; MONTEIRO JR., A.J.; FUJIARA, L.P. Limnologia de reservatórios do Sudeste do Estado de São Paulo. VII. Fitoplâncton. *B. Inst. Pesca*, 12 (1): 145-86, 1985.

#### ENDEREÇO DOS AUTORES

ESTEVES, K.E.

Universidade Federal de São Carlos  
Departamento de Ciências Biológicas  
13560 São Carlos - SP

SENDACZ, S.

Instituto de Pesca - SAA Estado de São Paulo  
Av. Francisco Matarazzo, 455  
05001 São Paulo - SP