

IMPACTO DA PREDACÃO POR PEIXES E COPÉPODES NA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA DO RESERVATÓRIO DO MARANHÃO (PORTUGAL)

Maria Cristina Crispim

Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, Caixa Postal 5122, 58051-970 João Pessoa, PB, Brasil.

Maria José Boavida

Departamento de Zoologia, Bloco C2, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal.

ABSTRACT

Fish and copepod predation impact on zooplankton community. This work analysed the fish predation impact on a zooplankton community in Maranhão Reservoir, Portugal. Plastic enclosures were put on the reservoir and the communities of rotifer, cladoceran and copepod, inside and outside the enclosure were compared. Fecundities in the three groups and body length, only on crustaceans, were compared. Rotifers presented lower densities inside the enclosure, due the higher density peaks of the rotifer *Asplanchna brightwelli* and the copepod *Acanthocyclops robustus*, both predators. Cladocerans and copepods were both selectively predated in relation of bigger size and the presence of eggs. Copepod males were selectively predated, but not the females. This means that females are big enough to be always seen and only the bigger males were eaten.

Keywords: Zooplankton, predation, fish.

Descritores: Zooplâncton, predação, peixe

INTRODUÇÃO

O Reservatório do Maranhão fica localizado na Bacia do Rio Tejo, na região centro-sul de Portugal. Tem comprimento máximo de 30 Km, profundidade máxima de 55 m, volume máximo de $205,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ e encontra-se em estado mesotrófico. Possui uma comunidade piscícola representada principalmente por carpas (*Cyprinus carpio*) e percas (*Lepomis gibbosus*). Na maior parte dos ambientes dulceaquícolas, os peixes planctívoros são os principais predadores do zooplâncton (BROOKS e DODSON, 1965; LYCHE, 1989). A presença de predadores visuais num ambiente leva à diminuição de espécies filtradoras maiores, o que afeta diretamente as *Daphnia* (HANAZATO *et al.*, 1989) e os copépodes ciclopoídes. Apesar da sua rápida movimentação, o que lhes permite uma certa fuga, também são limitados por predação (ANNE-METTE e JEPPESEN, 1992), o que leva à conseqüente diminuição da taxa de filtração, já que indivíduos maiores possuem uma taxa de filtração maior (GLIWICZ, 1991). Geralmente as presas são alertadas por substâncias químicas libertadas

pelo predador (DODSON, 1988B; SCHWARTZ, 1991; TOLLRIAN, 1993; WATT e YOUNG, 1994; REEDE, 1995; MACHÁCEK, 1995; KVAM e KLEIVEN 1995; SLUSARCZYK, 1995; LUNING, 1995; KLEIVEN *et al.*, 1996; PIJANOWSKA, 1994; PIJANOWSKA e STOLPE, 1996) e podem alterar a sua dinâmica populacional, ao nível de uma diminuição na idade e comprimento da primípara, diminuição do comprimento do recém-nascido e o aumento no número de ovos da primeira ninhada (CERNÝ e BYTEL, 1991; REEDE, 1995); desenvolver um comportamento de agregação (PIJANOWSKA, 1994); ser induzidos a produzir ovos de dormência (ephippia) em cladóceros (SLUSARCZYK, 1995) ou alterar a sua distribuição na coluna de água, realizando migrações verticais em que geralmente sobem para águas mais superficiais durante a noite, para poderem-se alimentar em águas mais ricas em algas e descem durante o amanhecer, para fugirem aos predadores visuais (GLIWICZ, 1986; GLIWICZ e PIJANOWSKA, 1988; HANAZATO *et al.*, 1989; STIRLING *et al.*, 1990; LEIBOLD, 1990; RINGELBERG, 1991a,b,c) e diminuir a pressão predatória exercida pelos peixes. Os peixes planctívoros, por serem predadores visuais, retiram seletivamente as espécies de crustáceos maiores, que são substituídas por espécies de crustáceos de menores dimensões, menos susceptíveis à predação por vertebrados, ou rotíferos. Em lagos que sofreram biomanipulações através da retirada de peixe planctívoro, os grandes zooplanc-tontes filtradores, principalmente *Daphnia*, foram favorecidos, havendo um conseqüente aumento na transparência da água (DORAZIO *et al.*, 1987; LYCHE, 1989; VANNI *et al.*, 1990; BENNDORF, 1990; JEPPESEN *et al.*, 1990b, LYCHE *et al.*, 1990; SANNI e WAERVAGEN, 1990; VAN DONK *et al.*, 1990; EWALD, 1991; KOKSVIK e REINERTSEN, 1991). A mobilidade apresentada pela presa, também é importante na seleção exercida pelo predador (DRENNER e MCCOMAS, 1980). ZARET (1980) verificou que *Bosmina* era preferida pelo peixe planctívoro *Melaniris chagresi*, comparada com *Bosminopsis*, apesar deste último ser maior e possuir um diâmetro ocular superior ao da espécie anterior. Isto revela que outros fatores, como movimentação da presa, além da sua visibilidade estão envolvidos na seleção por parte dos predadores, influenciando a estrutura da comunidade zooplanc-tônica.

Um aumento na pressão predatória, exercida pelos peixes, associado a uma limitação alimentar e a um aumento de algas com menor qualidade nutritiva (cianobactérias) e que provocam interferência mecânica nos grandes cladóceros, são a causa para o seu desaparecimento neste tipo de ambientes, no fim do Verão (GLIWICZ, 1985).

METODOLOGIA

Foram colocados 2 limnocurrais plásticos no reservatório, com 0,40 m de diâmetro, 10,5 m de comprimento e com fundo de nylon, com abertura de malha de 1 mm, para que pudessem ocorrer trocas com o ambiente, evitando-se apenas a penetração de peixes. No fundo foi colocada uma baihna de

chumbo, para manter o limnocurral na posição vertical. Ao fim de duas semanas um dos limnocurrais foi levantado por usuários do reservatório, tendo ficado inutilizado. Os resultados apresentados referem-se a apenas um dos limnocurrais. As amostras da manga foram comparadas com as retiradas do reservatório, cujo zooplâncton esteve na presença do peixe. Ambas foram obtidas com arrastos verticais de 10 m, com uma rede planctônica bicônica de 12 cm de diâmetro de boca, com abertura de malha de 76 µm.

Os limnocurrais ao serem descidos não encheram de água, por isso foi necessário enchê-los por cima, com água do reservatório e depois foi colocado zooplâncton à mesma densidade da albufeira. Para se colocar o zooplâncton dentro dos limnocurrais com uma densidade semelhante à do reservatório, baseámo-nos no diâmetro do limnocurral e o diâmetro da rede planctônica. A partir daí calculou-se o número de vezes que foi necessário fazer arrastos para completar a área da boca do limnocurral, através de arrastos verticais de 10,5 m de profundidade.

Das amostras retiradas, o zooplâncton foi isolado inicialmente em água carbonatada, para que se imobilizasse sem haver grande contração dos seus corpos, e depois conservado numa solução de formol a cerca de 4%, saturada com açúcar. Esta solução permitiu manter os ovos/embrões dos cladóceros dentro das câmaras incubadoras e possibilitar, desta forma, a contagem destes, para as análises de fecundidade.

Os limnocurrais foram colocados em duplicata, mas ao fim de um mês uma delas tinha sido puxada para fora, por freqüentadores do reservatório, pelo que os resultados apresentados se referem a apenas um dos limnocurrais.

Foram realizadas 6 coletas no limnocurral e no reservatório de Agosto a Novembro de 1994.

Tratamento estatístico:

Densidades - A análise das densidades foi realizada em laboratório, através de contagens numa câmara de contagem Sedgwick-Rafter. Os valores apresentados são as médias de 3 sub-amostras retiradas do limnocurral assim como do reservatório. Para os rotíferos apenas esta análise foi realizada. Iniciou-se a coleta uma semana após o enchimento dos limnocurrais, para que a retirada de indivíduos não afetasse o desenvolvimento inicial das populações.

ANOVA - Análises de variância do tipo ANOVA com uma entrada, foram realizadas entre os comprimentos dos indivíduos dentro do limnocurral e fora dele, para saber se a presença do peixe iria ou não afetar o comprimento do zooplâncton. Estas medidas foram realizadas nos copépodes e cladóceros. Nos cladóceros foram consideradas apenas as espécies mais abundantes, como *Bosmina longirostris*, *Daphnia hyalina* e *Diaphanosoma brachyurum*. Em *D. hyalina* foram medidos o corpo, considerando-se desde a extremidade da cabeça até à base do espinho caudal; o espinho caudal, considerando-se desde a base deste até à sua extremidade e o capacete, considerando-se desde a extremidade ocular até à extremidade da cabeça. Nas outras duas espécies,

considerou-se apenas o comprimento total. Para se distinguirem os adultos dos juvenis, consideraram-se os menores comprimentos de fêmeas com ovos/embrões ou grávidas, como sendo o primeiro estágio de adulto (primípara). Nos copépodes as medições foram feitas entre machos e fêmeas separadamente, por estes possuírem comprimentos de corpo diferente, sendo considerado todo o animal, sem as setas da furca. Só foram medidos animais adultos, por ser difícil separar os copepoditos em espécies. Em todas as medições foram considerados pelo menos 50 indivíduos, com exceção das amostras que na sua totalidade não continham esse número.

Fecundidade - Para as análises de fecundidade foram contados os ovos e/ou embrões nas câmaras incubadoras dos cladóceros. Esses dados foram usados na seguinte fórmula de fecundidade:

$$F = \text{n}^\circ \text{ médio de ovos ou embrões} \times \left(\frac{\text{fêmeas ovíferas}}{\text{fêmeas adultas totais}} \right)$$

Fertilidade - Por ser difícil contar os ovos dos copépodes, que podem chegar à centena, foi considerada apenas a fertilidade nas fêmeas deste grupo, dessa forma considerou-se apenas a fertilidade, o percentual de fêmeas ovíferas no total de fêmeas adultas. O copépode *Thermocyclops dybowskii* não foi considerado nas análises de comparação devido ao seu reduzido número dentro da manga.

Análises de Correlação - foram usadas as análises de Correlação de Pearson, para detectar correlações entre as espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ROTÍFEROS - Os rotíferos apresentaram densidades totais semelhantes dentro e fora do limnocurral, embora os picos de densidade tenham ocorrido em épocas distintas. Enquanto que no reservatório o pico máximo ocorreu em meados de Setembro, dentro do limnocurral ocorreu em meados de Outubro, um mês mais tarde (Fig. 1). Analisando as espécies mais abundantes, individualmente (Fig. 2), verificamos que *Keratella cochlearis* f. *irregularis* e *Polyarthra vulgaris* apresentaram densidades semelhantes, quer dentro quer fora da manga, embora esta última espécie em períodos diferentes. *Filinia opoliensis*, *Polyarthra dolichoptera*, e *Brachionus calyciflorus* apresentaram geralmente densidades mais elevadas no reservatório. *Asplanchna brightwelli*, foi mais abundante dentro da manga. O efeito "margem" talvez se tenha feito sentir dentro da manga, porque aí notou-se uma maior abundância de *Lecane* sp. e *Lecane (Monostyla)* sp.. Ambas as espécies são bentônicas e comuns em ambientes litorais (RUTTNER-KOLISKO, 1974). Podem também ter sido coletadas quando se fez o arrasto vertical com a rede planctônica, e esta ter raspado nas paredes de plástico. Nas paredes do

limnocurral, agregaram-se muitas algas, semelhantes às encontradas na coluna de água, mas em muito maiores concentrações. Agregadas ao perifiton poderiam estar mais concentradas as espécies de *Lecane* acima citadas.

Apesar de *Acanthocyclops robustus* ser predador de rotíferos, assim como *A. brightwelli*, nas análises de correlações dentro da manga (Tab. 1), estas espécies não apresentaram correlações significativas com nenhuma espécie de rotífero.

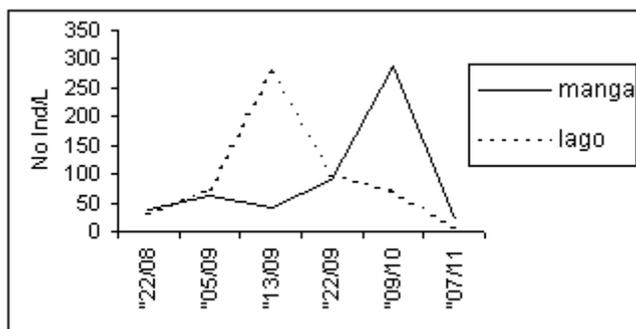


FIGURA 1 – Densidades totais de rotíferos no limnocurral (manga) e no reservatório.

COPÉPODES - Os copépodes, com exceção do dia 5 de Setembro, em que apresentaram um pico de densidade na albufeira, apresentaram sempre maiores densidades dentro da manga (Fig. 3). Analisando as diferentes espécies e estádios, observamos que tanto *A. robustus* como *Copidodiaptomus numidicus* parecem ter sido beneficiados com a proteção do limnocurral, assim como os seus estádios juvenis (Fig. 4). Já *T. dybowskii*, parece ter sido afetado negativamente pelo maior número de *A. robustus* dentro da manga. Estas espécies parecem competir entre si, tendo sido a primeira espécie mais abundante no reservatório. Aqui, *T. dybowskii* ocupou sempre profundidades com menores densidades de *A. robustus* (CRISPIM, 1998). Como esta espécie tem menores dimensões que *A. robustus*, pode conviver mais facilmente com o peixe, sendo mais fortemente afetada pelo competidor dentro da comunidade zooplantônica.

A fertilidade das fêmeas de copépodes foi só analisada em *A. robustus* e *C. numidicus*, porque o número de indivíduos de *T. dybowskii* dentro do limnocurral foi muito reduzido, não permitindo uma comparação. A fertilidade de *A. robustus*, foi sempre superior dentro da manga (Fig. 5).

Esse efeito em *C. numidicus* só se fez sentir a partir de meados de Outubro, porque em finais de Agosto houve a ocorrência de muitas fêmeas ovígeras no reservatório. Em Setembro não foram encontradas fêmeas ovígeras.

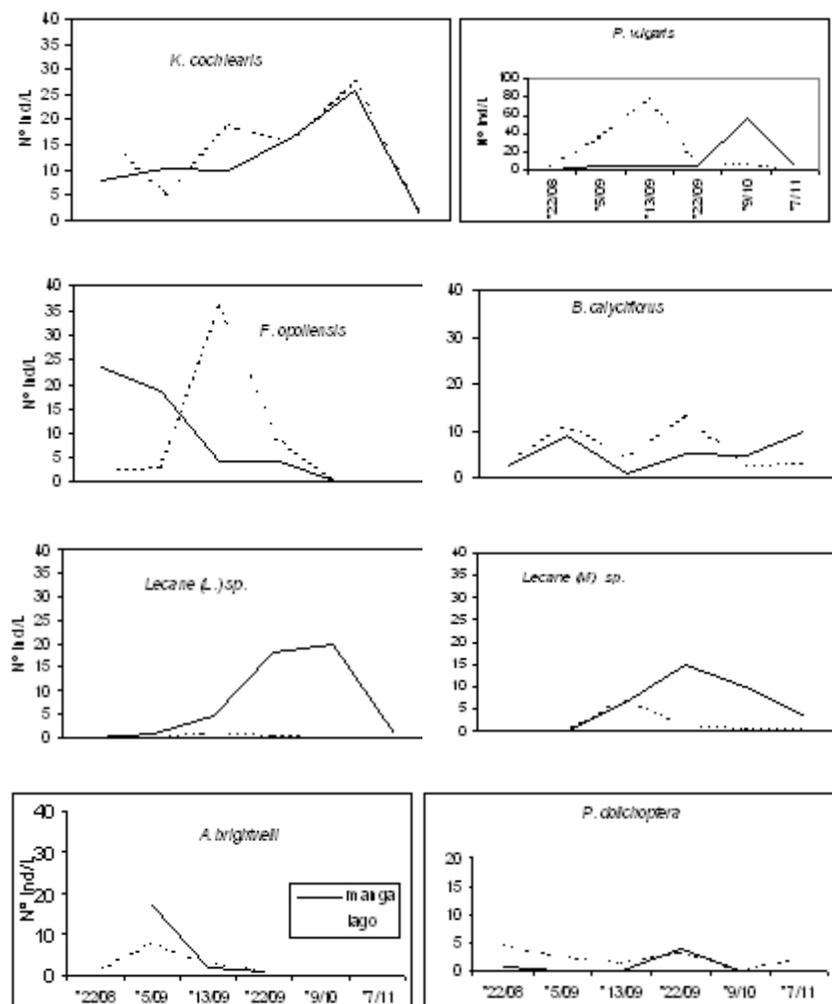


FIGURA 2 – Densidades das espécies de rotíferos dentro e fora da manga.

TABELA 1 - Resultados de ANOVA entre os comprimentos do corpo de copépodes e cladóceros. Os valores a negrito são significativos.

Espécies analisadas	Médias	N	F	P
CÓPEPODES				
<i>A. robustus</i> fêm. Lago - manga	0,90 - 0,91	32 - 37	0,366	0,547
<i>A. robustus</i> mac. Lago - manga	0,69 - 0,72	21 - 16	8,651	0,006
<i>C. numidicus</i> fêm. Lago - manga	1,24 - 1,12	39 - 46	1,177	0,281
<i>C. numidicus</i> mac. Lago - manga	1,14 - 1,12	26 - 28	3,026	0,087
CLADÓCEROS				
<i>D. hyalina</i> corpo Lago - manga	0,79 - 0,74	16 - 28	3,143	0,083
<i>D. hyalina</i> esp. Lago - manga	0,34 - 0,31	16 - 28	7,266	0,010
<i>D. brachyurum</i> Lago - manga	0,84 - 0,90	59 - 61	6,275	0,014
<i>B. longirostris</i> Lago - manga	0,29 - 0,32	58 - 51	36,104	<0,001

Comparando o comprimento dos indivíduos dentro e fora da manga, na primeira amostra colhida em 22/8, os resultados das análises de variância mostram que houve diferenças estatísticas entre o comprimento dos machos de *A. robustus*, sendo a média de comprimento maior dentro da manga (Tab. 1). Não houve diferenças entre o comprimento das fêmeas de ambas as espécies nesta data, mas nos últimos meses, Outubro e Novembro, as fêmeas de *A. robustus* apresentaram diferenças nos comprimentos, sendo maiores dentro da manga ($F_{37,1} = 19,43$ com $p < 0,001$).

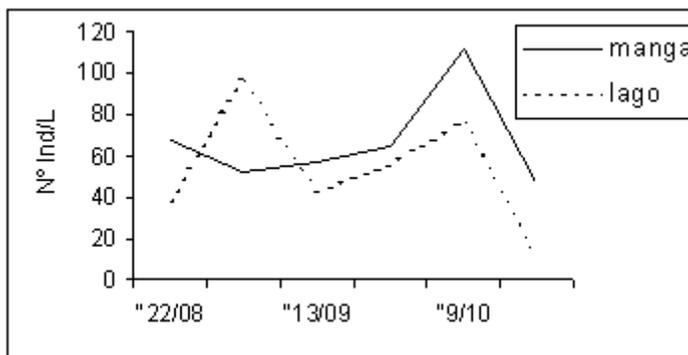


FIGURA 3 – Densidades totais de copépodes no limnocurral (manga) e fora.

CLADÓCEROS - A densidade dos cladóceros foi mais alta no reservatório, apenas durante o mês de Setembro (Fig. 6). O padrão de densidade apresentado por este grupo foi fortemente influenciado pela densidade de *B. longirostris*, que atingiu densidades muito superiores às das outras espécies (Fig. 7). Analisando as espécies individualmente, verificamos que *D. hyalina* e *C. sphaericus* foram sempre mais abundantes dentro do limnocurral e que *D. brachyurum*, durante Setembro, à semelhança de *B. longirostris*, foi mais abundante fora do limnocurral.

Comparando as percentagens de juvenis dentro e fora do limnocurral, verificamos que os juvenis das espécies analisadas foram mais abundantes no reservatório, com exceção de 9 de Outubro, em que tanto os juvenis de *D. brachyurum* como os de *B. longirostris* foram mais abundantes dentro do limnocurral (Fig. 8). Este aumento dentro da manga coincidiu com a diminuição de *A. robustus* (Fig.4).

As fecundidades das espécies *B. longirostris* e *D. hyalina*, foram mais ou menos semelhantes dentro e fora do limnocurral (Fig. 9). Isso é compreensível, visto que *B. longirostris* é uma espécie tão pequena que, mesmo ovígera, deve ser pouco visível ao peixe. Pelo contrário *D. hyalina* é uma espécie maior, e mesmo sem ovos torna-se visível. *D. brachyurum* é uma espécie mais transparente que *D. hyalina* e menor que esta, logo, quando ovígera, torna-se mais visível e susceptível à predação por predadores visuais. As fêmeas ovígeras devem ter sido retiradas seletivamente, o que poderá explicar as diferenças observadas entre as taxas de fecundidade desta espécie dentro e fora do limnocurral, sendo estas mais elevadas dentro.

O comprimento das *D. hyalina* adultas foi diferente ao longo do período de estudo. Só consideramos para esta espécie as duas últimas coletas, por ser onde foi registrado maior número de indivíduos. Apesar de haver poucos indivíduos dentro da manga em Agosto, em Setembro não se verificou a ocorrência de nenhum, o que mostra que a predação por peixe não é a explicação para o desaparecimento desta espécie no final do Verão. Não houve diferenças estatísticas entre o tamanho do corpo em *D. hyalina*, mas houve-as entre os comprimentos do espinho, sendo este maior fora da manga (Tab. 1). Apesar das primíparas não apresentarem diferenças no comprimento do corpo, os estádios adultos mais elevados, apresentaram comprimentos significativamente maiores dentro da manga (CARAMUJO *et al.*, 1997).

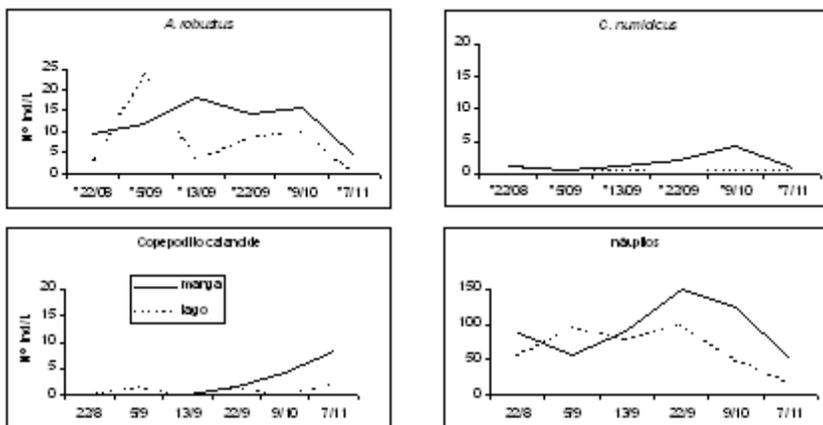


FIGURA 4 – Densidades das espécies e estágios de copéodes no limnocurral (manga) e no reservatório (Atenção os valores dos eixos X não são iguais em todos).

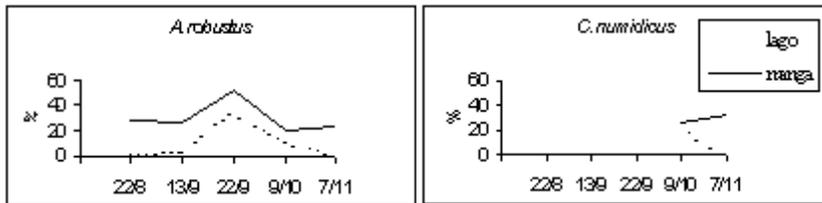


FIGURA 5 – Fertilidade de copépodos dentro e fora do limnocurral (manga).

Além disso, parece que *D. hyalina* sofreu limitação por alimento dentro do limnocurral, porque o comprimento de adultos foi bastante reduzido de Outubro para Novembro. O resultado da ANOVA entre o comprimento do corpo de *D. hyalina* dentro do limnocurral, entre estes dois meses, foi bastante significativo, mostrando um comprimento de corpo muito superior em Outubro ($F_{69,1}=168,93$; com $p<0,001$). *D. brachyurum* e *B. longirostris*, apresentaram ambas o corpo significativamente maior dentro da manga a 22/8 (Tab. 1) mas nas últimas amostras *D. brachyurum* não apresentou diferenças estatísticas no comprimento do corpo dentro e fora do limnocurral e *B. longirostris* apresentou diferença, mas de forma inversa, sendo maior no reservatório ($F_{86,1}=22,62$; com $p<0,001$). Estas diferenças nos comprimentos podem indicar que houve menos alimento disponível no limnocurral, para *D. brachyurum* e *B. longirostris*, que no reservatório, no final do experimento. Esse efeito também foi observado em *D. hyalina*.

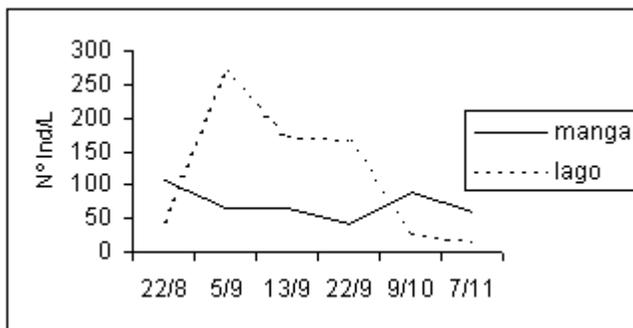


FIGURA 6 – Densidades totais de cladóceros.

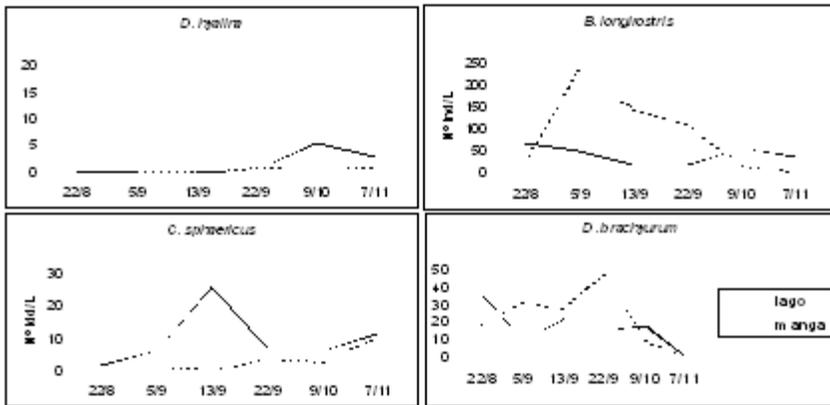


FIGURA 7 – Densidades das espécies de cladóceros dentro e fora do limnocurral (manga) (Atenção os valores dos eixos X não são iguais).

DISCUSSÃO

A presença do limnocurral no reservatório influenciou a comunidade zooplancônica a todos os níveis: densidades, comprimentos individuais e fecundidades. Algumas espécies de rotíferos são pequenas demais para serem afetadas diretamente pela predação por peixe, mas outras espécies maiores, como por exemplo a espécie maior *A. priodonta* e as colônias de *Conochilus unicornis*, podem ser negativamente afetadas por esse tipo de predação (STENSON, 1982). Os rotíferos, com exceção de *A. brightwelli*, não devem ter sido afetados diretamente pela ausência do peixe dentro da manga, mas foram-no, algumas espécies, pelo aumento de predadores invertebrados, que devido à proteção oferecida pela manga, aumentaram as suas densidades em relação ao reservatório, como foi o caso do copépode ciclopoide *A. robustus* e do rotífero predador *A. brightwelli*. Nas amostras recolhidas ao longo de todo o período de estudo, foi freqüente encontrar *Keratella* no interior de *Asplanchna*, inclusive *K. quadrata*, que tem um comprimento superior ao de *K. cochlearis*. STENSON (1982) observou que *K. cochlearis* foi a principal presa de *A. priodonta*. *A. robustus* pode também ter predado esta espécie, porque o seu pico de densidade fora da manga ocorreu na mesma data que o de *A. brightwelli*. Na verdade tanto *K. cochlearis* como *A. brightwelli* são alimento de *A. robustus*, embora *Keratella* apresente uma fraca percentagem para consumo, após ataque, devido à forte lóricas, sendo as espécies sem lóricas *B. calyciflorus* ou *P. vulgaris*, prontamente consumidas, assim como *Asplanchna* (WILLIAMSON, 1983). Uma grande diminuição na densidade de *A. brightwelli* dentro do limnocurral ocorreu quando o copépode *A. robustus* apresentou o seu máximo de densidade, mas no reservatório também se verificou uma queda

nas suas densidades, ficando as densidades dentro do limnocurral e fora dele semelhantes. Isto pode significar que outro fator como sazonalidade, por exemplo, estivesse envolvido na diminuição de *A. brightwelli* e não a predação.

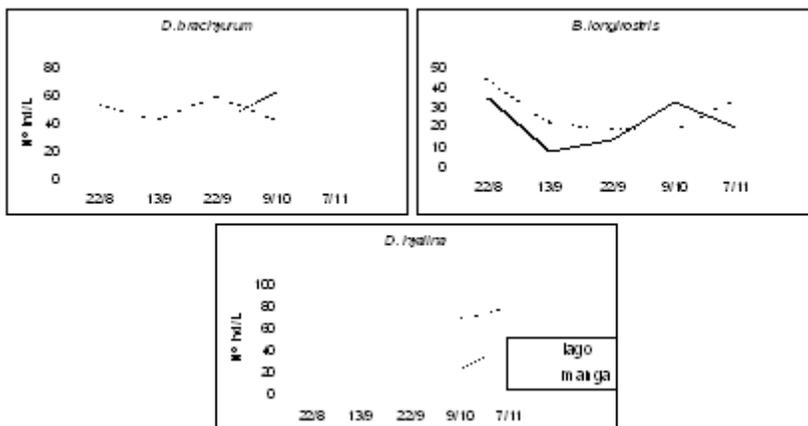


FIGURA 8 – Percentagem de juvenis de cladóceros dentro e fora da manga.

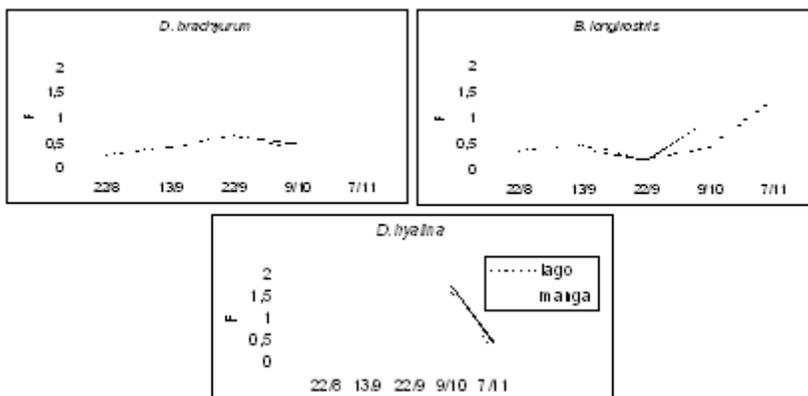


FIGURA 9 – Taxas de fecundidade das espécies de cladóceros dentro e fora do limnocurral (manga).

Apesar de os valores de fecundidade dos cladóceros terem sido maiores ou semelhantes dentro da manga, o número de juvenis foi sempre inferior, o que mostra que o índice de mortalidade de juvenis foi maior dentro da manga. Essa mortalidade pode ter sido causada por predação, neste caso por *A. robustus*, único predador capaz de consumir juvenis de cladóceros dentro da manga, já que esse tipo de predação nunca foi verificado para *A.*

brightwelli; ou por limitação alimentar, que pode afetar os juvenis, aumentando a sua taxa de mortalidade. Limitação por alimento pode ter ocorrido no final do experimento, porque o comprimento dos indivíduos foi afetado, mas não no início quando os indivíduos apresentaram comprimentos do corpo maiores, o que não teria sido possível se não houvesse alimento suficiente. Nessa altura, já o número de juvenis de cladóceros foi bastante inferior ao registrado para o reservatório. SANTER (1993) verificou que os ciclopoídeos predam fortemente *Daphnia* independentemente de outros itens alimentares disponíveis. No limnocurral não só *Daphnia* foi afetada, como também *D. brachyurum* e *B. longirostris*, especialmente as formas juvenis. Apesar de *B. longirostris* apresentar uma fraca taxa de ingestão para *A. robustus* (ROCHE, 1990b), provavelmente os seus juvenis estão menos protegidos contra este predador, ou morrem após o ataque, mesmo que não sejam ingeridos.

Algumas espécies de cladóceros podem ser beneficiadas pela presença de certos predadores visuais. Por exemplo *D. brachyurum*, uma espécie menor e mais evasiva do que *D. pulex*, foi beneficiada com a mortalidade exercida sobre *D. pulex* por peixes, chegando a duplicar as suas densidades, quando na presença daquele predador (TURNER, 1990). O mesmo parece ter ocorrido com *D. brachyurum* no reservatório, que devido à diminuição em número e conseqüente desaparecimento de *D. hyalina* apresentou maiores densidades no reservatório do que no limnocurral. O comprimento desta espécie, assim como a sua transparência, permitem-lhe escapar melhor à predação pelo peixe, podendo assim, sem competidores, beneficiar do alimento disponível no ambiente. Apesar de esta espécie conseguir fugir ao predador devido à sua transparência e pequeno tamanho, quando as fêmeas estiveram ovíferas essa situação não se manteve. Isto pode ser observado pelos valores de fecundidade registrados para o reservatório, onde apesar de as densidades serem mais elevadas, as taxas de fecundidade foram inferiores às da manga, o que sugere que as fêmeas ovíferas foram seletivamente retiradas em relação às não ovíferas.

D. hyalina geralmente deixa de ser observada no reservatório em Agosto, para reaparecer em Novembro/Dezembro. Essa diminuição nas densidades é comum em lagos eutróficos, devido a limitação por alimento e predação por peixe (GLIWICZ, 1981). A presença de cianobactérias no fitoplâncton, que possuem um menor valor nutritivo (PORTER e ORCUTT JR., 1980; DE BERNARDI e GIUSSANI, 1990; BURNS e XU, 1990 in BURNS e HEGARTY, 1994; HIETALA *et al.*, 1995), associada à interferência mecânica que essas algas provocam no aparelho filtrador dos grandes cladóceros (GLIWICZ, 1985; GILBERT e DURAND, 1990), causam reduções nas taxas de ingestão e assimilação, e aumentos nas taxas de respiração (HANEY, 1987 in GLIWICZ e LAMPERT, 1990). Desta forma ocorrem quedas nas taxas de fecundidade (GLIWICZ, 1980; GLIWICZ e LAMPERT, 1990), diminuindo assim as suas densidades no Verão, quando as cianobactérias são mais abundantes nos ambientes aquáticos meso ou eutróficos. Apesar dos predadores também

poderem induzir a produção de ephippia em *Daphnia* (SLUSARCZYK, 1995), esse tipo de ovos nunca foi observado no reservatório, nem no decorrer desta experiência, nem em outras datas ao longo do estudo. A reprodução sexual também pode ser induzida quando ocorre diminuição no alimento disponível (THRELKELD, 1987), mas mesmo que tenha ocorrido no fim do Verão uma queda na disponibilidade alimentar no reservatório, não foram produzidos ephippia por nenhuma das espécies de cladóceros presentes. A ausência de *Daphnia* no reservatório no fim do Verão não parece ser causada apenas pelo efeito da predação, já que *Daphnia* foi registrada dentro da manga em 22/8, desaparecendo em seguida para reaparecer em 9/10. Dentro da manga não houve peixe, sendo *A. robustus* o único predador, mas como este não leva à extinção de *Daphnia* (pelo menos quando há alimento suficiente), outro fator, provavelmente alimento disponível, poderia estar também envolvido nesse desaparecimento. Apesar disso a predação por peixe também esteve envolvida no desaparecimento de *D. hyalina*, visto que esta desapareceu primeiro no reservatório.

Apesar dos valores de fecundidade, para *D. hyalina*, não terem sido muito diferentes entre a manga e a albufera, as percentagens de fêmeas ovígeras foram mais afetadas do que o número médio de ovos, sendo registradas 48% de fêmeas com ovos/embriões dentro da manga em 9/10 e 38% na albufera na mesma data. Em 7/11 a percentagem de fêmeas com ovos/embriões foi de 25% e 12,5%, dentro e fora do limnocurral, respectivamente. Isto sugere que as fêmeas ovígeras foram principalmente selecionadas pelo peixe.

Apesar dos ovos de copépodes consumidos por peixes permanecerem viáveis após expelidos com as fezes, o mesmo não acontece para os ovos de cladóceros (SAINT-JEAN e PAGANO, 1995), o que retira a hipótese de a população poder-se regenerar a partir de ovos expelidos pelas fezes dos peixes. Como *D. hyalina* não produz ephippia, só restam três hipóteses: ou a população desta espécie atinge valores tão baixos que não é apanhada nas colheitas, embora não chegue a desaparecer completamente, o que lhe permite recuperar a população; ou o recrutamento é feito a partir de ephippia existentes nos sedimentos, produzidos em outras épocas, (em observações realizadas ao sedimento foram encontradas algumas ephippia de *Daphnia* e *Ceriodaphnia*, sendo estas últimas mais abundantes), o que poderá explicar a origem de novas populações todos os anos; ou a Ribeira da Seda, que alimenta esta albufera, também pode introduzir novos indivíduos ou ovos ao longo de todo o ano.

Em experimentos realizados em laboratório sobre o efeito da predação de *A. robustus* sobre *D. hyalina* (CRISPIM, dados não publicados), verificou-se que a indução do crescimento do espinho é feita desde que estes predadores estejam presentes, sendo tanto maior a indução quanto maior for o número de predadores, até um limite a partir do qual a indução se mantém constante. A diferença observada entre os comprimentos do espinho dentro e fora do limnocurral, sendo este maior no reservatório, pode ter sido causada pela alta proporção deste predador neste último, em relação a *D. hyalina*. As densidades

usadas nos experimentos foram superiores às observadas nas mangas ou na albufeira, mas a proporção verificada nas mangas foi de 1:2,5 e na albufeira foi de 1:10 (predador:presa), o que poderá ter sido o suficiente para induzir o crescimento do espinho. Além disso, no limnocurral, no último mês de estudo, houve limitação por alimento, que pode ser constatada pelo comprimento dos corpos dos cladóceros, que foram menores no último mês. A alimentação é um fator que influencia a magnitude das ciclomorfoses (DODSON, 1988a), e a menor quantidade de alimento no limnocurral pode ter influenciado a indução do espinho, apresentando este uma indução maior no reservatório.

Tanto *D. brachyurum* como *B. longirostris* apresentaram comprimentos de corpo significativamente maiores no reservatório, no início do experimento e comprimentos que não foram estatisticamente diferentes no último mês. O peixe provavelmente selecionou os indivíduos maiores no reservatório, deixando os menores, o que causou essa diferença no comprimento do corpo, ou a própria estratégia das espécies na presença de um predador visual foi de não aumentar o tamanho do corpo. No fim do experimento, devido à menor quantidade de alimento, os indivíduos não puderam investir em crescimento, não apresentando diferenças com os mesmos da albufeira.

Os copépodes *A. robustus* e *C. numidicus* foram beneficiados dentro da manga, tanto ao nível de densidades, como de fertilidades. Isso era esperado por serem estas espécies suficientemente grandes para serem predadas pelo peixe. *T. dybowskii*, pelo contrário, foi beneficiado no reservatório. As baixas densidades observadas para esta espécie dentro do limnocurral, foram provavelmente causadas pela competição exercida por *A. robustus*. Esta espécie na albufeira ocupa camadas mais superficiais, mais ricas em alimento, o que leva a crer que é superiormente competitiva comparada com *T. dybowskii*. No reservatório, esta espécie sobreviveu melhor com densidades mais baixas de *A. robustus*. Por outro lado é menor do que o seu competidor, o que lhe permite escapar melhor ao predador visual. As fêmeas de *A. robustus* não apresentaram diferenças em relação ao tamanho do corpo, o que significa que devem ser suficientemente grandes para serem vistas pelo predador, não havendo seleção de tamanho por parte do peixe. Os machos de *A. robustus* apresentaram-se significativamente menores na albufeira em 22/8, o que significa que pelo fato de serem menores que as fêmeas, aqueles que têm um comprimento maior são seletivamente retirados pelo predador. *C. numidicus* tanto fêmeas como machos não apresentaram diferenças em relação ao comprimento do corpo. Talvez por serem tão grandes não haja uma seleção de tamanho por parte do predador. em Agosto, esta espécie costuma ocupar camadas mais superficiais do reservatório, onde se torna mais susceptível de ser visualizada pelo predador (CRISPIM, 1998). Provavelmente *C. numidicus* tem alguma forma de resposta de fuga à predação, que apesar do grande tamanho lhe permite fugir ao peixe, ou nessa época do ano a taxa de predação é menor. Apesar das fêmeas de ambas as espécies parecerem ser suficientemente grandes para serem sempre predadas, entre estas são as ovígeras as selecionadas, o que pode ser

observado pela maior fertilidade registrada dentro da manga. Em Outubro e Novembro, ambos os sexos de *A. robustus* apresentaram comprimentos significativamente maiores dentro da manga. *C. numidicus* também apresentou diferenças entre os comprimentos em Outubro, sendo nesta altura maior dentro da manga. A presença de maior número de *C. numidicus*, juntamente com *D. hyalina*, ambas as espécies filtradoras e com uma taxa de filtração elevada devido ao grande comprimento do corpo, provocou uma queda nos valores de fitoplâncton, o que levou ao declínio das populações na última coleta. Em Dezembro, após o término do experimento, as *D. hyalina*, apesar de suas maiores densidades no limnocurral do que fora dele, não possuíam ovos/embrões e havia machos entre elas, o que é um sinal de diminuição de alimento. A presença de copépodes ciclopoídes maiores dentro do limnocurral, mostra que o peixe exerce influência sobre o comprimento destes, além disso, mostra também que este grupo não foi afetado por carência de alimento dentro da manga, ou não teria sido possível aumentar o seu comprimento individual.

CONCLUSÕES

ROTÍFEROS - Estes foram afetados dentro da manga devido ao maior desenvolvimento nesta de *A. brightwelli* e *A. robustus*, sendo *P. dolichoptera* e *P. vulgaris* negativamente correlacionadas com a primeira e *B. calyciflorus* negativamente correlacionada com a segunda espécie.

CLADÓCEROS - *D. hyalina* e *D. brachyurum* aumentaram as suas densidades dentro da manga, devido à ausência de predadores vertebrados. *B. longirostris* foi mais beneficiada no reservatório, onde apresentou maiores densidades. Os juvenis foram mais abundantes no reservatório, sendo predados por *A. robustus* dentro do limnocurral. Os peixes selecionam o comprimento dos indivíduos da população, retirando seletivamente os indivíduos maiores, inclusive *D. brachyurum* e *B. longirostris*, espécies de pequeno tamanho. Os peixes predam seletivamente fêmeas ovígeras.

O desaparecimento de *D. hyalina* em Setembro e Outubro não é unicamente provocado pela predação por peixes.

COPÉPODES - *A. robustus* e *C. numidicus* tiveram as suas densidades favorecidas dentro do limnocurral, mas *T. dybowskii* desenvolveu-se melhor fora deste. Em *A. robustus* o peixe predou seletivamente os machos, retirando os maiores. Entre as fêmeas não se verificou uma seleção de tamanho por parte dos peixes, sendo estas predadas indiscriminadamente, por apresentarem um comprimento de corpo suficientemente grande para serem vistas. As fêmeas ovígeras foram preferencialmente selecionadas pelos peixes. O mesmo se verificou para *C. numidicus*.

RESUMO

Este trabalho analisou o impacto causado pela predação de peixes na comunidade zooplanctônica. Para isso foram colocados limnocurrais no Reservatório do Maranhão, em Portugal, sendo feita então a comparação entre os cladóceros, rotíferos e copépodes, dentro e fora da manga, tanto ao nível de fecundidades, como de comprimento do corpo (esta última análise só foi realizada nos crustáceos). Os rotíferos apresentaram densidades menores dentro da manga, devido ao maior crescimento nesta, do rotífero *Asplanchna brightwelli* e do copépode *Acanthocyclops robustus*, ambos predadores. Os cladóceros e copépodes foram predados seletivamente pelo maior tamanho, e pela presença de ovos. Verificou-se apenas seleção de tamanho em copépodes machos, o que indica que as fêmeas eram todas grandes o suficiente para serem vistas e predadas pelo peixe, enquanto apenas os machos maiores foram selecionados pelo predador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNE-METTE, H. e JEPPESEN, E. 1992 – Changes in the abundance and composition of cyclopoid copepods following fish manipulation in eutrophic Lake Vaeng, Denmark. *Freshwater Biology*, 28: 183-193.
- BENNDORF, J. 1990 – Condition for effective biomanipulation; conclusions derived from whole-lake experiments in europe. 628 p. *In*: R. D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M-Lmeijer and E. van Donk (eds.), Biomanipulationtool for water management. *Hydrobiologia* 200/201:187-203.
- BROOKS, J. L. e DODSON, S. I. 1965 – Predation, body size and composition of plankton. *Science*, 150: 28-35
- BURNS, C. W. e HEGARTY, B. 1994 – Diet selection by copepods in the presence of cyanobacteria. *J. Plankton Res.* 16 (12): 1671-1690
- CARAMUJO, M. J., CRISPIM, M. C. e BOAVIDA, M. J. 1997 – Assessment of the importance of fish predation versus copepod predation on life history traits of *Daphnia hyalina*. *Hydrobiologia*, 360: 243-252
- CRISPIM, M.C. 1998 – Estudo do impacte do esvaziamento da Albufeira do Maranhão sobre a comunidade zooplanctônica – Principais relações bióticas que afectam os cladóceros.
- CERNÝ, M. e BYTEL, J. 1991 – Density and size distribution of *Daphnia* populations at different fish predation levels. *Hydrobiologia*, 225: 199-208.
- DE BERNARDI, R. e GIUSSANI, G. 1990 – Are blue-green algae a suitable food for zooplankton? Na overview. *Hydrobiologia*, 200/201: 29-41.
- DODSON, S., 1988a – Cyclomorphosis in *Daphnia galeata mendotae* birge and *D. retrocurva* Forbes as a predator-induced response. *Fresh. Biology* 19: 109-114.
- DODSON, S., 1988b – The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton: Predator-avoidance behavior in *Daphnia*. *Limnol. Oceanogr.*, 33 (6): 1431-1439.
- DORAZIO, R.M., BOWERS, J. A. e LEHMAN, J. T. 1987 – Food-web manipulations influence grazer control of phytoplankton growth rates in Lake Michigan. *J. Plankton Res.* 9(5): 891-899.

- DRENNER, R.W. e MCCOMAS, S. 1980 – The roles of zooplankton escape ability and fish size selectivity in the selective feeding and impact of planktivorous fish; pp 587-593. *In: W.C. Kerfoot (ed.), Evolution and Ecology of zooplankton communities.*
- EWALD, S. 1991 – Long-term changes of crustacean plankton during successful restoration of Lake Schlachtensee (Berlin-West). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24(2): 866-872.
- GILBERT, J.J. e DURAND, M.W. 1990 – Effect of *Anabaena flos-aquae* on the abilities of *Daphnia* and *Keratella* to feed and reproduce on unicellular algae. *Fresh. Biology* 24(3): 577-596.
- GLIWICZ, Z.M. 1981 – Food and predation in limiting clutch size of cladocerans. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21:1562-1566.
- GLIWICZ, Z.M. 1985 – Predation or food limitation: na ultimate reason for extinction of planktonic cladoceran species. *Archiv. Fur Hydrobiologie, Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 21:419-430.
- GLIWICZ, Z.M. 1986 – Predation and the evolution of vertical migration in zooplankton. *Nature*. 320: 746-748.
- GLIWICZ, Z.M. e PIJANOWSKA, J. 1988 – Effect of predation and resource depth distribution on vertical migration of zooplankton. *Bulletin of Marine Science* 43(3): 695-709.
- GLIWICZ, Z.M. e LAMPERT, W. 1990 – Food thresholds in *Daphnia* species in the absence and presence of blue-green filaments. *Ecology* 71(2): 691-702.
- GLIWICZ, Z.M. 1991 – Food thresholds, resistance to starvation, and cladoceran body size. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24(5): 2795-2798.
- HANAZATO, T., YASUNO, M. e HOSOMI, M. 1989 – Significance of a low oxygen layer for a *Daphnia* population in Lake Yunoko, Japan. *Hydrobiologia*, 185: 19-27.
- HIETALA, J., REINIKAINEN, M. e WALLS, M. 1995 – Variation in life history responses of *Daphnia* to toxic *Microcystis aeruginosa*. *J. Plankton Res.* 17(12): 2307-2318.
- JEPPESEN, E., JENSEN, J. P., KRISTENSEN, P., SONDERGAARD, M., MORTENSEN, E. SORTJAER, O. e OLRİK, K. 1990b – Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes. 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. p 628. *In: R. D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.L. Meijer and E. van Donk (eds.), Biomanipulation tool for water management. Hydrobiologia* 200/201:219-227.
- KLEIVEN, O.T., LARSSON, P. e HOBÆK, A. 1996 – Direct distributional response in *Daphnia pulex* to a predator kairomone. *J. Plankton Res.* 18(8):1341-1348.
- KOKSVIK, J.I. e REINERTSEN, H. 1991 – Effects of fish elimination on the plankton community of a lake used in fish farming. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24:2387-2392.
- KVAM, O.V. e KLEIVEN, O.T. 1995 – Diel horizontal migration and swarm formation in *Daphnia* in response to *Chaoborus*. *Hydrobiologia* 307:177-184.
- LEIBOLD, M.A. 1990 – Evidence for stable zooplankton community structure gradients maintained by predation; pp 625-634. *In: W. C. Kerfoot (ed.), Evolution and Ecology of zooplankton communities.*
- LUNING, J. 1995 – Life-history responses to *Chaoborus* of spined and unspined *Daphnia pulex*. *J. Plankton Res.* 17(1): 71-84.
- LYCHE, A. 1989 – Plankton community response to reduction of planktivorous fish populations. A review of 11 cases studies. *Aqua Fennica*, 19(1): 59-66.
- LYCHE, A. FAAFENG, B.A. e BRABRAND, A. 1990 – Predictability and possible mechanisms of plankton response to reduction of planktivorous fish; pp 628. *In: R. D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.L. Meijer and E. van Donk (eds.), Biomanipulation tool for water management. Hydrobiologia*, 200/201:251-261.

- MACHÁČEK, J. 1995 – Inducibility of life history changes by fish kairomone in various developmental stages of *Daphnia*. *J. Plankton Res.* 17(7): 1513-1520.
- PIJANOWSKA, J. 1994 – Fish-enhanced patchiness in *Daphnia* distribution. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25:2366-2368.
- PIJANOWSKA, J. e STOLPE, G. 1996 – Summer diapause in *Daphnia* as a reaction to the presence of fish. *J. Plankton Res.* 18(8):1407-1412.
- PORTER, K.G. e ORCUTT JR., J.D. 1980 – Nutritional adequacy, manageability, and toxicity as factors that determine the food quality of green and blue-green algae for *Daphnia*; pp 268-281. In: W. C. Kerfoot (ed.), Evolution and Ecology of zooplankton communities.
- REEDE, T. 1995 – Life history shifts in response to different levels of fish kairomones in *Daphnia*. *J. Plankton Res.*, 17(8):1661-1667.
- RINGELBERG, J. 1991a – Enhancement of the phototactic reaction in *Daphnia hyalina* by a chemical mediated by juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *J. Plankton Res.* 13(1):17-25.
- RINGELBERG, J. 1991b – A mechanism of predator mediated induction of vertical migration in *Daphnia hyalina*. *J. Plankton Res.* 13(1):83-89.
- RINGELBERG, J. 1991c – The relation between ultimate and proximate aspects of diel vertical migration in *Daphnia hyalina*. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24(5): 2804-2807.
- ROCHE, K. 1990b – Prey factors affecting ingestion rates by *Acanthocyclops robustus* (Copepoda Cyclopoida) on zooplankton. *Oecologia* 83:76-82.
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1974 – Plankton rotifers, biology and taxonomy. E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 146 p.
- SAINT-JEAN, L. e PAGANO, M. 1995 – Egg mortality through predation in egg-carrying zooplankters. Studies on Heterobranchus longifilis larvae fed on copepods, cladocerans and rotifers. *J. Plankton Res.* 17(7):1501-1512.
- SANNI, S. e WAERVAGEN, S.B. 1990 – Oligotrophication as a result of planktivorous fish removal with rotenone in the small, eutrophic, Lake Mosvatn, Norway; pp 628. In: R. D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.-L. Meijer and E. van Donk (eds.), Biomanipulation tool for water management. *Hydrobiologia* 200/201: 263-274.
- SANTER, B. 1993 – Do cyclopoid copepods control *Daphnia* populations in early spring, thereby protecting their juvenile instars stages from food limitation? Verh. Internat. Verein. Limnol. 25(1):634-637.
- SCHWARTZ, S. S. 1991 – Predator induced alterations in *Daphnia* morphology. *J. Plankton Res.* 13(6):1151-1161.
- SLUSARCZYK, M. 1995 – Predator-induced diapause in *Daphnia*. *Ecology* 76(3):1008-1013.
- STENSON, J.A.E. 1982 – Fish impact on rotifer community structure. *Hydrobiologia* 87:57-64.
- STIRLING, D.G., MCQUEEN, D.J. e JOHANNES, M.R.S. 1990 – Vertical migration in *Daphnia galeata mendotae* (Brooks): demographic responses to changes in planktivore abundance. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 47:395-400.
- THRELKELD, S.T. 1987 – *Daphnia* life history strategies and resource allocation patterns. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 45:353-366.
- TOLLRIAN, R. 1993 – Neckteeth formation in *Daphnia pulex* as an example of continuous phenotypic plasticity: morphological effects of *Chaoborus* kairomone concentration and their quantification. *J. Plankton Res.* 15(11): 1309-1318.
- TURNER, A.M. 1990 – Predator avoidance and community structure – Interactions among piscivores, planktivores and plankton. *Ecology* 71(6):2241-2254.

- VAN DONK, E., GRIMM, E.P., GULATI, E.D. e BRETELER, J.P.G.K. 1990 – Whole-lake food-web manipulation as a means to study community interaction in a small ecosystem; pp 628. *In*: R. D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.L. Meijer and E. van Donk (eds.), Biomanipulation tool for water management. *Hydrobiologia* 200/201:275-289.
- VANNI, M.J., LUECKE, C., KITCHELL, J.F., ALLEN, Y., TEMTE, J. e MAGNUSON, J.J. 1990 – Effects on lower trophic levels of massive fish mortality. *Nature*, 344(6264):333-335.
- WATT, P.J. e YOUNG, S. 1994 – Effect of predator chemical cues on Daphnia behaviour in both horizontal and vertical planes. *Anim. Behav.* 48:861-869.
- WILLIAMSON, C.E. 1983 – Behavioral interactions between a cyclopoid copepod predator and its prey. *J. Plankton Res.* 5(5): 701-711.
- ZARET, T.M. 1980 – The effect of prey motion on planktivore choice. 594-603 pp; *In*: W.C. Kerfoot (ed.), Evolution and Ecology of zooplankton communities.