

Acta Limnol. Brasil.	Vol. II	605-620	1988
----------------------	---------	---------	------

ESTUDOS EXPERIMENTAIS SOBRE A ALIMENTAÇÃO EM FÊMEAS ADULTAS DE *DIAPTOMUS* (s.l.) *CORDEROI* (WRIGHT, 1936) COPEPODA-CALANOIDA, DO RESERVATÓRIO DA PAMPULHA, BELO HORIZONTE - MG

PINTO-COELHO, R.M.* , LIMA, S.S.* e PELLI, A.*

RESUMO

Este trabalho é o início de estudos relacionados à obtenção de dados básicos sobre as relações tróficas dentro da comunidade planctônica da Represa da Pampulha. Seu principal objetivo foi o de averiguar o comportamento alimentar em fêmeas adultas de *Diaptomus* (s.l.) *corderoi* (um dos principais componentes do zooplâncton no ambiente em questão) em termos de taxa de filtração. Foram utilizadas para tanto, culturas unialgais da alga verde *Chlorella vulgaris*, oriundas do reservatório, como alimento. Todos os experimentos foram realizados em laboratório sob condições de iluminação e de temperatura controladas. Os experimentos revelaram que as taxas de filtração aqui obtidas foram superiores aos valores determinados para calanóides de ambientes temperados. Em função disto foi feita uma análise demonstrando que *D. corderoi* pode exercer uma considerável pressão de herbivoria sobre as populações de algas fitoplanctônicas da re

* Departamento de Biologia Geral, UFMG

presa.

ADSTRACT - EXPERIMENTAL STUDIES ON FEEDING OF ADULT FEMALES OF *DIAPTOMUS* (s.l.) *CORDEROI* WRIGHT, 1936, COPEPODA-CALANOIDA, IN PAMPULHA RESERVOIR, BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS.

This work is the first of a series, the purpose of which is to obtain basic data on trophic relations within the planktonic community of Pampulha Reservoir. Its principal objective was to study feeding behavior in adult females of *Diaptomus* (s.l.) *corderoi* (one of the principal zooplankton components in the system in question) in terms of filtration rate. Monocultures of the green alga *Chlorella vulgaris*, isolated from the reservoir, were used as food. All experiments were carried out in the laboratory under controlled light and temperature conditions. The experiments showed that filtration rates obtained here were higher than values determined for temperate-zone calanoids. Using these data it was shown that *D. corderoi* can exercise considerable grazing pressure on phytoplanktonic algal populations in the reservoir.

INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento alimentar de organismos zooplanctônicos tem tido importância crescente na limnologia (BURNS e RIGLER, 1967; BURNS, 1968; ARNOLD, 1971; RIGLER, 1971 e PETERS, 1984). Isto explica-se, em primeiro lugar, pelo fato de suas populações comporem um elo intermediário na cadeia trófica lacustre entre o fitoplâncton e o nêcton. Além disso, este tipo de estudo pode revelar qual é o impacto que diferentes populações do zooplâncton exercem sobre o fitoplâncton e como as diferentes espécies de algas são usa

das como recurso alimentar. Todos estes interesses teóricos têm possibilitado o desenvolvimento de metodologias para o estudo das interações entre aquelas comunidades que encontram aplicações, por exemplo, na piscicultura através de melhoria das técnicas de cultivo de zooplâncton (alimento essencial na fase larvar dos peixes) e também no saneamento através do controle do excesso de algas a partir de biomaniplulação do zooplâncton ou do próprio nécton.

O presente estudo teve como objetivo básico a determinação das taxas de filtração em fêmeas adultas de *Diaptomus* (s.l.) *corderoi*, um dos principais componentes do zooplâncton no Reservatório da Pampulha, que tem sido estudado há alguns anos pelo grupo de Limnologia do Departamento de Biologia Geral e do Departamento de Botânica da UFMG.

A Represa da Pampulha situa-se no município de Belo Horizonte, MG. O lago está a 810 m de altitude ($19^{\circ}52' S$, $44^{\circ}00' W$); sua profundidade máxima é de 16 m e a média é de 5 m. O clima da região é caracterizado por temperaturas médias do ar oscilando entre $18^{\circ}C$ e $24^{\circ}C$. Há um ciclo unimodal de chuvas entre novembro e março com uma precipitação média anual de 1400-1500 mm (CETEC, 1983).

D. corderoi foi descrito por WRIGHT (1936) e ocorre em vários reservatórios do sudeste brasileiro (ARCIPA, 1984; SENDACZ, 1984; SENDACZ et al., 1984; SENDACZ et al., 1985 e FREIRE e PINTO-COELHO, 1986). CIPOLLI (1973) realizou um estudo sobre a morfologia externa das fases do seu desenvolvimento, mas não existe até o momento qualquer referência na literatura sobre seu comportamento alimentar. Um dos poucos estudos sobre o comportamento alimentar de copépodes de água doce do Brasil é o de TAVARES e MATSUMURA-TUNDISI (1984) sobre *Argyrodiaptomus furcatus* na Represa do Lobo, SP.

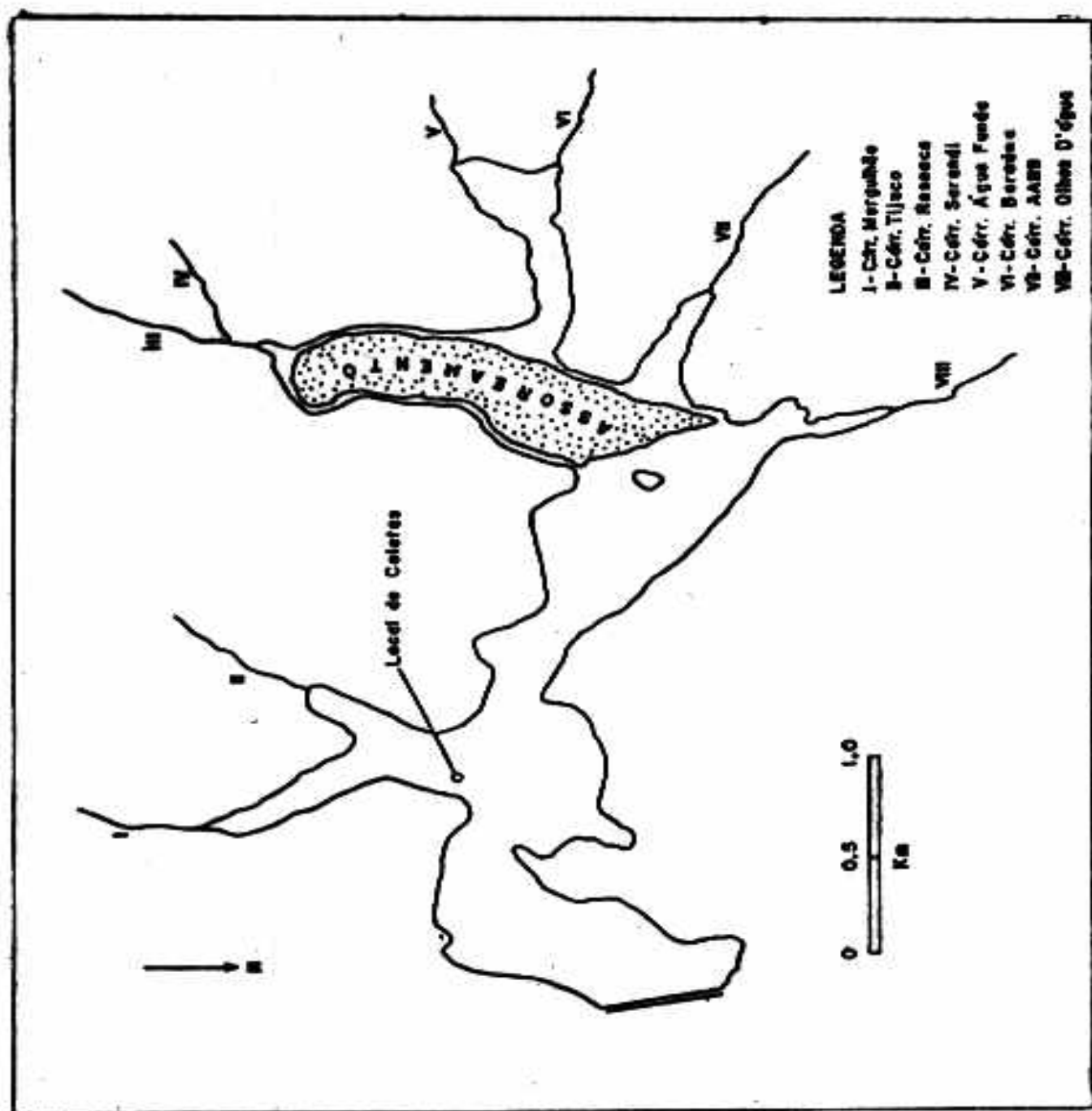


Figura 1 - Localização das estações de coleta na Represa da Pampulha, Belo Horizonte, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Os microcrustáceos foram coletados na estação 4, Represa da Pampulha (Fig. 1) com auxílio de uma rede de 90 μm de malha entre 1 e 4 dias antes de cada experimento. No laboratório, os microcrustáceos foram mantidos em aquários de 5 l de capacidade com água da represa. Nos experimentos, os copépodes foram alimentados com culturas unialgais de *Chlorella vulgaris* isoladas a partir da represa e mantidas pelo Laboratório de Criptógamos do Departamento de Botânica da UFMG.

Antes de cada experimento, os microcrustáceos permaneceram pelo menos 10 h sem receber qualquer alimento. No dia do experimento, 500 ml da água do aquário contendo zooplâncton foram filtrados vagarosamente numa gaze de 60 μm . Os organismos assim concentrados foram dispostos em placas de Petri com água da represa e água mineral saturada de CO_2 numa proporção 50% vv. A seguir, as fêmeas adultas de *D. corderoi* foram separadas sob lupa a 25 X de aumento com auxílio de microalças de Irwin.

Cada fêmea foi colocada num frasco "snap cap" de 50 ml no qual foram previamente adicionados 15 ml de água da represa filtrados à vácuo (utilizou-se filtro "Millipore HAWK" 0,45 μm) e 3,0 ml da cultura de algas. Foram usados dois frascos controles contendo apenas água da represa e as algas. A seguir, todos os frascos (exceto o controle 1) foram incubados em estufa de germinação "FANEM 347FG" a 25°C e 4250 luz durante 10 h. Após o período de incubação, adicionou-se 0,5 ml de lugol acético em todos os frascos experimentais (nos quais os copépodes estavam vivos) e no controle 2 (o controle 1 já fora "fixado" no início do experimento). Em cada experimento foram utilizadas de 10 a 30 unidades experimentais.

A taxa de filtração dos copépodes foi calculada pelo método da contagem de células algais (PETERS, 1984), empregando-se a equação de Gauld com fatores de correção para

o eventual crescimento das populações de algas. As equações usadas foram:

$$G \text{ (ml/ind.dia)} = V \cdot (b-a) / N \cdot 24$$

$$b = (\ln \text{Ctr}_t - \ln \text{Ctr}_0) / t$$

$$a = (\ln \text{Ctr}_t - \ln C) / t$$

onde: V = volume da amostra, N = número de organismos da amostra, t = duração em horas do experimento, Ctr = concentração de algas nos frascos controles e C = concentração final de algas nos frascos experimentais.

As algas foram contadas numa lâmina de FUCHS-ROSENTHAL no aumento 400 X. Um mínimo de 400 células foi contado para cada amostra. A concentração de algas foi calculada da seguinte maneira:

$$C = N/X \cdot (256/3,2) \cdot 1000$$

onde: N = número de células contadas, X = número de campos considerados e C = concentração de algas em células/ml.

RESULTADOS

Foram realizados seis experimentos nos dias: 21, 23 e 25 de março e 10, 17 e 18 de junho de 1986. Nos quatro primeiros experimentos foram testadas diferentes concentrações de algas, condições de iluminação e temperatura e também aprimorou-se a técnica de anestesia e triagem. Desta maneira aqueles experimentos constituíram-se em experimentos-piloto cujo objetivo foi apenas o de definir um desenho experimental satisfatório. Portanto apenas os experimentos de 17 e 18/6/86 foram considerados para o cálculo da taxa de filtração.

A Tab. 1 fornece os dados básicos sobre os dois experimentos (números 5 e 6) usados para o cálculo das taxas de filtração. Das dezenove fêmeas consideradas, 17 estavam com saco ovígeno. Destas, treze abandonaram seus ovos durante os experimentos. O comprimento das fêmeas (cefalotórax + abdômem + furca) variou entre 1330 e 1663 mm. As concentrações algais no início dos experimentos foram de $4,28 \times 10^5$ cél/ml e $6,10 \times 10^5$ cél/ml nos experimentos 5 e 6 respectivamente. No final, as concentrações variaram de $2,31 \times 10^5$ a $3,75 \times 10^5$ cél/ml no experimento 5 e de $2,73 \times 10^5$ a $5,42 \times 10^5$ cél/ml no experimento 6. As taxas de filtração variaram entre 4,87 e 33,31 ml/ind.dia com média de 14,99 e desvio padrão de 7,50 ml/ind.dia.

A Fig. 2 ilustra o modelo de regressão linear entre a taxa de filtração calculada e o comprimento de cada fêmea considerada nos experimentos 5 e 6. Há uma relação positiva entre os comprimentos dos organismos e suas respectivas taxas de filtração. O coeficiente de Pearson para esta regressão foi de $r = +0,355$ ($N = 19$) mas ele é menor do que o valor crítico para $N = 19$ que é de $r_c = 0,433$ (LEVIN, 1978). A equação ajustada foi:

$$Y = 0,0306.X - 31,39$$

onde: Y = é a taxa de filtração em ml/ind.dia e X é o comprimento do organismo em mm.

DISCUSSÃO

A temperatura e a qualidade do alimento são fatores essenciais em qualquer estudo de nutrição animal. As taxas de filtração e assimilação dos organismos zooplancctônicos são influenciadas pela temperatura, tipo, tamanho e concentração das partículas alimentares (GOLDMAN e HORNE, 1983). Outro fato também a ser considerado é a maneira como o zoo-

Tabela 1 - Experimentos sobre nutrição de *Diaptomus oorderoi*.

Nº	Nº EX.	IDENT.	OV _i	OV _f	COMP.	CONC.	T.F.
1	5	4	sim	sim	1436	375000	12,78
2	5	11	sim	não	1583	231000	25,62
3	5	12	sim	sim	1609	296250	15,33
4	5	16	não	não	1463	286250	16,76
5	5	17	não	não	1369	312500	13,11
6	5	19	sim	não	1530	335000	10,23
7	5	22	sim	não	1530	350000	8,41
8	5	23	sim	não	1530	326250	11,32
9	5	25	sim	não	1663	325000	11,48
10	5	26	sim	não	1569	328750	11,00
11	5	28	sim	não	1503	336250	10,07
12	5	30	sim	não	1556	333750	10,38
13	6	1	sim	sim	1463	508750	7,53
14	6	3	sim	não	1530	432000	14,33
15	6	6	sim	não	1450	305357	28,74
16	6	7	sim	não	1663	273570	33,31
17	6	8	sim	não	1543	352500	22,78
18	6	9	sim	não	1463	408000	16,70
19	6	10	sim	sim	1330	542500	4,87

EX 5 C_o = 428000 C_c = 428000EX 6 C_o = 610000 C_c = 610000

OV = presença ou não de saco ovígeno

COMP = comprimento em mm do organismo (cefalotórax + abdome + furca)

CONC = concentração (nº cél/ml) de algas

T.F. = taxa de filtração em ml/ind.dia

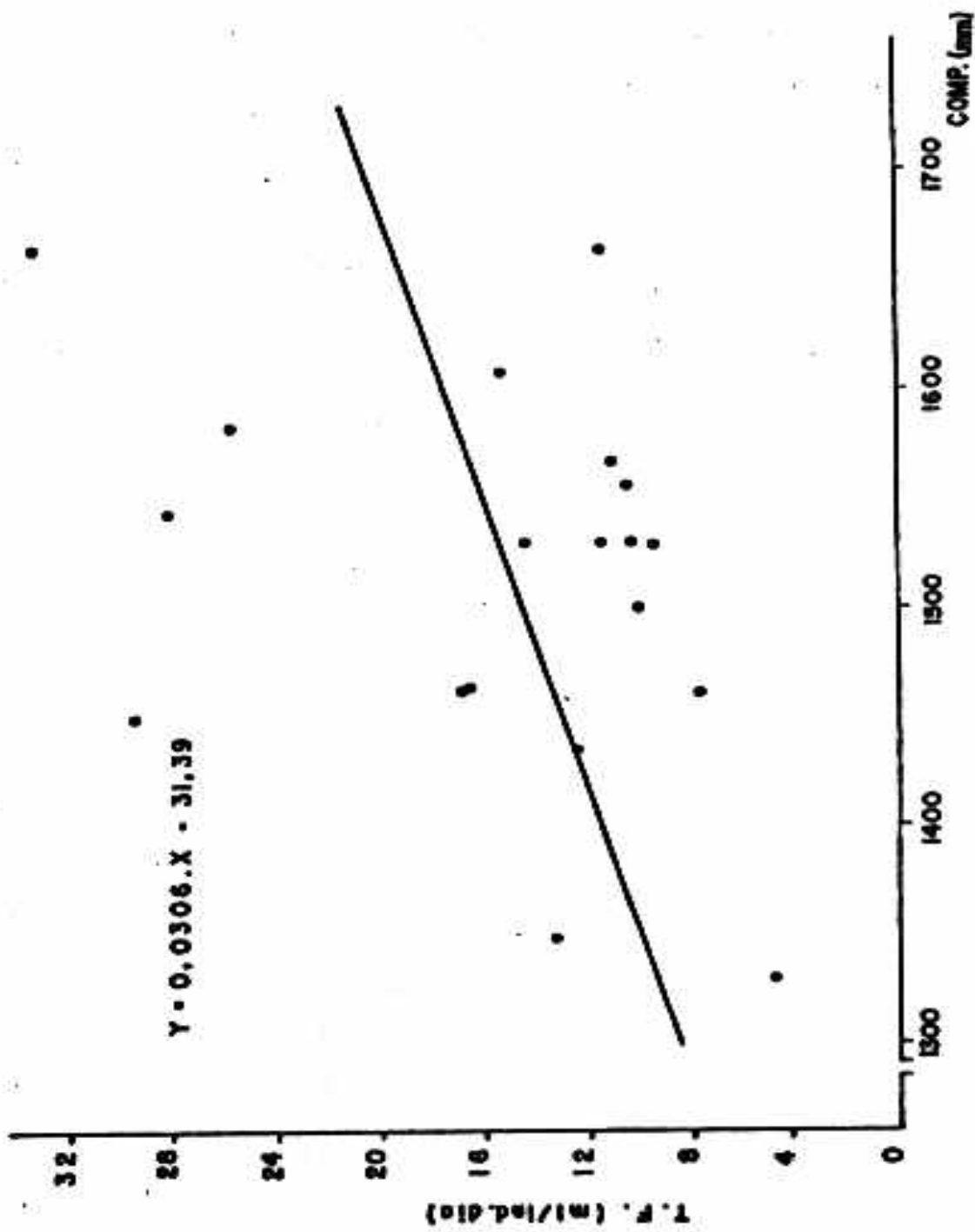


Figura 2 - Taxa de filtração x comprimento de fêmeas adultas de *Diaptomus (s.l.) corderoi*.

plâncton se alimenta. Tradicionalmente tem-se dividido seu comportamento alimentar em dois tipos: o tipo filtrador, característico da maioria dos cladóceros, e o raptorial, usado pelos carnívoros e a maioria dos ciclopóides herbívoros (ALLAN, 1976). No entanto, esta divisão tem sido recentemente criticada, e o conceito de filtradores tem dado lugar à noção de que toda a coleta de alimento do zooplâncton é essencialmente um processo raptorial, e portanto mais seletivo, de coleta de partículas de alimento (PETERS, 1984).

Considerando a influência que a temperatura exerce na nutrição zooplanctônica, adotou-se no presente estudo a incubação sob temperatura constante. A temperatura de 25°C foi usada pelo fato de ser mais próxima àquelas sob as quais *C. corderoi* está submetido no reservatório se comparada com as temperaturas normalmente utilizadas em estudos desta natureza em regiões temperadas, ou seja 15°C (PETERS e DOWNING, 1984).

Em relação ao alimento empregado nos experimentos, utilizou-se a alga verde *Chlorella vulgaris* por dois motivos: Em primeiro lugar porque esta alga pode ser um dos principais recursos a disposição do zooplâncton em certos reservatórios tropicais (PINTO-COELHO, 1983) e em segundo lugar porque ela é um dos principais componentes do fitoplâncton no Reservatório da Pampulha (GIANI et al., 1986).

A concentração das partículas é outro fator-chave (WILLIAMSON et al., 1985). Dependendo da concentração, o comportamento de alguns organismos zooplanctônicos pode mudar bastante. Segundo PETERS (1984), os animais podem passar de um padrão onde a taxa de alimentação é constante (Nº cêl./ind.dia) para um outro no qual a taxa de filtração é constante (ml/ind.dia) dependendo da concentração de partículas alimentares. No entanto, ao contrário dos cladóceros e rotíferos, os calanóides tendem a sofrer menos os efeitos de diferentes concentrações algais (PETERS e DOWNING, 1984). No presente estudo, as concentrações variaram entre 4,0 e 6,0 x 10⁵ cêl/ml.

Além dos fatores já mencionados, outros ligados à natureza do desenho experimental podem também alterar as taxas de filtração dos organismos zooplancctônicos. Dentre eles pode-se citar: a) enclausuramento do animal em um pequeno volume, b) idade da cultura de algas usadas e c) sedimentação das algas dentro das unidades experimentais (PETERS e DOWNING, 1984).

HANEY (1973) afirmou que as taxas de filtração e assimilação determinadas "in situ" são normalmente menores do que aquelas determinadas em laboratório. PETERS e DOWNING (1984) afirmaram que o contato com as paredes pode inibir a taxa de filtração de calanóides, mas por outro lado, pode estimular a alimentação daqueles organismos que são capazes de coletar partículas sedimentadas ou aderidas às paredes de frascos experimentais. A solução neste caso é diminuir o tempo de incubação. Segundo PETERS e DOWNING (1984), o tempo mais usado neste tipo de estudo é de 10 h, o que foi mantido no presente trabalho.

A idade das culturas é outro fator a considerar. O uso de culturas mais velhas tende a diminuir a taxa de filtração. É preferencial o uso de culturas em fase logarítmica de crescimento. TAVARES e MATSUMURA-TUNDISI (1984) constataram que a fase logarítmica para *Chlamydomonas* dura até 11 dias. No presente estudo utilizou-se culturas de *Chlorella* com até 10 dias de idade.

Graças às longas exposições (2-24 h) que o método exige, a sedimentação das algas pode alterar a concentração real na unidade experimental. Este problema foi minorado, no presente estudo, agitando-se manualmente as unidades experimentais em intervalos regulares.

Comparando-se os valores da taxa de filtração (T.F.) determinadas neste trabalho para *D. corderoi* com aqueles de outros calanóides oriundos de regiões temperadas, observa-se que os valores de T.F. de *D. corderoi* são maiores. RICHMAN e DODSON (1983), por exemplo, determinaram taxas de filtração para *D. siciloides* que variaram entre 2,9 e 3,6 ml/ind. dia

a 20°C. Já o valor médio das taxas de filtração para copépo des calanóides marinhos a 15°C, é de 7,6 ml/ind.dia (PETERS e DOWNING, 1984). Isto pode ser explicado pela maior temperatura usada (25°C) e também por diferenças específicas. Sa-be-se, por exemplo, que *D. corderoi* tende a prevalecer sobre *Argyrodiaptomus furcatus* em reservatórios eutróficos do Estado de São Paulo (SENDACZ et al., 1985). Isto talvez possa ser devido a uma maior habilidade de *D. corderoi* em coletar alimento, o que lhe traria vantagens adaptativas em ambientes eutróficos sobre outros calanóides.

Por outro lado, elevadas taxas de filtração não garantem que a assimilação também seja tão elevada. TAVARES e MATSUMURA-TUNDISI (1984) observaram que *A. furcatus* também apresentou valores elevados de taxa de filtração quando alimentados com *Chlorella zoofingensis*, mas por outro lado sua taxa de assimilação foi uma das menores determinadas em relação às cinco outras algas testadas.

Taxas de filtração tão elevadas ou ainda maiores do que as observadas no presente estudo já foram atribuídas a outros organismos. INFANTE e LITT (1985) observaram *Daphnia pulicaria* (comp. médio = 1,716 mm) filtrando 32,68 ml/ind.dia quando alimentadas com a alga *Tabellaria fenestrata* numa concentração de 10^3 cél/ml. *Brachionus plicatilis* (raça S-1) apresentou taxas de filtração entre 5,76 e 14,4 ml/ind.dia quando algas nanoplactônicas foram oferecidas como alimento em concentrações que variaram entre $2,0 \times 10^7$ e $1,0 \times 10^8$ cél/ml (YÓPERA e PASCUAL, 1985).

Portanto, conclui-se que os valores das taxas de filtração calculados para *D. corderoi* indicam que este calanóide pode exercer um importante papel na cadeia alimentar da comunidade planctônica do reservatório. A maior densidade já observada para formas adultas desta espécie na estação 4 (Represa da Pampulha) foi de $9,5 \times 10^3$ ind/m³ em julho de 1985 (GIANI et al., 1986). Se a média determinada para sua taxa de filtração (\bar{x} = 14,99 ml/ind.dia) for aplicada sobre aquele valor da densidade, chega-se à conclusão de que só a

população de adultos de *D. corderoi* teoricamente tem a capacidade de filtrar diariamente 14,24% da água do lago. É claro que este valor não deve ser encarado de maneira absoluta pois há variações sazonais e espaciais (horizontal e vertical) tanto nas abundâncias quanto no comportamento alimentar do zooplâncton, mas por outro lado ele ressalta o impacto que esta espécie pode exercer sobre o fitoplâncton do reservatório.

Resta finalmente frisar que outros estudos são ainda necessários para que se tenha uma idéia mais clara do comportamento alimentar de *D. corderoi*. Seria desejável conhecer como varia a sua taxa de filtração quando outras algas importantes na biomassa fitoplanctônica de represa são usadas. Nada se sabe, por exemplo, sobre o comportamento alimentar das outras fases de seu desenvolvimento (Nauplii e copepoditos). E por último lembrar que seria muito importante avaliar a nutrição desta espécie no próprio ambiente através do uso de técnicas "in situ" de determinação de taxas de filtração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. Life history patterns in zooplankton. *Am. Nat.*, 110 (971): 165-80, 1976.
- ARCIFA, M.S. Zooplankton composition of ten reservoirs in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 113: 137-45, 1984.
- ARNOLD, D.E. Ingestion, assimilation, survival and reproduction by *Daphnia pulex* fed seven species of blue green algae. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 906-20, 1971.
- BURNS, C.W. The relationship between body size of filter feeding cladocera and the maximum size of particle ingested. *Limnol. Oceanogr.*, 13: 675-8, 1968.

- BURNS, C.W. & RIGLER, F.H. Comparison of filtering rates of *Daphnia rosea* in lake water and in suspension of yeast. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 492-502, 1967.
- CIPOLLI, M.N. Morfologia externa das fases de desenvolvimento de *Diaptomus conderoi* Wright, 1936 (Crustacea, Copepoda, Calanoida). *Bol. Zool. Biol. Mar.* (Nova Série), 30: 567-612, 1973.
- FREIRE, B.M. & PINTO-COELHO, R.M. Composição e distribuição horizontal do zooplâncton no Reservatório de Vargem das Flores, Betim, Contagem, MG. *Ci. e Cult.*, 39 (5): 919-27, 1986.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. *Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 1983. 158p. (Série de Publ. Técnicas, SPT 010)
- GIANI, A.; PINTO-COELHO, R.M.; PELLI, A.; SILVA, J.A.; OLIVEIRA, S.M. *Eutrofização da Represa da Pampulha: fatores físico-químicos e organismos planctônicos como indicadores do estado trófico*. s.l.p. FUNDEP/SUDECAP, 1986. 28p. (Relatório final)
- GOLDMAN, C.R. & HORNE, A.I. *Limnology*. New York. McGraw-Hill, 1983. 464p.
- HANEY, J.F. An "in situ" examination of the grazing activities of natural zooplankton communities. *Arch. Hydrobiol.*, 72 (1): 87-132, 1973.
- INFANTE, A. & LITT, A.H. Differences between two species of *Daphnia* in the use of 10 species of algae in Lake Washington. *Limnol. Oceanogr.*, 30 (5): 1053-9, 1985.
- LEVIN, J. *Estatística aplicada à ciências humanas*. São Paulo, Harbra, 1978. 310p.
- PETERS, R.H. Methods for the study of feeding, grazing and

- assimilation by zooplankton. In: DOWNING, J.A. & RIGLER, F.H. *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. 2 ed. Oxford, Blackwell, 1984. (IBP Handbook, 17)
- PETERS, R.H. & DOWNING, J.A. Empirical analysis of zooplankton filtering and feeding rates. *Limnol. Oceanogr.*, 29 (4): 763-84, 1984.
- PINTO-COELHO, R.M. *Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil*. Brasília, DF, UnB, 1983. 163p. (Dissertação)
- 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.
- RIGLER, F. Feeding rates. In: EDMONDSON, W.T. & WINBERG, G. *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Oxford, Blackwell, 1971. p. 228-55. (IBP Handbook, 17)
- SENDACZ, S. A study of the zooplankton community of Billings reservoir, São Paulo. *Hydrobiologia*, 113: 121-7, 1984.
- SENDACZ, S.; KUBO, E.; FUJIARA, L.P. Further studies on the zooplankton community of a eutrophic reservoir in Southern Brazil. *Verh. Int. Verh. Limnol.*, 22: 1625-30, 1984.
- SENDACZ, S.; KUBO, E.; CESTAROLLI, M.A. Limnologia de reservatórios do sudeste do estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplâncton. *Bol. Inst. Pesca, SP*, 12 (1): 187-207, 1985.
- TAVARES, L.H.S. & MATSUMURA-TUNDISI, T. Feeding in adult females of *Argyrodiaptomus furcatus* (Sars, 1901), Copepoda-Calanoida of Lobo Reservoir (Broa), São Carlos, SP,

Brasil. *Hydrobiologia*, 113: 15-23, 1984.

YÓPERA, M. & PASCUAL, E. Effects of algal food concentration of feeding and ingestion rates of *Brachionus plicatilis* in mass culture. *Hydrobiologia*, 122: 181-7, 1985.

WILLIAMSON, C.E.; BUTLER, M.M.; FORCINA, L. Food limitation in naupliar and adult *Diaptomus pallidus*. *Limnol. Oceanogr.*, 30 (6): 1283-50, 1985.

WRIGHT, S. Preliminary report on six new species of *Diaptomus* from Brazil. *An. Acad. Bras. Ci.*, 8 (2): 79-85, 1936.

ENDEREÇO DOS AUTORES

PINTO-COELHO, R.M.; LIMA, S.S. e PELLI, A.
Universidade Federal Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Biologia Geral
Caixa Postal, 2486
30161 Belo Horizonte - MG