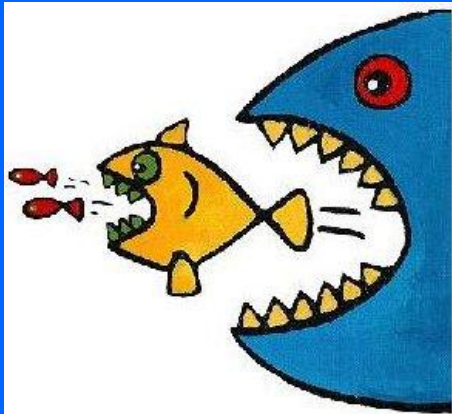


# Limnologia Aquicultura II



## Aula – 4b Ecologia Trófica II

Pinto-Coelho, R.M.

Departamento de Biologia Geral

Instituto de Ciências Biológicas – ICB- UFMG

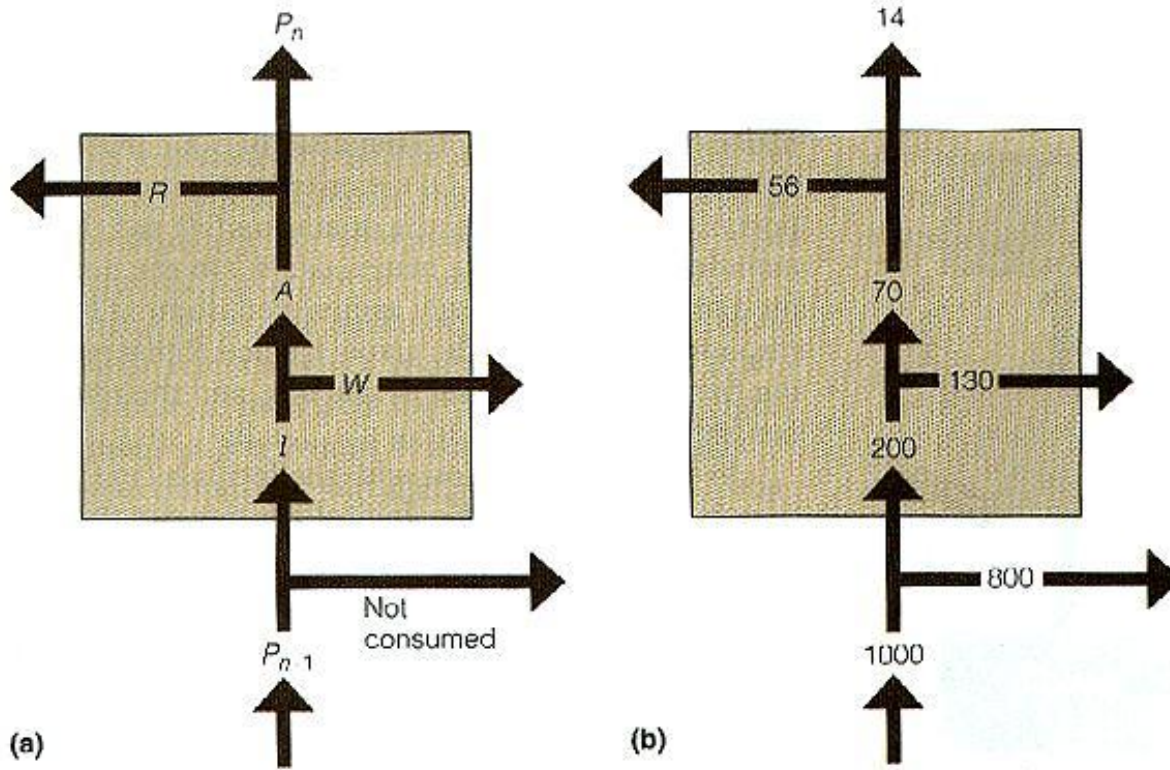
<http://ecologia.icb.ufmg.br/lgar/>



# Bases Teóricas

O estudo das interações tróficas nos ecossistemas é essencial para que possamos entender os diferentes aspectos funcionais envolvidos na manutenção da estrutura dos ecossistemas. O estudo das interações tróficas envolve considerável complexidade metodológica e um enfoque necessariamente multidisciplinar. Nessa aula iremos focar os diferentes aspectos funcionais envolvidos nas interações tróficas de ambientes aquáticos. Iremos comparar rios com lagos e iremos comparar o funcionamento de lagos temperados e tropicais. O objetivo maior nessa aula será portanto demonstrar ao aluno a grande multiplicidade de questões teóricas e “*approaches*” metodológicos envolvidos quando se trata de compreender as funções que os organismos desempenham para a estabilidade e manutenção dos ecossistemas.

## Fluxo de Energia e Compartimentos Tróficos



(a)

(b)

### Invertebrate herbivore efficiencies

$$I/P_{n-1} = 20\%$$

$$A/I = 35\%$$

$$P_n/A = 20\%$$

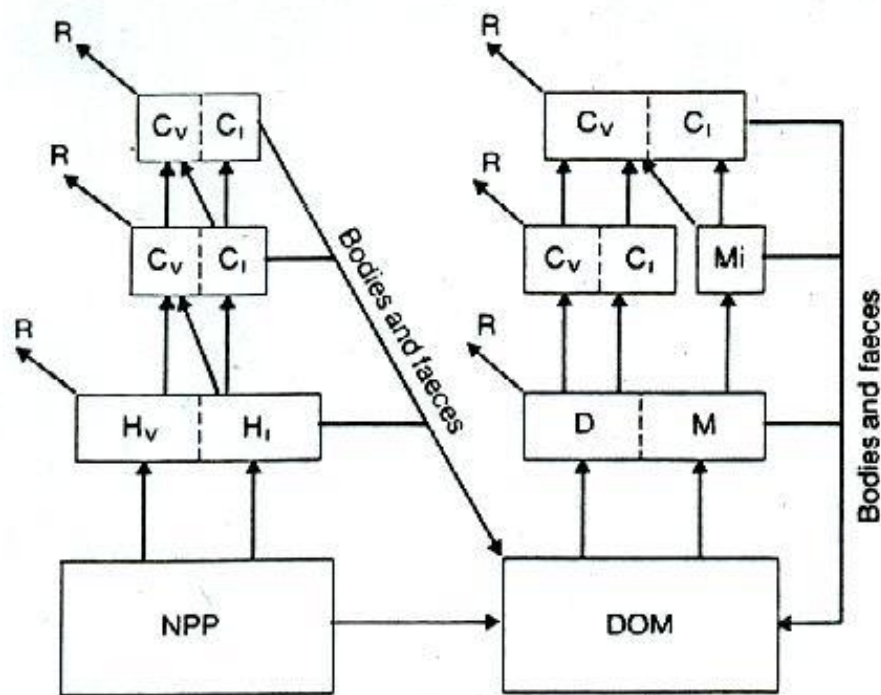
$W$  = Waste

$R$  = Respiration

**Figure 24.7** (a) Energy flow within a single trophic compartment. (b) A quantified example of energy flow through that compartment for an invertebrate herbivore. Values are kcal.

# Modelo Estrutura Trófica

Nos podemos modelar o funcionamento dos ecossistemas através do padrão de fluxo de energia existente em cada comunidade. O exemplo ao lado ilustra que tanto a cadeia de pastoreio quanto a cadeia de detritos podem ser muito importantes nos ecossistemas terrestres.



- |     |   |                        |    |                |
|-----|---|------------------------|----|----------------|
| v   | - | Vertebrate             | C  | Garnivore      |
| i   | - | Invertebrate           | D  | Detritivore    |
| NPP |   | Net primary production | M  | Microorganisms |
| DOM |   | Dead organic matter    | Mi | Microbivore    |
| H   |   | Herbivore              | R  | Respiration    |

Figure 18.19. A generalized model of trophic structure and energy flow for a terrestrial community. (After Heal & MacLean, 1975.)

**Table 18.6.** Calculated consumption, assimilation, egestion, production and respiration by heterotrophs per 100J m<sup>-2</sup> net annual primary production in a hypothetical grassland community. (After Heal & MacLean, 1975.)

Taxas estimadas de consumo, assimilação, egestão, respiração e produção de organismos heterófitos em um ecossistema de gramado.

	Consumption	Assimilation	Egestion	Production	Respiration
<i>Grazer system</i>					
<i>Herbivores</i>					
vertebrate	25.00	12.50	12.50	0.25	12.25
invertebrate	4.00	1.60	2.40	0.64	0.96
<i>Carnivores</i>					
vertebrate	0.16	0.13	0.03	0.003	0.127
invertebrate	0.17	0.135	0.035	0.040	0.095
<i>Decomposer system</i>					
<i>Decomposers + detritivores</i>					
microbial decomposers	136.38	136.38	0	54.55	81.83
invertebrate detritivores	15.15	3.03	12.12	1.21	1.82
<i>Microbivores</i>					
invertebrates	10.91	3.27	7.64	1.31	1.96
<i>Carnivores</i>					
vertebrates	0.04	0.03	0.01	0.001	0.029
invertebrates	0.65	0.52	0.13	0.16	0.36
<i>Total</i>	192	157	35	58	99
<i>Percentage passing through:</i>					
grazer system	15.2	9.2	42.9	1.6	13.5
decomposer system	84.8	90.8	57.1	98.4	86.5

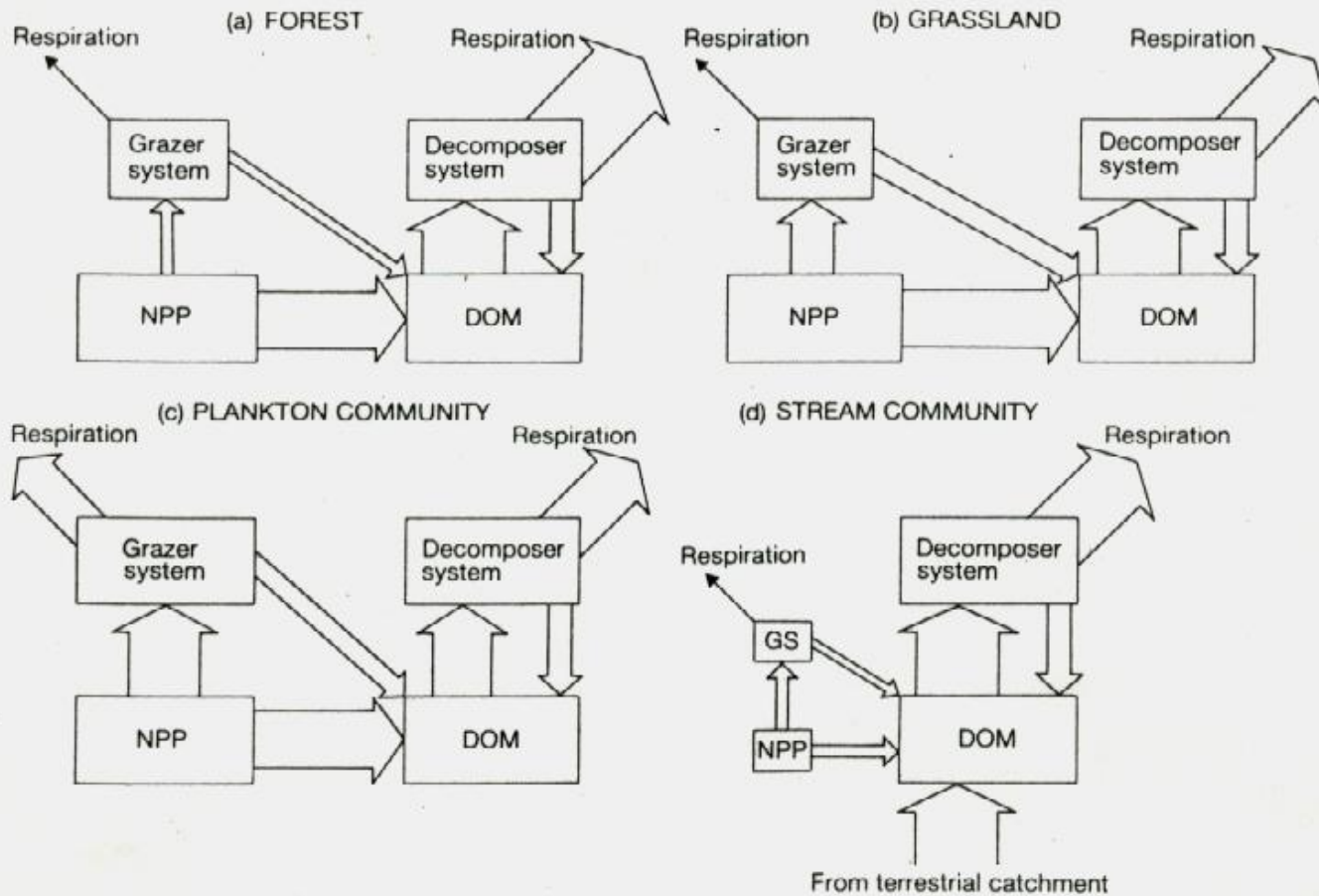
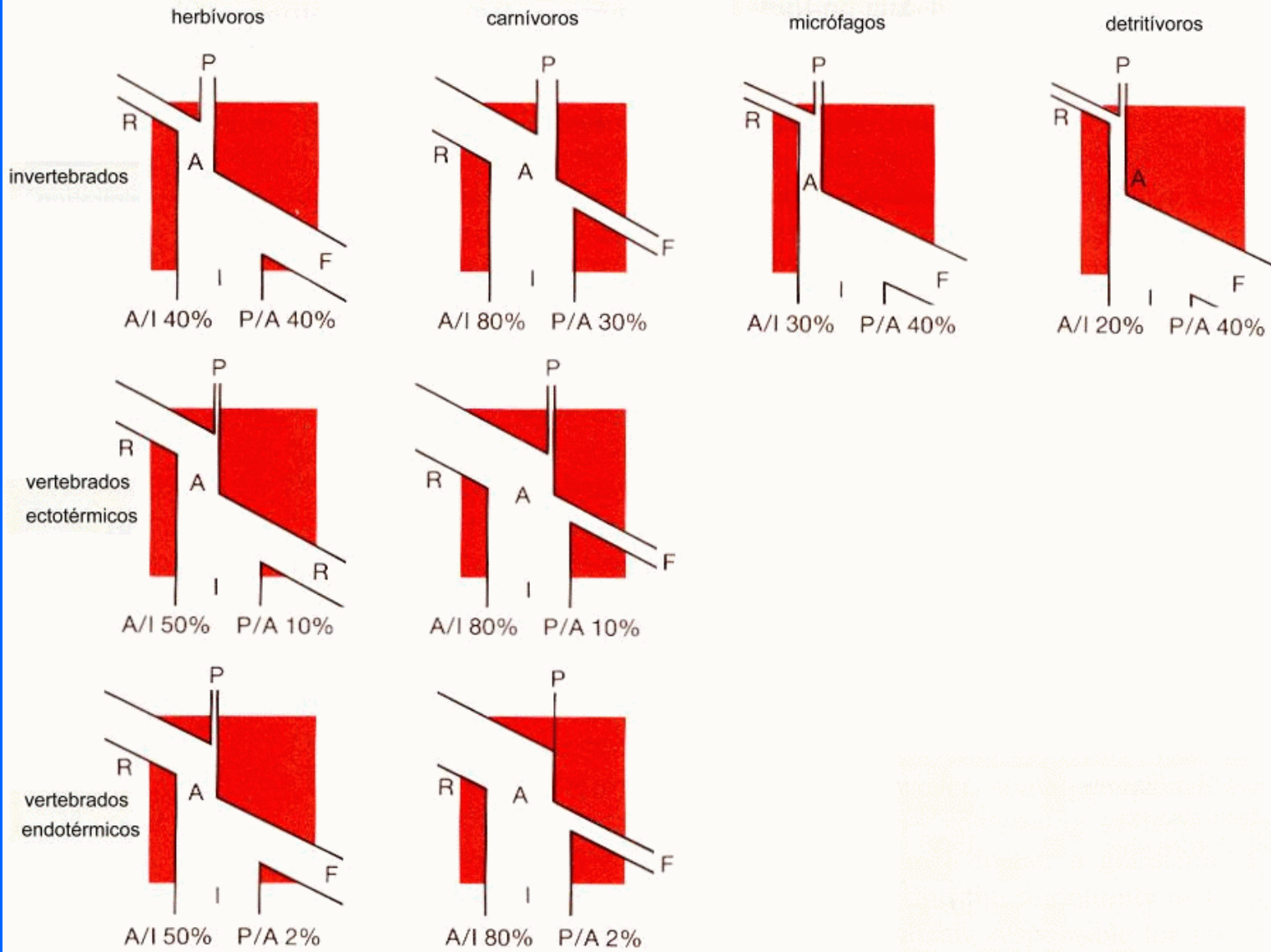
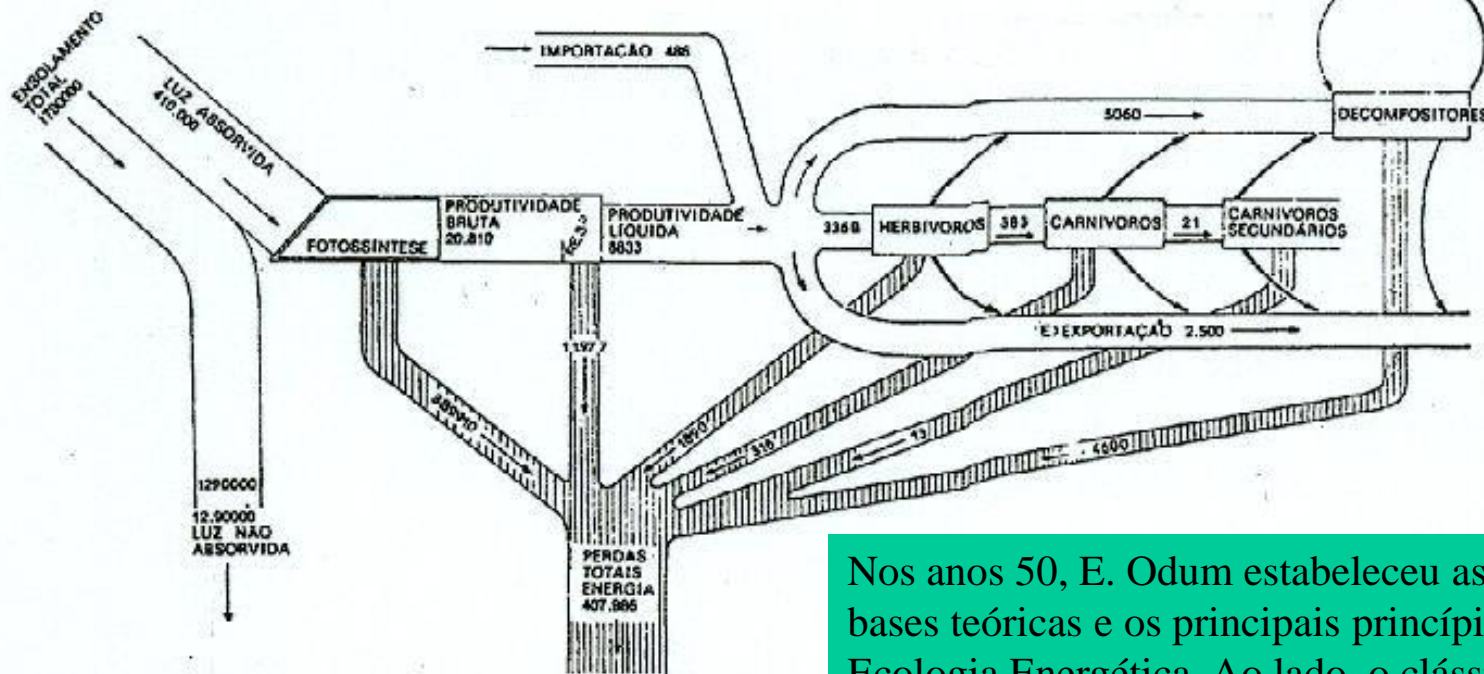


Figure 18.23. General patterns of energy flow for (a) a forest, (b) a grassland, (c) a plankton community in a large lake or the sea, (d) the community of a stream or small pond. Relative sizes of boxes and arrows are

proportional to relative magnitudes of compartments and flows. NPP = net primary production, DOM = dead organic matter.

## Padrões de Fluxo de Energia nos Ecossistemas (Begon et al. 1994)





## Modelo Trófico-Dinâmico Silver Springs, FLA.

Eugene P. Odum (1953)

Nos anos 50, E. Odum estabeleceu as bases teóricas e os principais princípios da Ecologia Energética. Ao lado, o clássico esquema do fluxo de energia em Silver Springs, Florida. Nesse esquema fica claro o importante papel dos ecossistemas do tipo “áreas úmidas ou regatos” em exportar energia e matéria para os ecossistemas vizinhos; por outro lado fica também evidente a dependência da biota local em relação aos recursos alóctones.



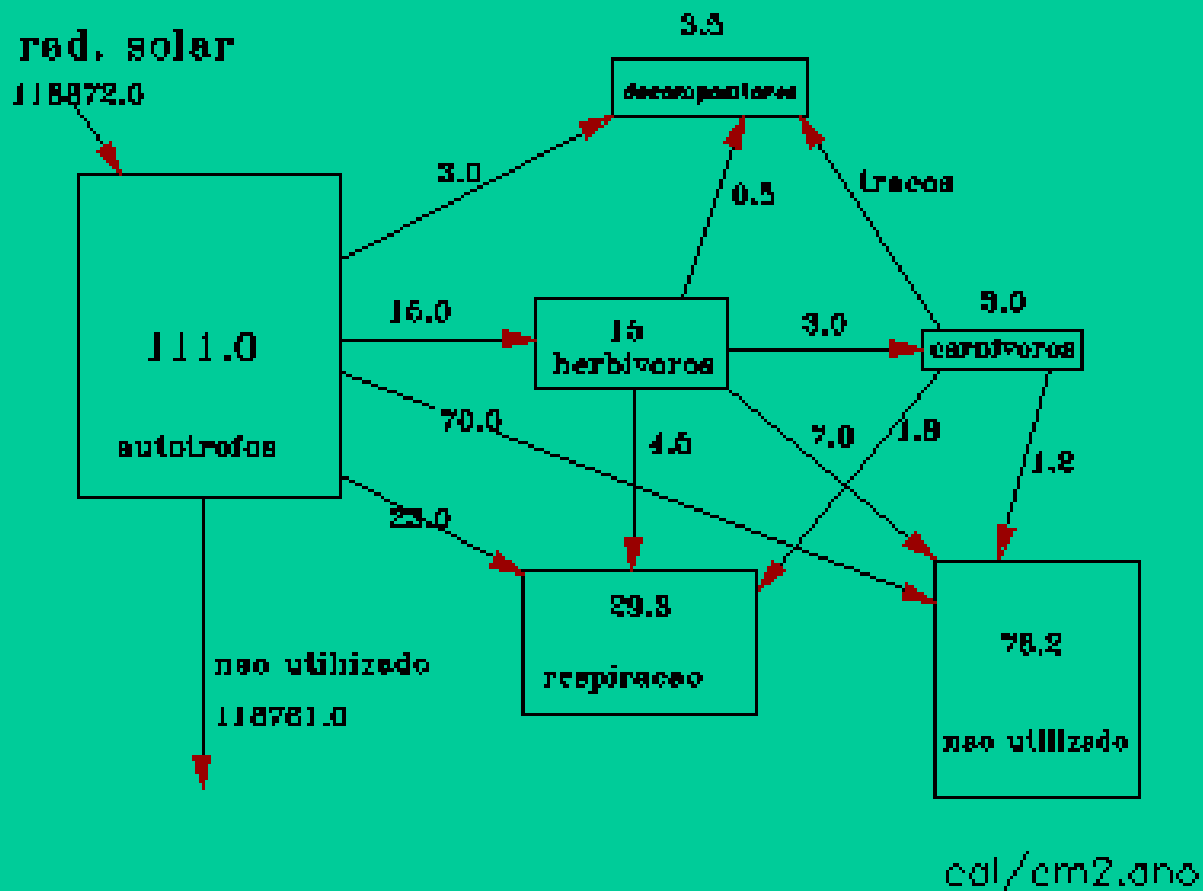


Figure 5 Fluxo de energia em Cedar Bog Lake (modificado de Kormondy, 1976).

Modelo Trófico-Dinâmico  
Cedar Bog Lake, USA

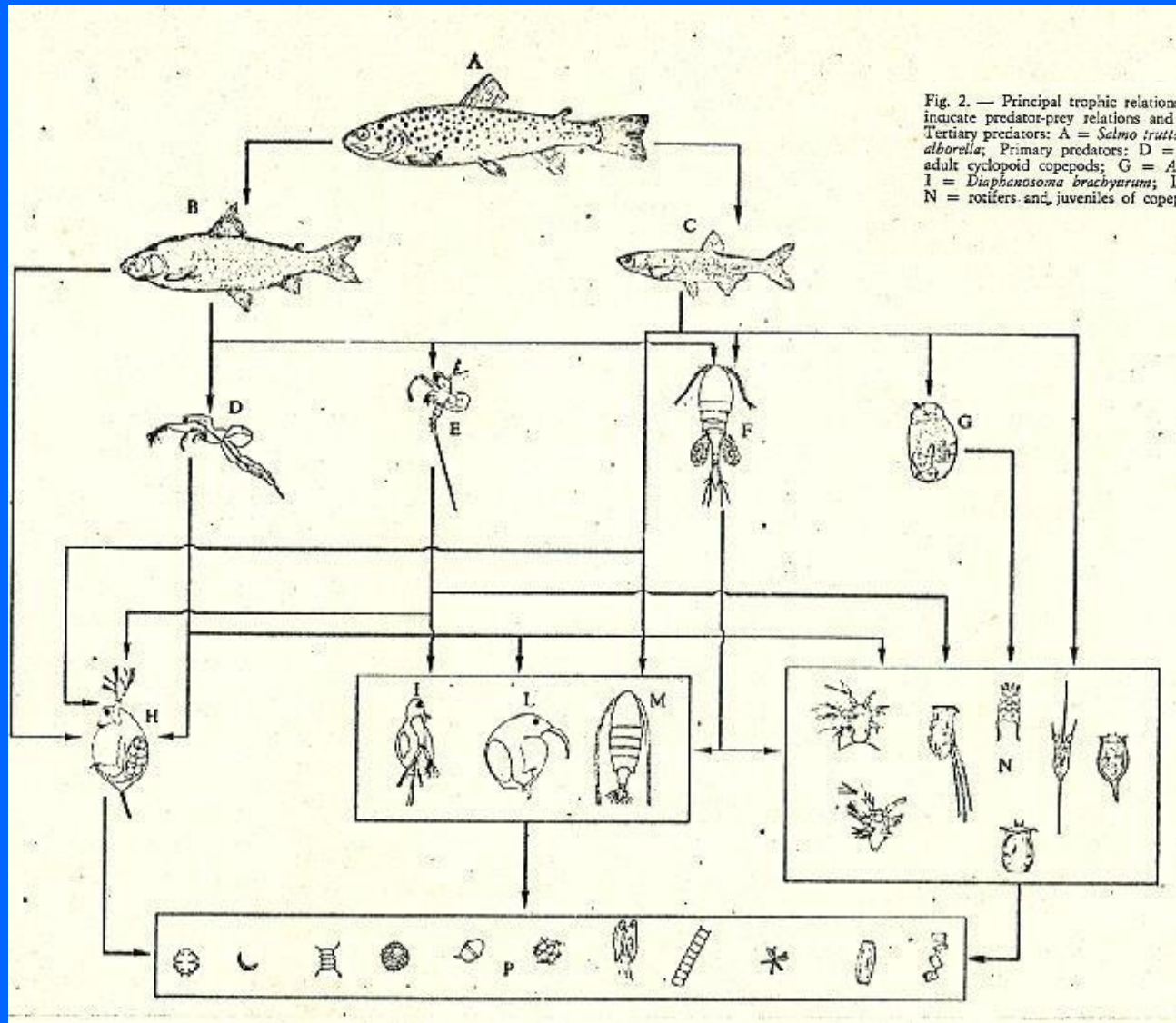


Fig. 2. — Principal trophic relations within the pelagic food chain of Lago Maggiore. Arrows indicate predator-prey relations and different levels indicate organisms linked by competition. Tertiary predators: A = *Salmo trutta*; Secondary predators: B = *Coregonus* sp.; C = *Alburnus alburnella*; Primary predators: D = *Leptodora kindtii*; E = *Bythotrephes longimanus*; F = adult cyclopoid copepods; G = *Acanthocyclops vernalis*; Herbivores: H = *Daphnia hyalina*; I = *Diaphanosoma brachyurum*; L = *Bosmina coregoni*; M = adult diaptomid copepods; N = rotifers and juveniles of copepods; Primary producers = phytoplankton.

Datam ainda dos anos 60, as primeiras tentativas de modelagem das relações tróficas nos grandes lagos alpinos europeus. No exemplo, ao lado, temos um desses modelos aplicado ao Lago Maggiore, Itália.

Cadeia Alimentar Típica de Lagos Pré-alpinos (Temperados)  
Lago Maggiore, Italia

## Cadeias Tróficas Aquáticas e o Zooplâncton

Nos anos 60, os limnólogos perceberam as grandes diferenças funcionais existentes nas interações tróficas de lagos. Uma das primeiras coisas estudadas foi o efeito da eutrofização na estrutura trófica dos lagos

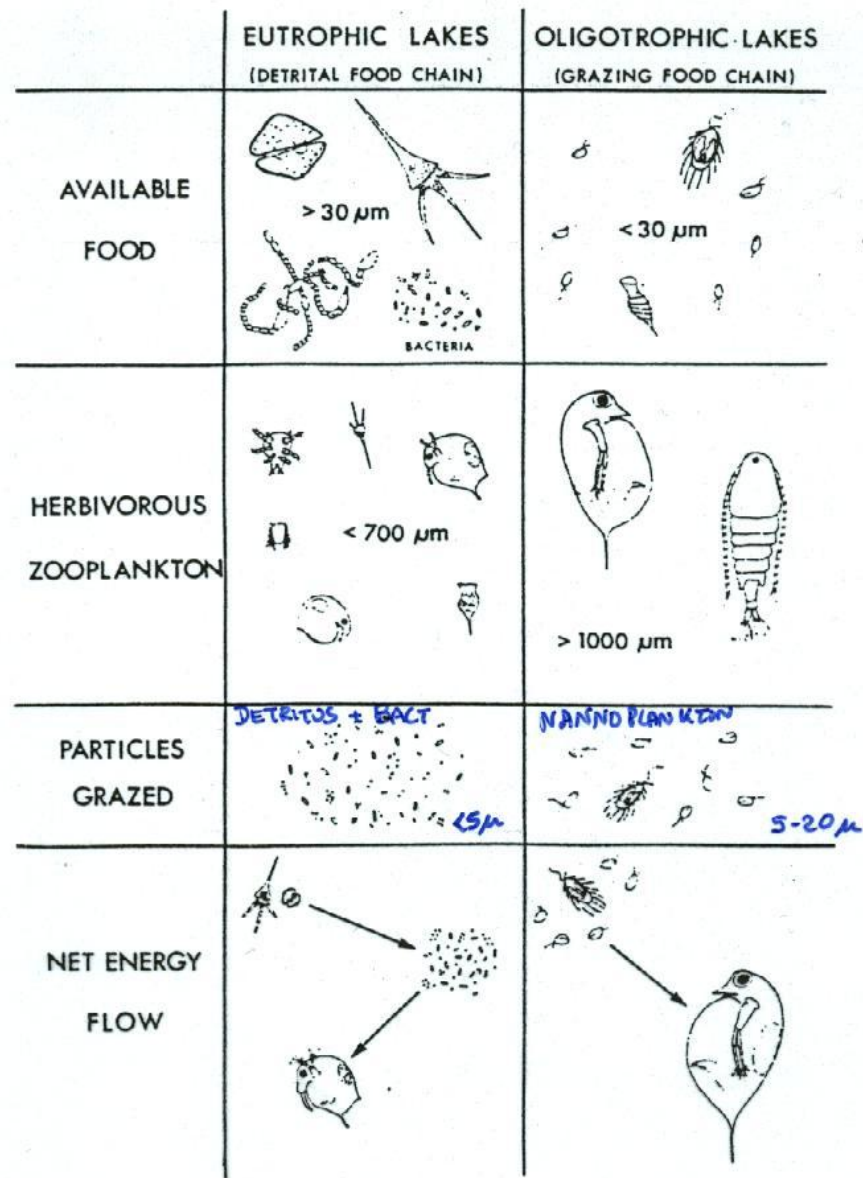


Figure 1. Schematic representation of Hillbricht-Ilkowska's (1977) summary of energy flow in european lakes. *Importance of body size relationships*

# Tipos de Cadeias Alimentares e a Produção de Peixes

Um pouco mais tarde (anos 70 e 80), os limnólogos perceberam que as cadeias alimentares não são influenciadas apenas por fatores vindo de baixo (“bottom up”) mas também é de se considerar os efeitos dos predadores (“top down”) na estruturação das cadeias.

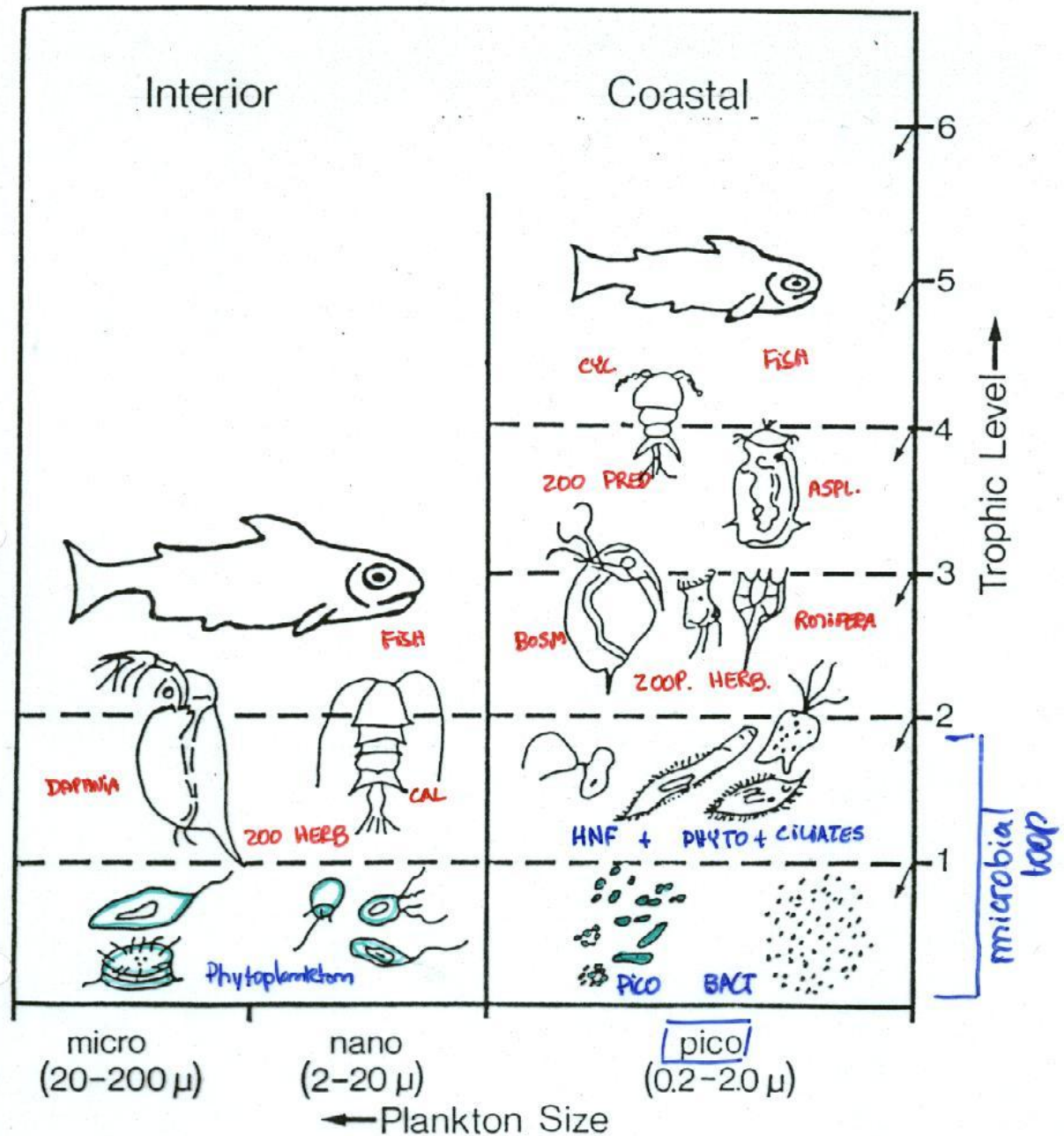
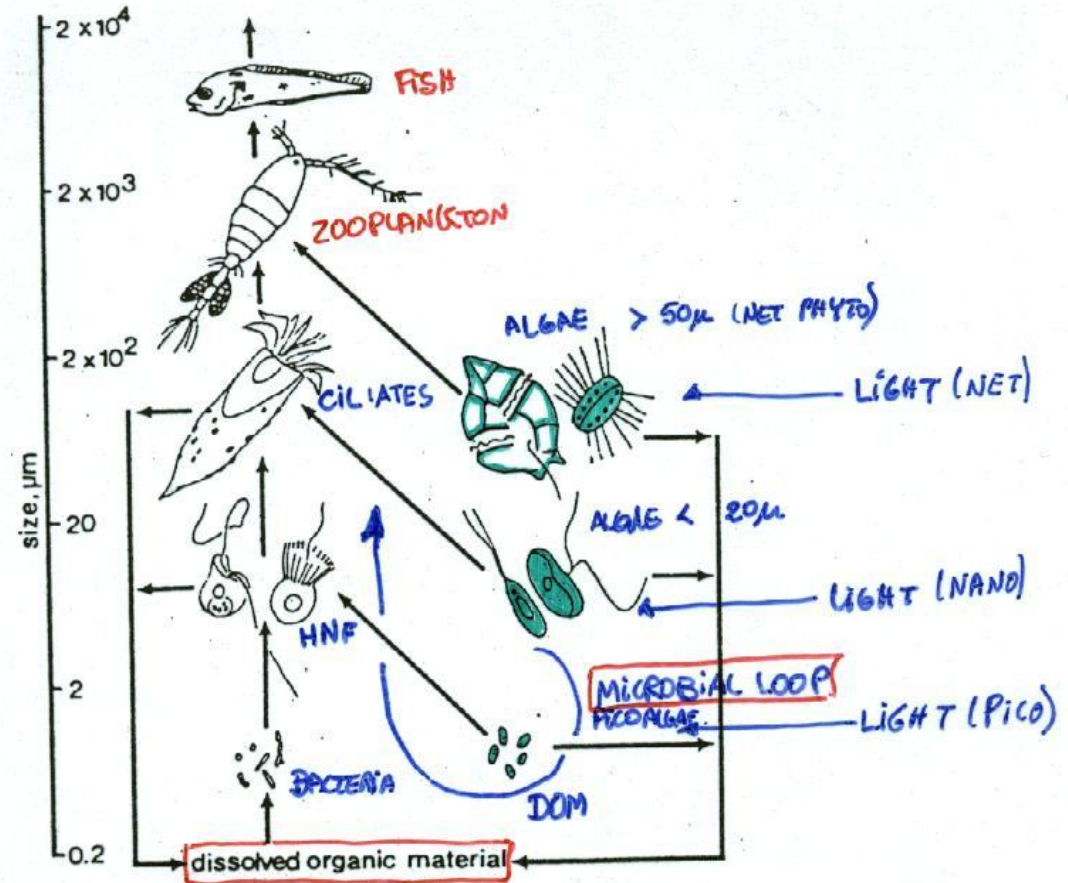


Fig. 6. Relative differences in importance of various pathways for energy transfer between trophic levels in British Columbia coastal and interior sockeye salmon nursery lakes.

## “Elo Microbiano”

A noção “classica” até então existente em Ecologia, ou seja, de que todas as cadeias tróficas estão embasadas em produtores primários ruiu quanto o microbiologista Farouk Azam, (Scripps Foundation, San Diego, USA), no início dos anos 80, propôs a via do “Microbial Loop” como uma das principais rotas tróficas existentes em oceanos e lagos.



MICROBIAL LOOP AND THE CLASSICAL FOOD CHAIN IN AQUATIC SYSTEMS (OPEN WATERS)

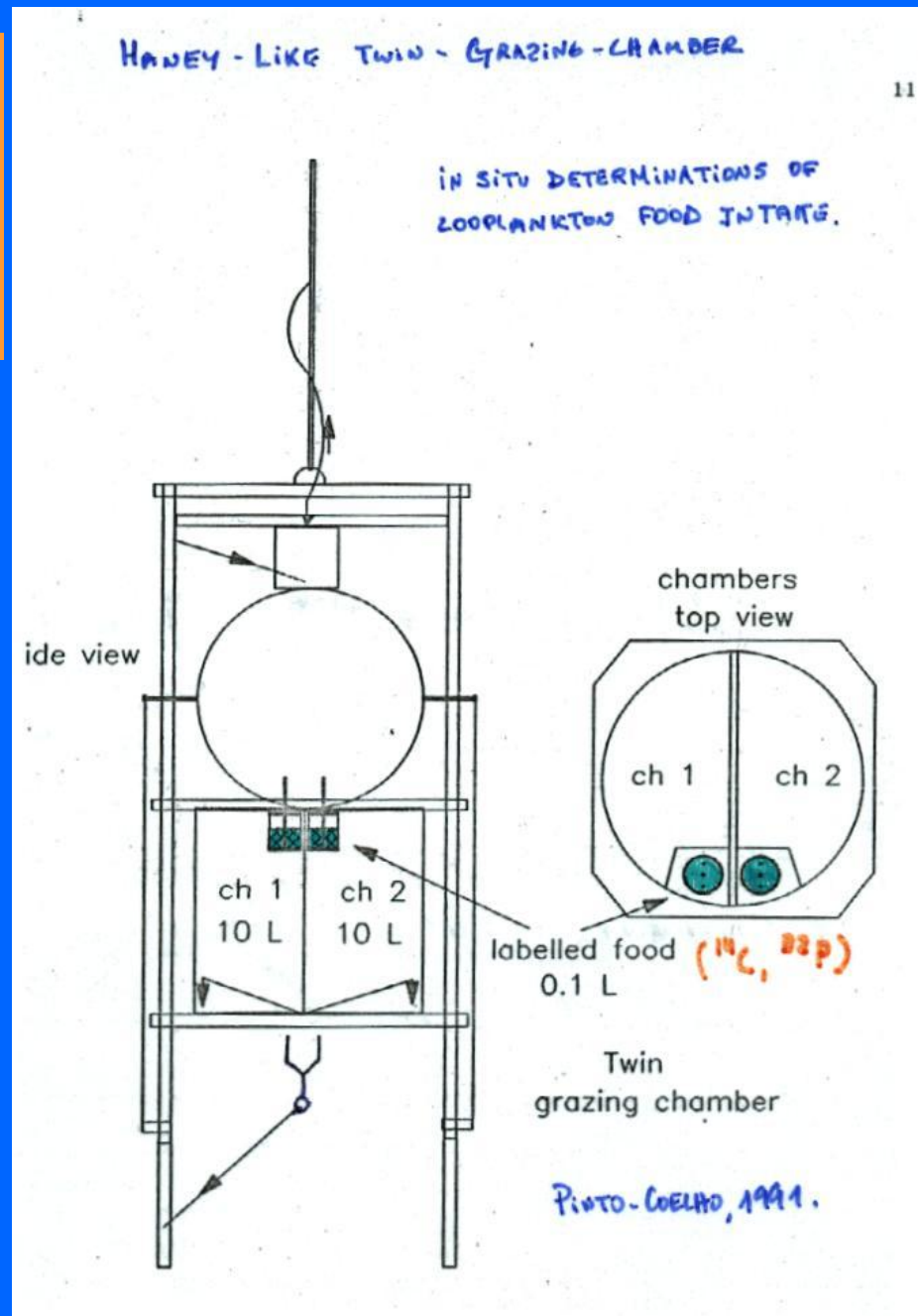
## Lago de Constança (Bodensee), Alemanha Federal

O lago de Constance situa-se no sul da Alemanha, na divisa com a Suíça e Áustria. Trata-se de um lago pré-alpino, profundo (> 150 m), de grande porte (> 500 Km<sup>2</sup>). Sendo a principal reserva de água potável do sul da Alemanha, o lago é objeto de intensas pesquisas limnológicas. Existem dois grandes centros de pesquisa em suas margens (Konstanz e Überlingen).

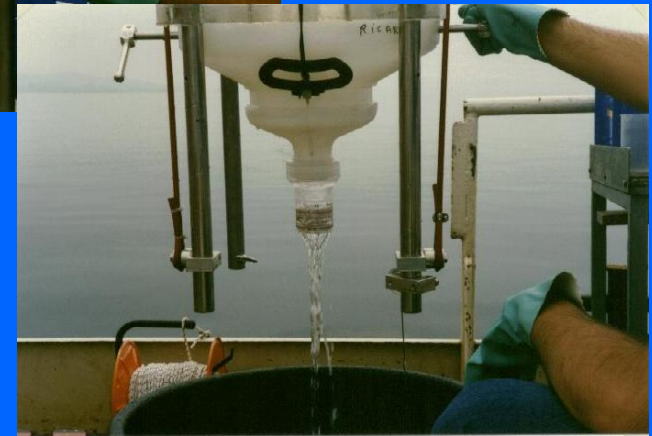
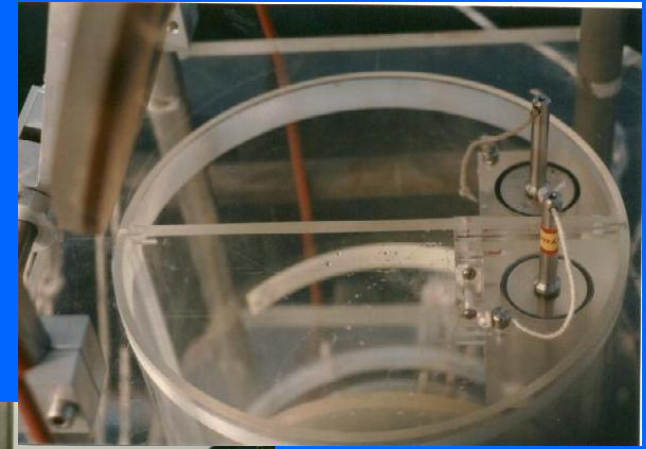


# Câmara experimental para a determinação “in situ” das taxas de filtração do zooplâncton

O uso de novas tecnologias foi primordial para o desenvolvimento teórico da ecologia trófica. Nesse sentido, destacam-se o uso de técnicas experimentais para o trabalho de campo associadas ao uso de radioisótopos. Essas técnicas foram usadas no Lago de Constance para determinar o papel da herbivoria do zooplâncton. Foram examinadas os ciclos diurnos, a sazonalidade e o papel de diferentes “guildas tróficas” no fluxo de energia entre produtores primários e consumidores do lago (Pinto-Coelho, 1991)



Experimentos “in situ” para a determinação das taxas de consumo de algas pelo zooplâncton no L. Constance.

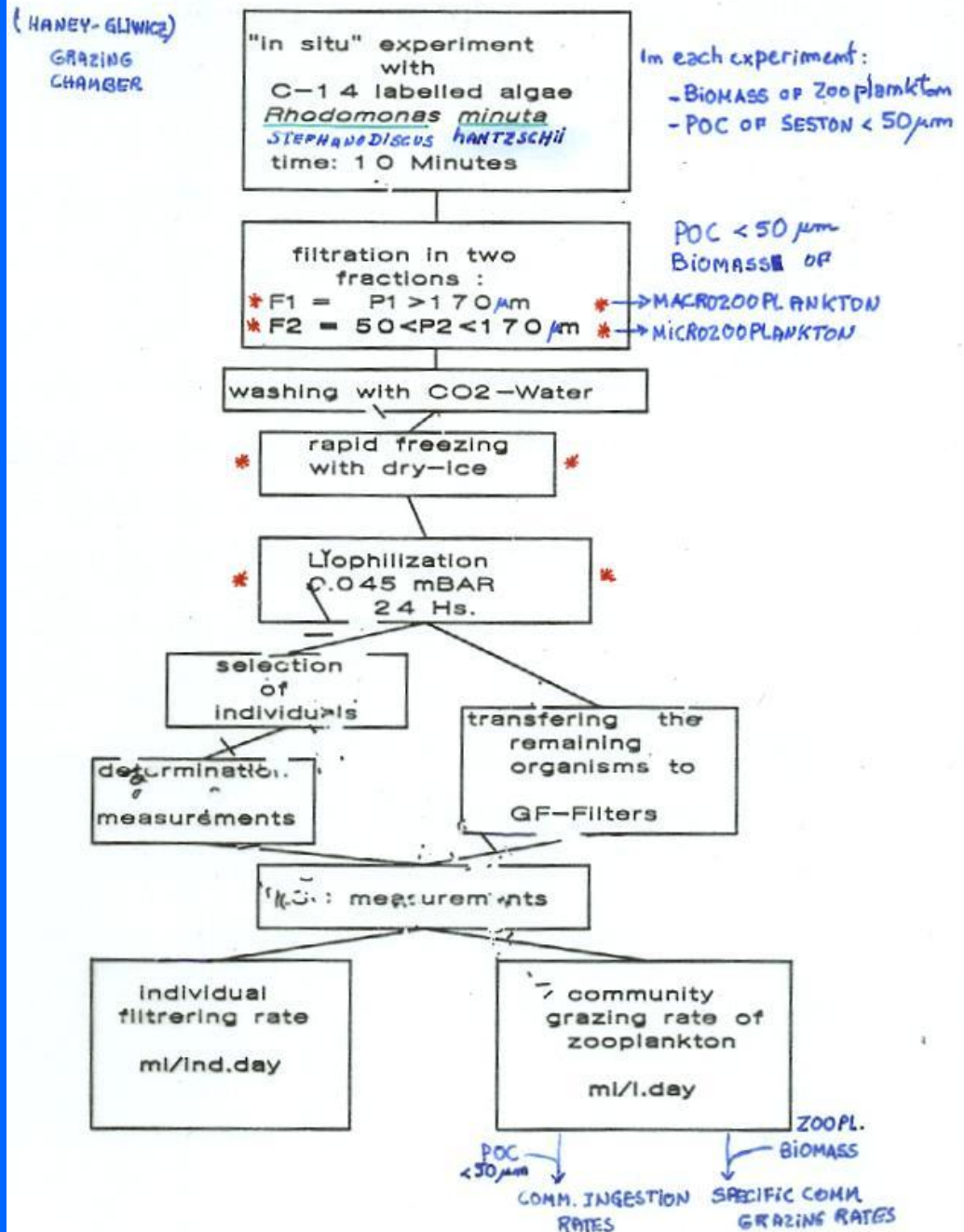




# Metodologia para a determinação das taxas de filtração do zooplâncton

Os experimentos consistiam de uma curta exposição (5-10 min) do zooplâncton a uma solução algal onde as algas eram previamente marcadas com  $^{14}\text{C}$ . Em seguida, o zooplâncton era filtrado e rapidamente congelado. A seguir, as amostras eram submetidas a uma ultrassecagem (lío-filizador) antes de serem processadas para serem submetidas ao processo de contagem de radiação (cpm, dpm). Essa técnica permitiu a determinação das taxas de filtração de cada uma das espécies que compõem o grupo de herbívoros do mesozoplâncton do Lago de Constance.

## Grazing rate of Zooplankton



## Taxas de Filtração Zooplâncton

Nos gráficos, ao lado, temos as taxas de filtração de dois “organismos chave” no zooplâncton do lago, ou seja, *Daphnia galeata* e *D. hyalina*. Essas duas espécies dominam a biomassa da comunidade em períodos de grande metabolismo no lago tais como durante o “clear water phase” fase na qual o zooplâncton local consome praticamente toda a produção primária da zona pelágica.

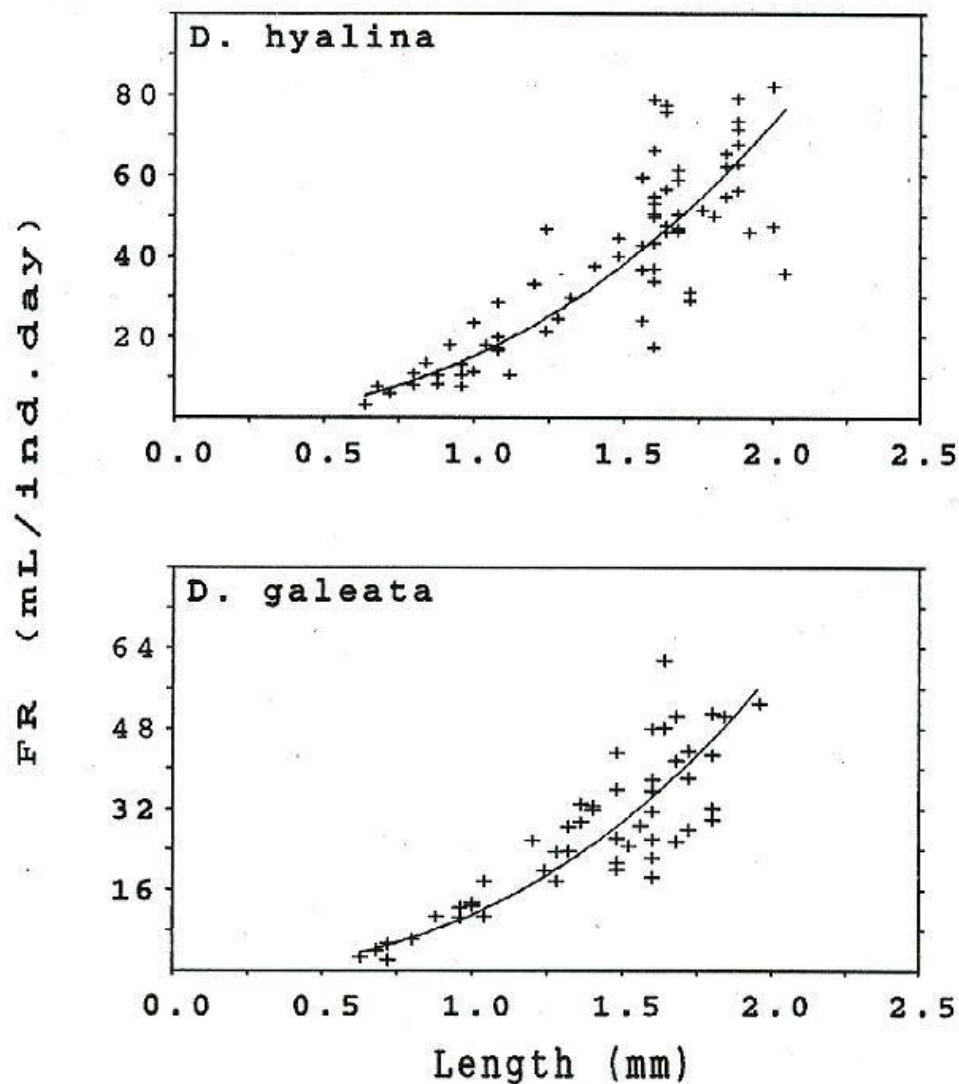


Figure 20 Filtering rates of *D. hyalina* and *D. galeata* in L. Constance during the clear-water phase (23/May/89, night values, 0-6 m). *S. hantzschii* used as experimental food. See also Tab 11 for regressions.

## Taxas de Filtração Zooplâncton

A técnica ainda nos possibilitou a determinação das taxas de filtração de outras espécies importantes para o zooplâncton local tais como os copépodes *Eudiaptomus gracilis* e o ciclopóide *Mesocyclops*

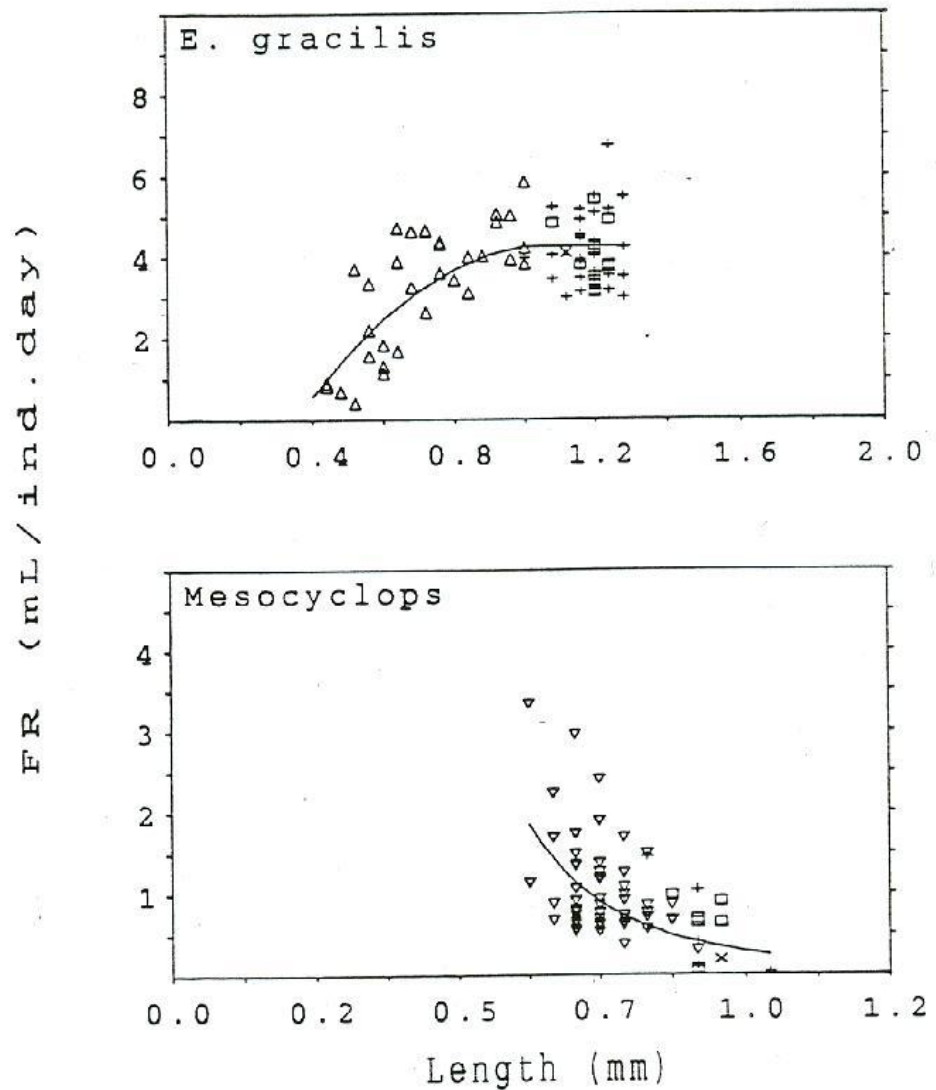


Figure 22 In situ filtering rates of the copepods *E. gracilis* (summer 1988) and *M. leuckarti* (spring 1989). Triangles: copepodites, cross: females, squares: females with eggs and 'x': males. See Tabs. 11 and 12.

# Taxas de Filtração Zooplâncton

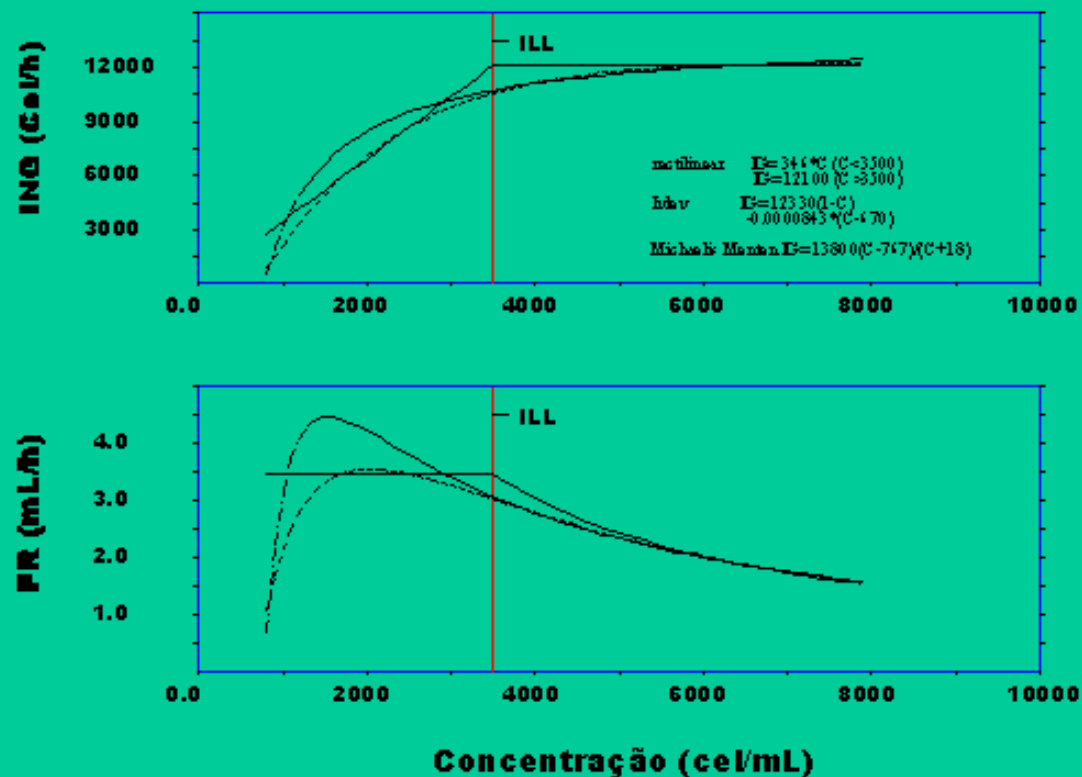
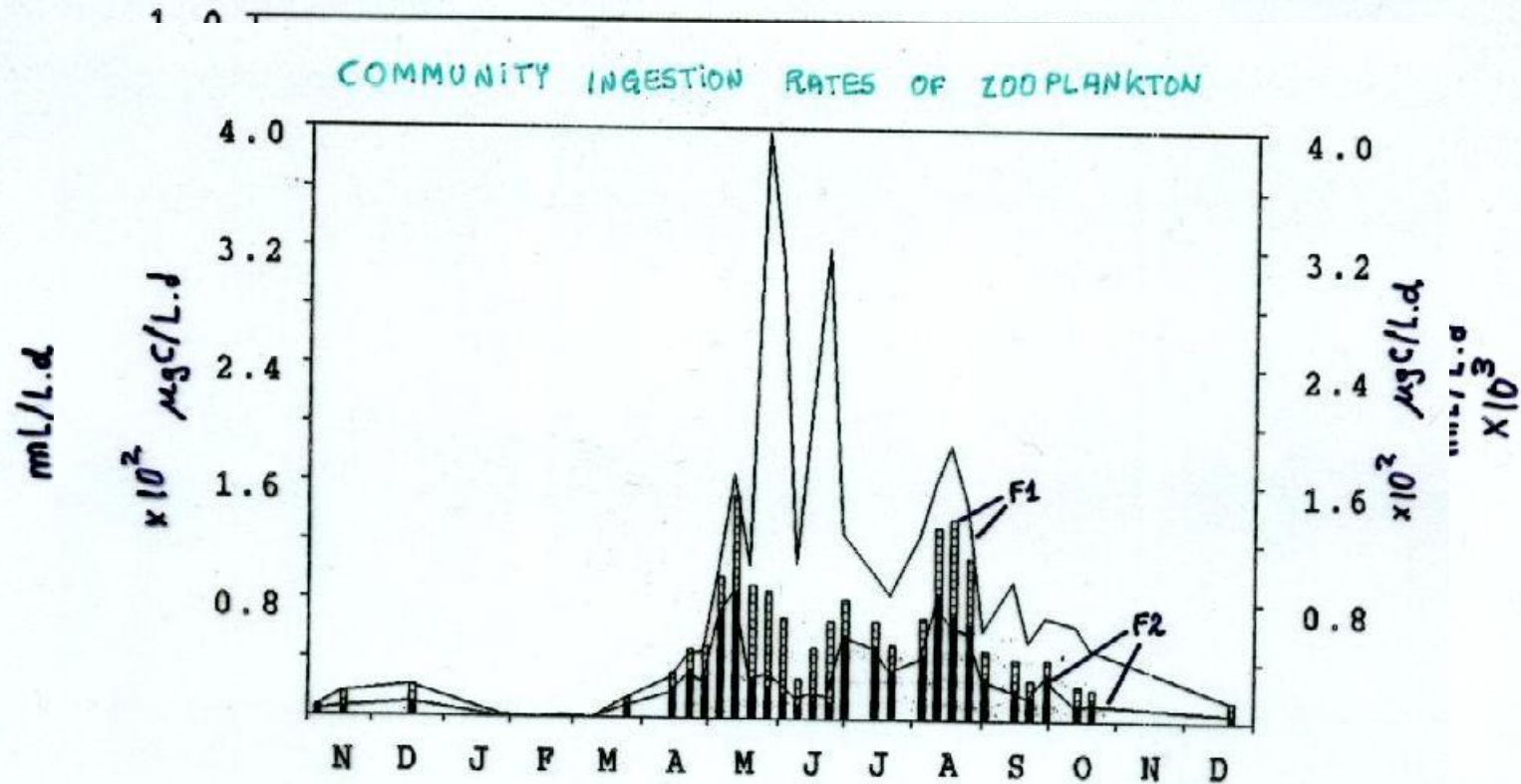


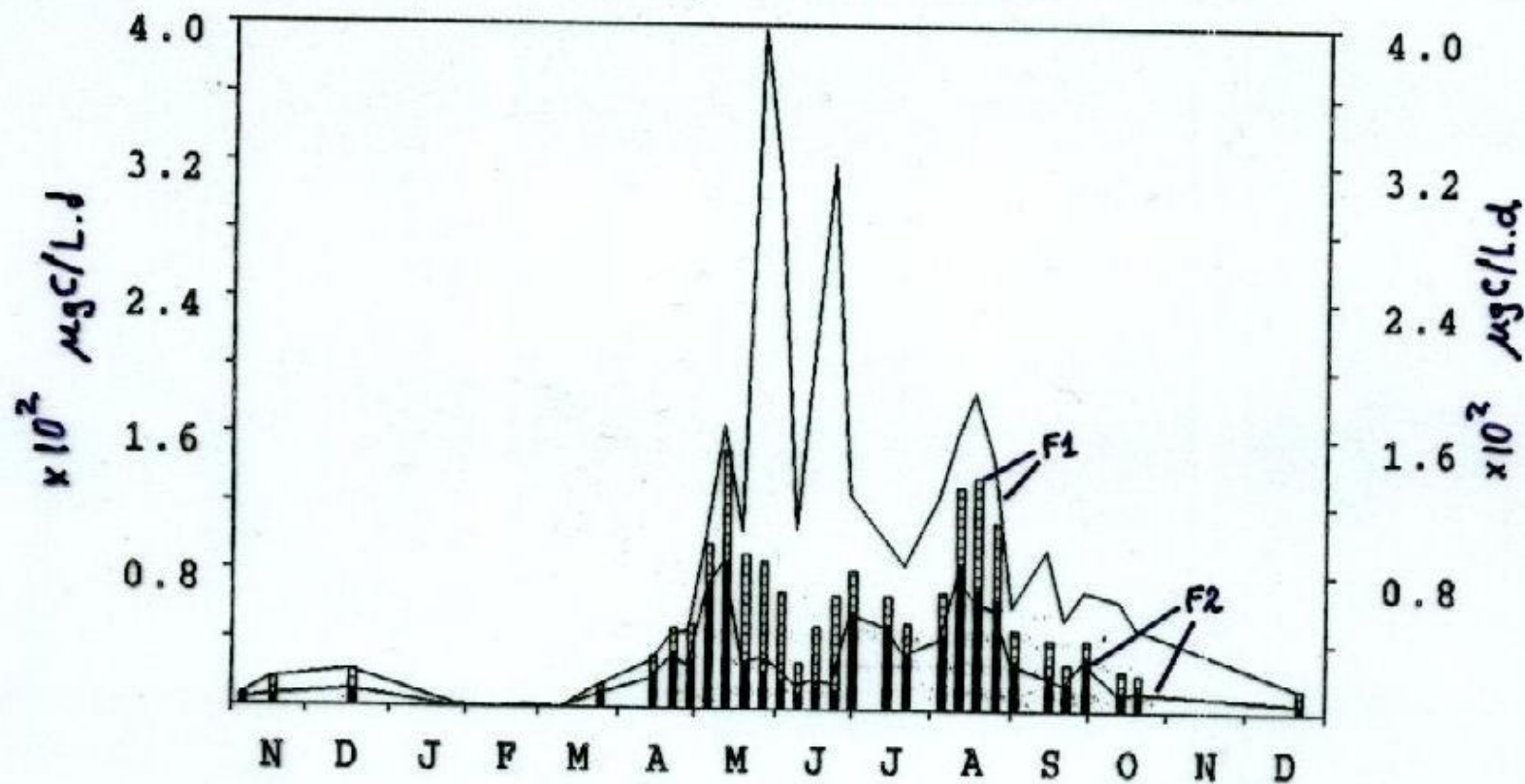
Figure 4 Relação entre a taxa de ingestão (IG) e taxa de filtração (FR) e a concentração de partículas alimentares em organismos zooplanctônicos filtradores.

## COMMUNITY GRAZING RATES OF ZOOPLANKTON



A pesquisa ainda nos possibilitou uma avaliação preliminar da importância do zooplâncton de pequeno porte (rotíferos) no metabolismo geral do lago

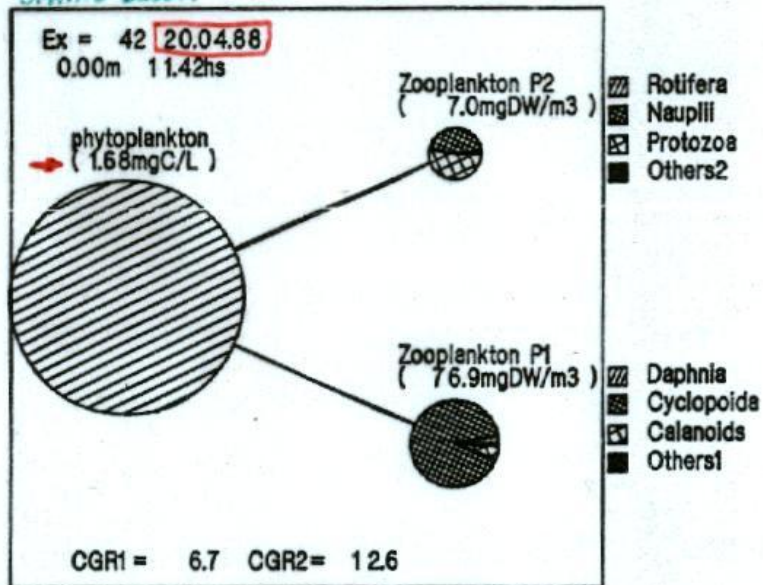
## COMMUNITY INGESTION RATES OF ZOOPLANKTON



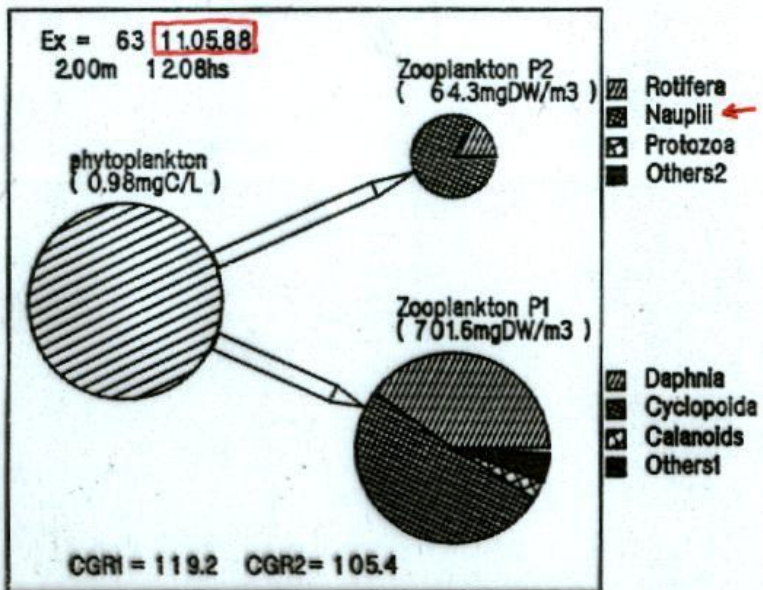
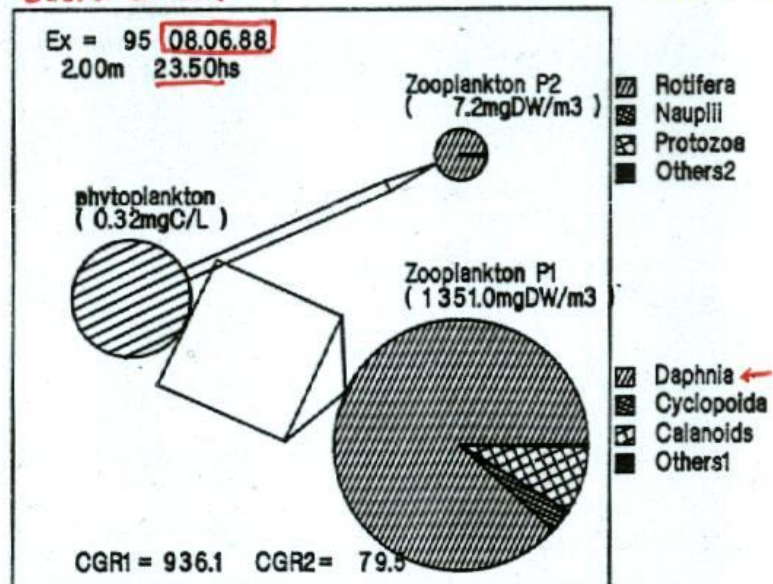
# LAKE CONSTANCE (ÜBERLINGERSEE) 1988

Pinto-Coelho (199)

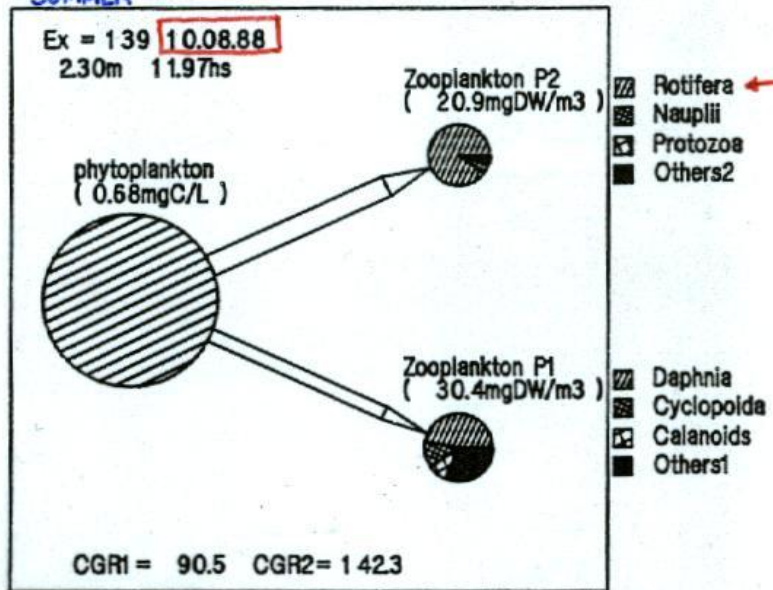
## SPRING BLOOM



## CLEAR-WATER



## SUMMER



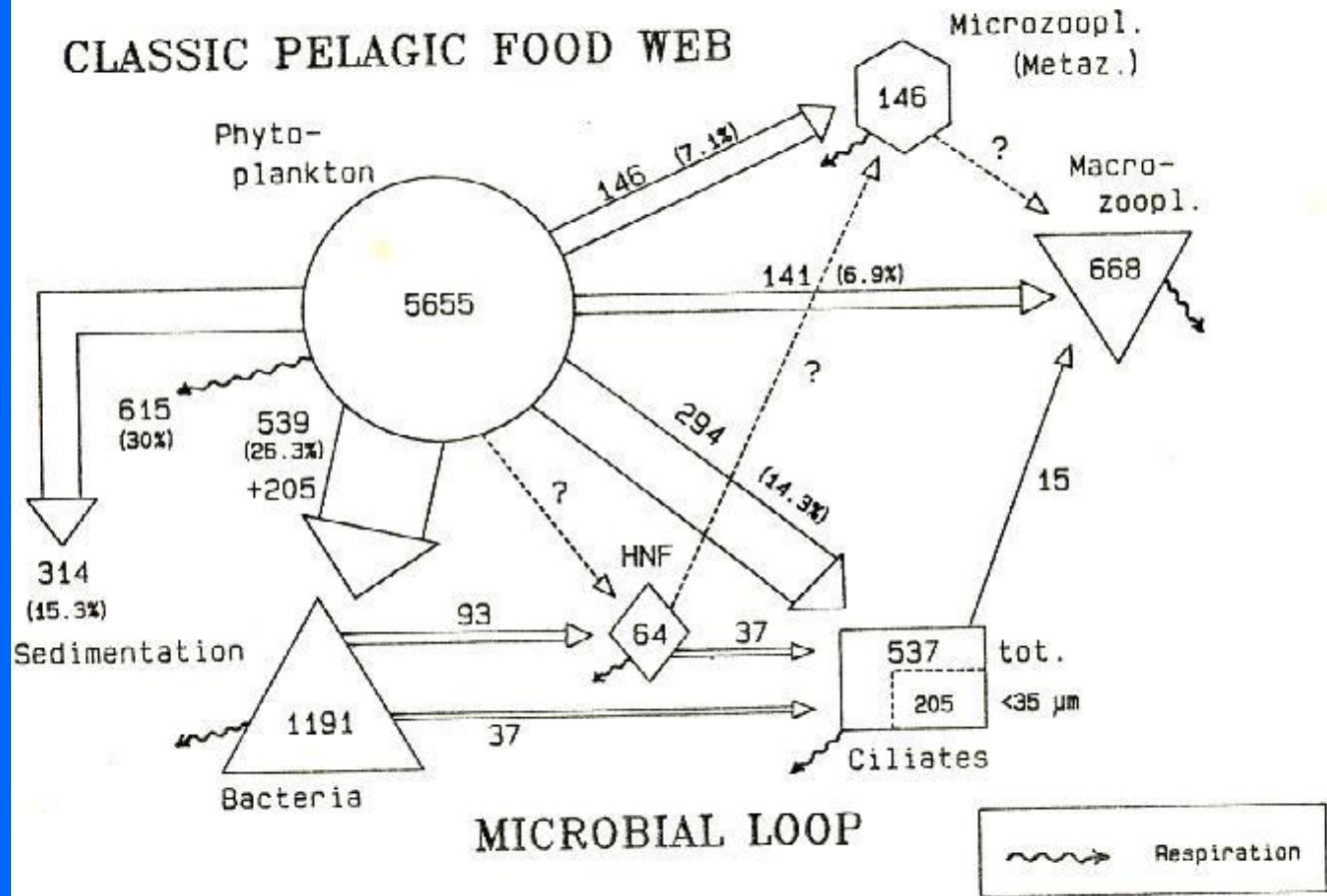
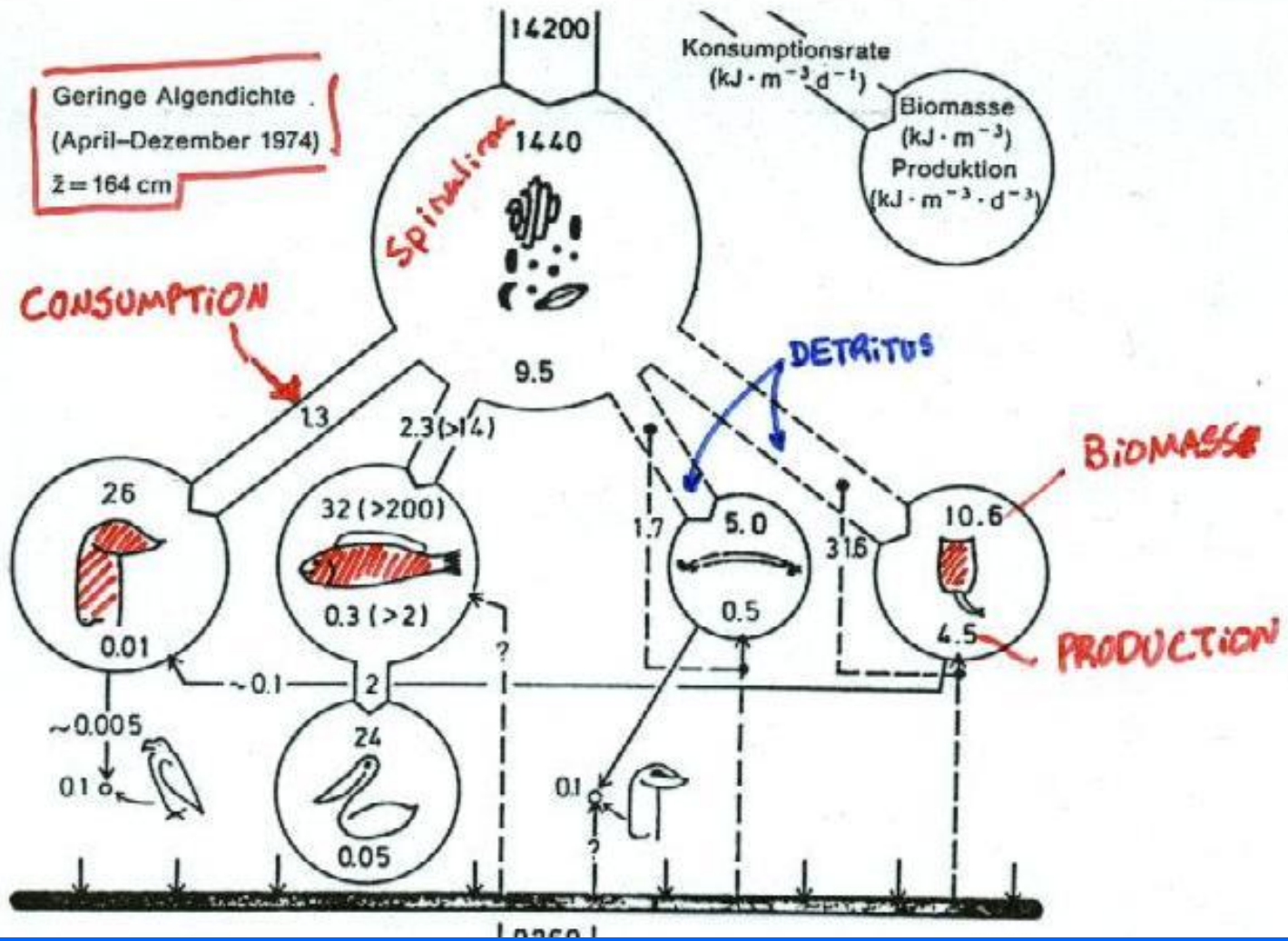


Fig. 6. C budget from the euphotic zone of Lake Constance during the spring 1988 phytoplankton bloom. Pools in mg C m<sup>-2</sup> and fluxes in mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (averaged over 0-20 m and the study period).





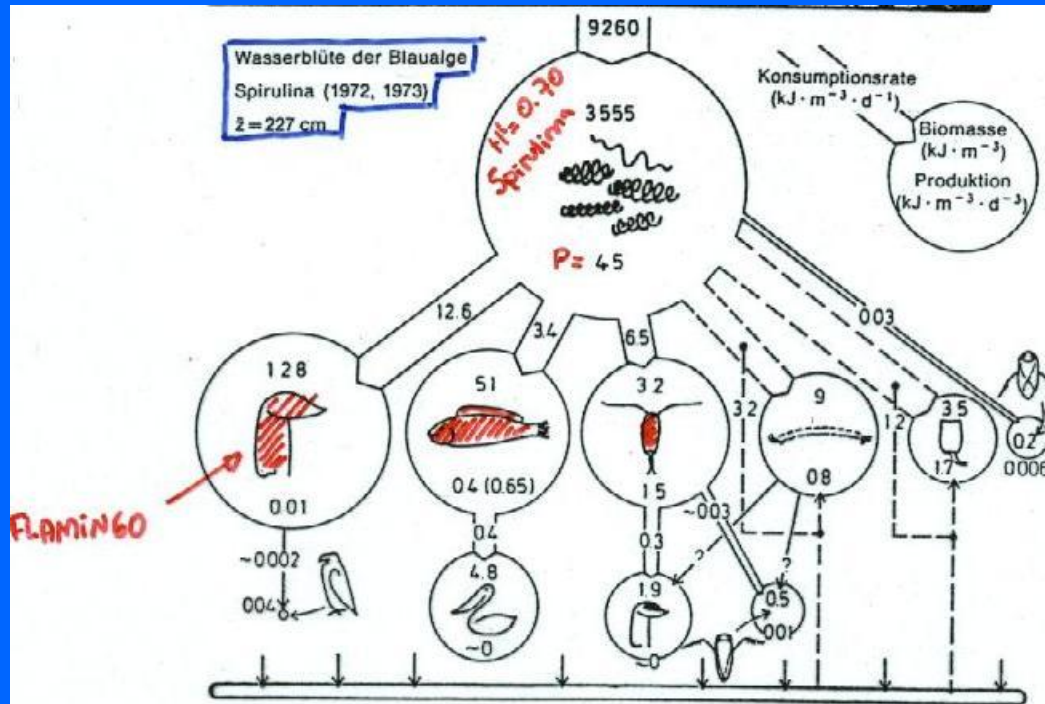


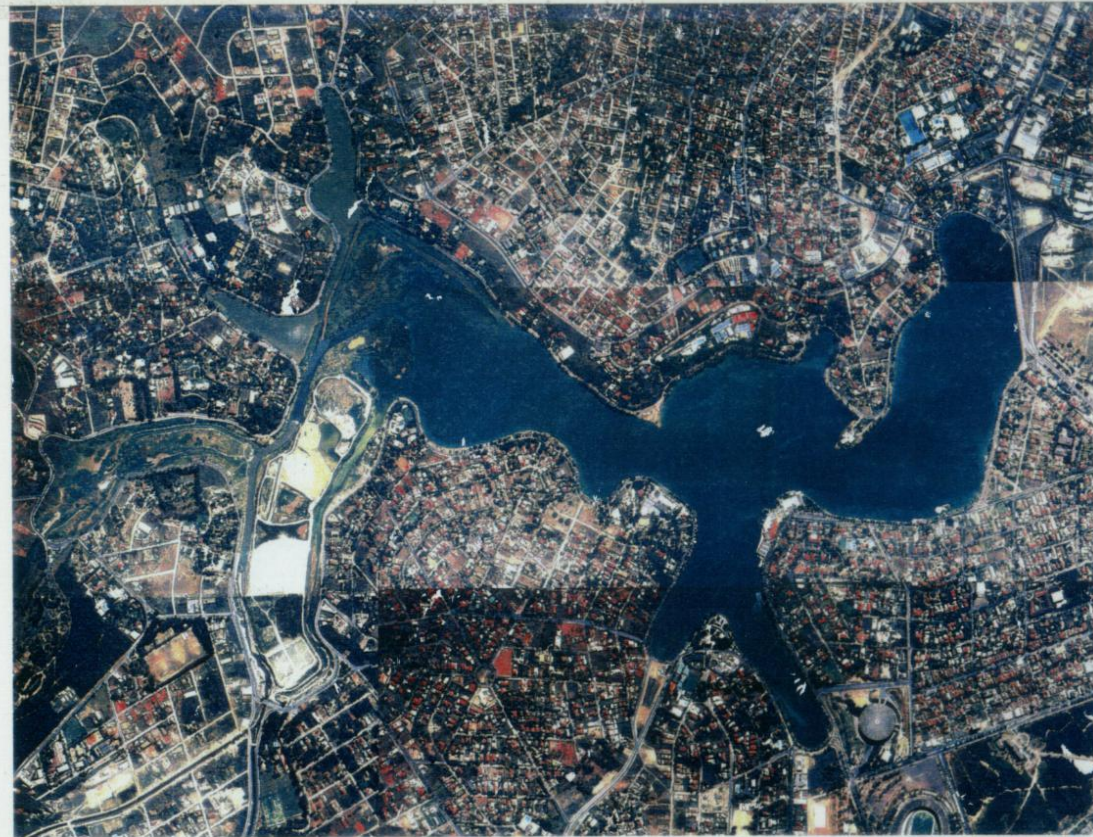
Abb. 196. Energiefluß durch das Ökosystem Nakuru-See in Kenia. Oben bei geringer Algendichte, unten bei einer Wasserblüte der Blaualge Spirulina. (Nach Vareschi u. Jacobs, 1985). Die Fläche der Kreise entspricht dem Logarithmus der Biomasse. Die obere Zahl in den Kreisen gibt die Biomasse der Organismen in  $\text{kJ m}^{-3}$  an, die untere Zahl die Produktion (in  $\text{kJ m}^{-3} \text{d}^{-1}$ ). Die Dicke der Pfeile gibt den Logarithmus der Konsumptionsrate an, die Zahlen in den Pfeilen direkt die Konsumptionsraten ( $\text{kJ m}^{-3} \text{d}^{-1}$ ). Der Pfeil an der Spitze gibt die ankommende Strahlung an. Die unterbrochenen Linien zu den Chironomidenlarven und Rädertieren geben an, daß der Anteil des Detritus, der Algen und Bakterien in der Nahrung dieser Tiere nicht klar ist. In Klammern gesetzt sind Resultate aus Laborversuchen

L. Nakuru: Equator, 1760mm,  $\bar{z} = 1.5-4.8\text{m}$ , Cond.  $10-28 \times 10^3 \mu\text{S}$   
 PH= 10.5, Temp= 21-24 °C

FLAMINGO: *Phoenicomaia minor*  
 FISH: *Sarotherodon*  
 CALANOID: *Loosana*

# Represa da Pampulha

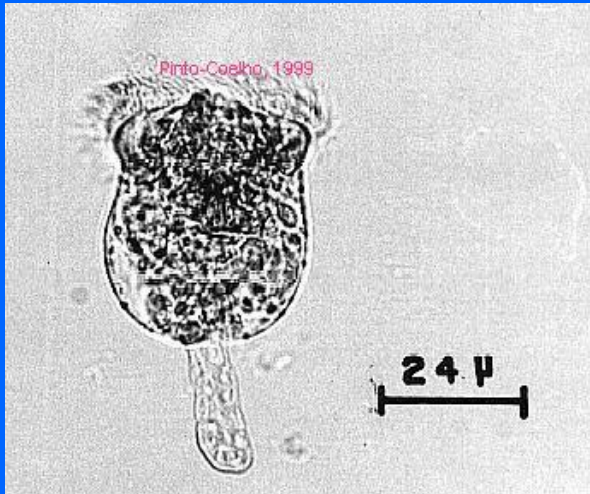
L GAR-UFMG vem utilizando o reservatório como um modelo de estudos nas áreas de Limnologia Geral, Limnologia Aplicada, Limnologia Física, Ecofisiologia e Gestão Ambiental. A seguir, iremos apresentar alguns resultados de nossas pesquisas na área de ecofisiologia de organismos planctônicos. Essas pesquisas demonstraram, por exemplo, que a importância ecológica do zooplâncton é muito maior do que se pensava ao se considerar os modelos trófico-dinâmicos publicados para as regiões temperadas.



Escala 1:13.000

Situação Atual  
Fotos : Vist@érea de 1997

Revitalização da Orla  
Proposta de Compatibilização  
PROPAM / GERAR / ADE's



Nos últimos anos, estivemos dedicando grande esforço em compreender as relações tróficas, o metabolismo de nutrição e os padrões de transferência de energia e ciclagem de nutrientes em comunidades planctônicas de reservatórios tropicais.



# Ecologia Energética do Zooplâncton

Qualidade do alimento influencia as taxas de ingestão

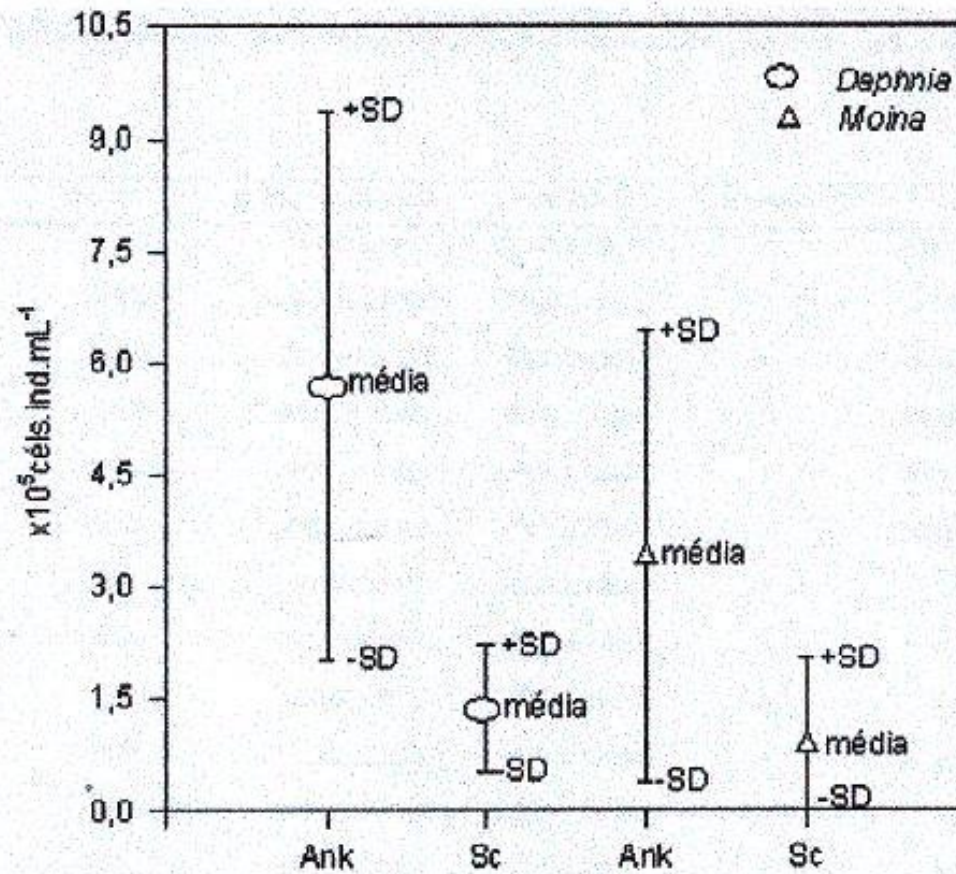


Figura 1: Taxas de ingestão de *Daphnia laevis* e *Moina micrura* com as algas *Ankistrodesmus gracilis* e *Scenedesmus quadricauda*.

# Ecologia Energética do Zooplâncton

Qualidade do alimento influencia as reservas energéticas (lipídeos) dos consumidores.

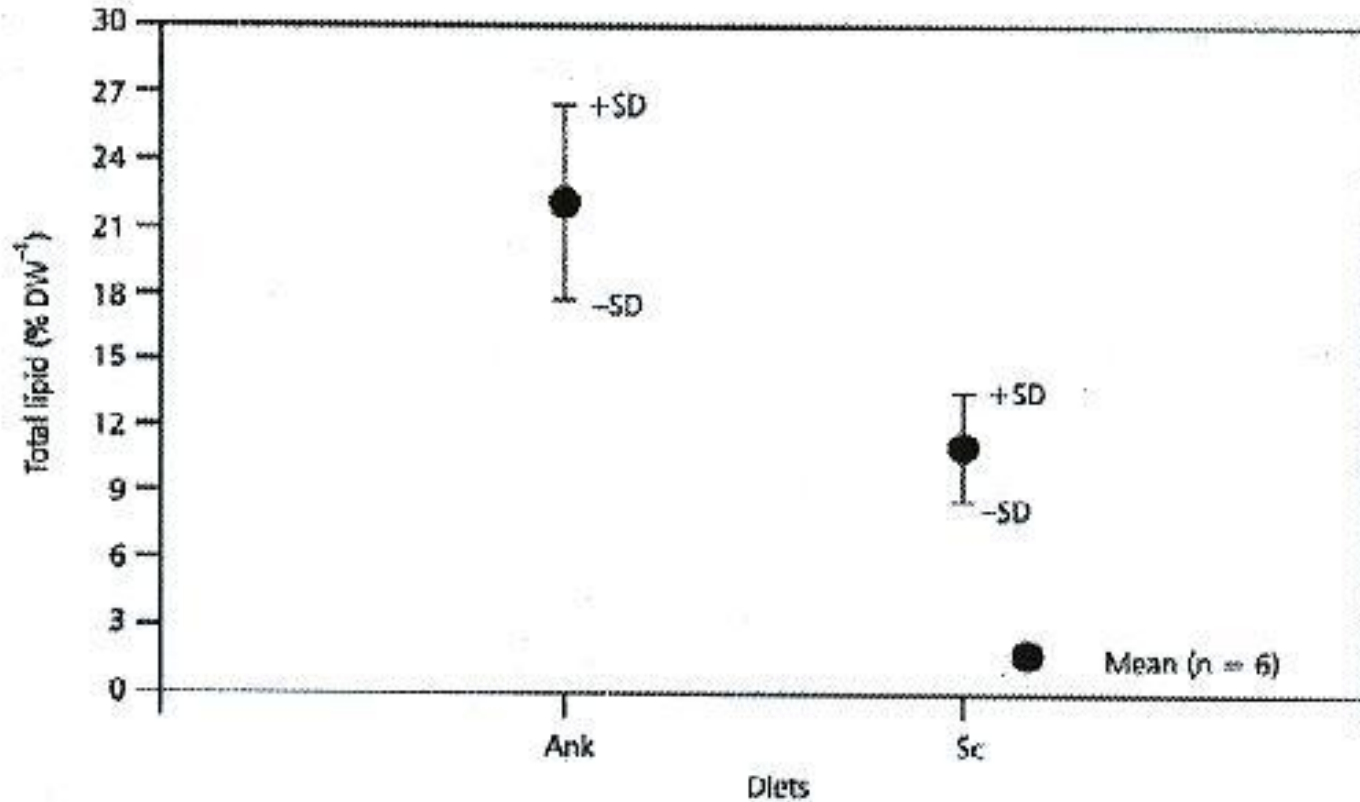


Fig. 1 — Values of total lipids (% DW) for *Daphnia laevis* fed the *Ankistrodexmus gracilix* (Ank) and *Scenedesmus quadricauda* (Sc) diets. N = total sample number.

# Ecologia Energética do Zooplâncton

Qualidade do alimento influencia as reservas energéticas (lipídeos) dos consumidores.

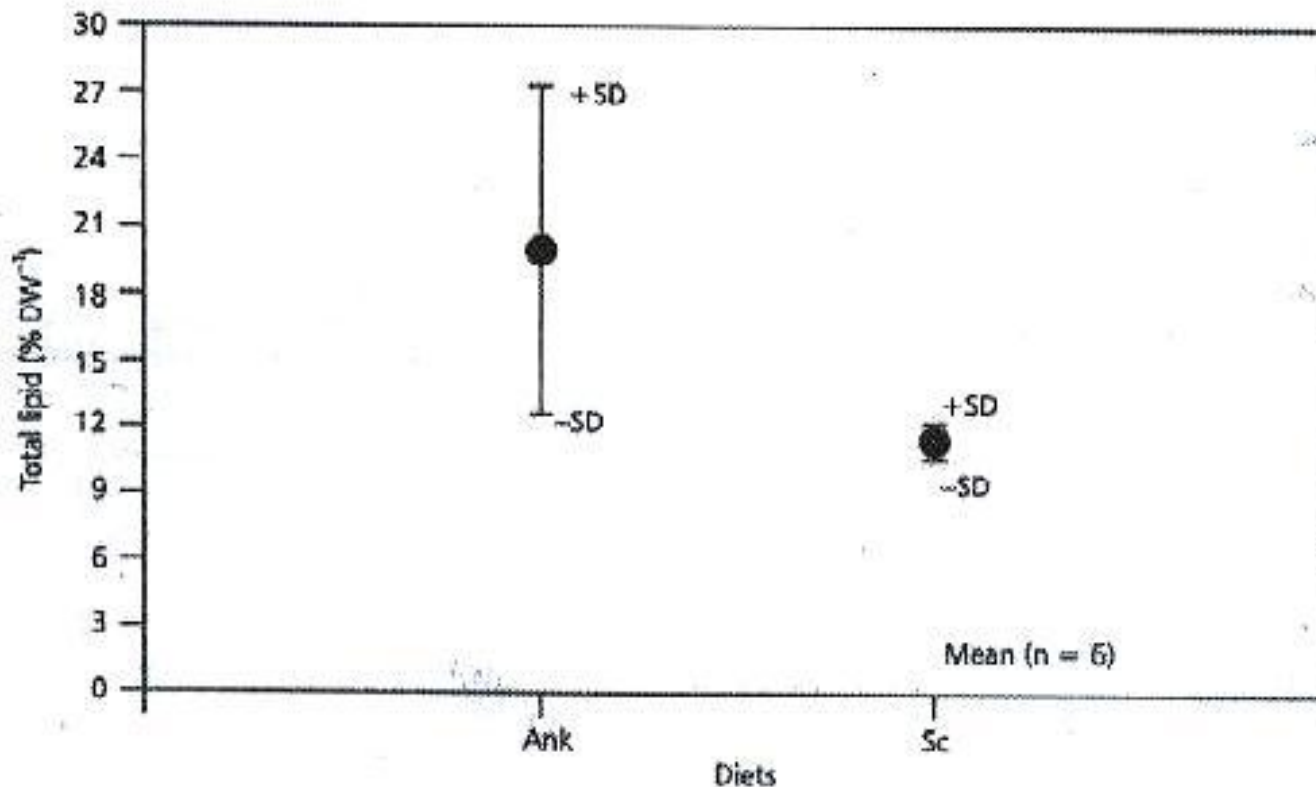
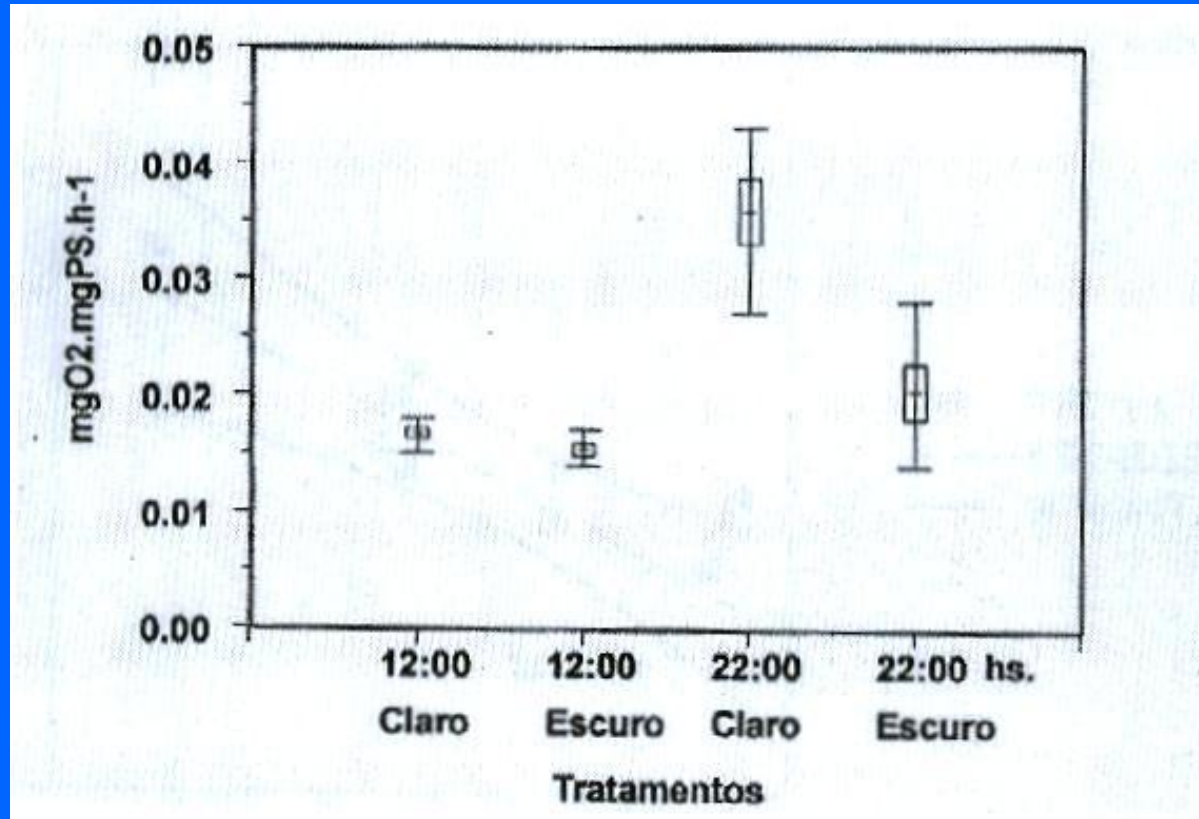


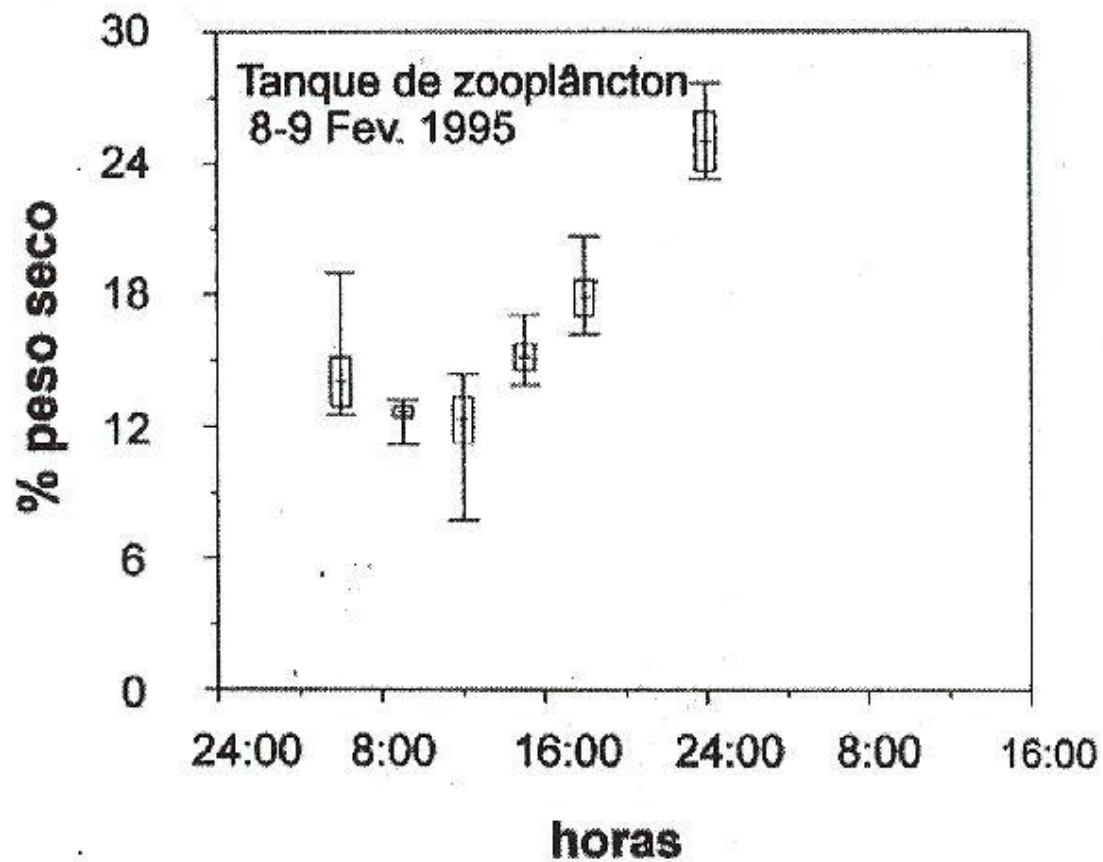
Fig. 2 — Values of total lipids (% DW) for *Motna micrura* fed the *Ankistrodesmus gracilis* (Ank) and *Scenedesmus quadricauda* (Sc) diets. N = total sample number.

# Variações nictemerais (diurnas) nas taxas metabólicas do zooplâncton tropical



O aumento das taxas de respiração do zooplâncton à noite sugere que o metabolismo geral desses organismos é mais elevado no período noturno. Provavelmente essa estratégia evoluiu no sentido de maximizar a eficiência energética desses animais que estariam aproveitando para consumir seu alimento (algas e bactérias) em um momento mais adequado em termos de consumo de energia quanto para aproveitar a melhor qualidade nutricional de seu alimento. O experimento acima foi conduzido em tanques externos de cultivo de plâncton em uma estação de piscicultura de Furnas (Pinto-Coelho et cols.).



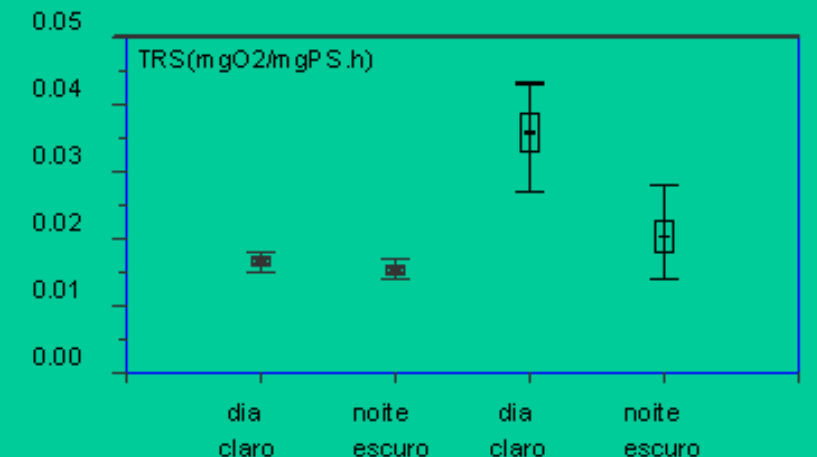
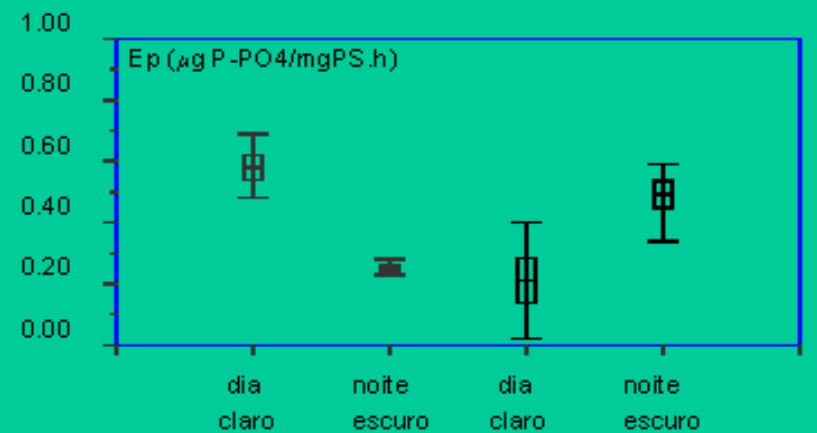
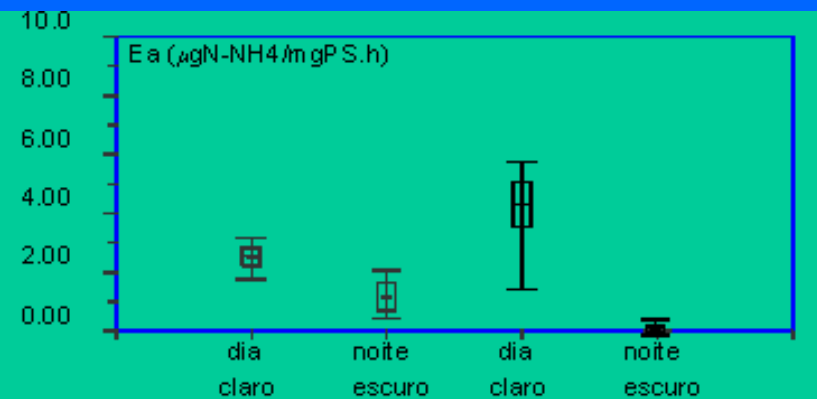


### Legenda



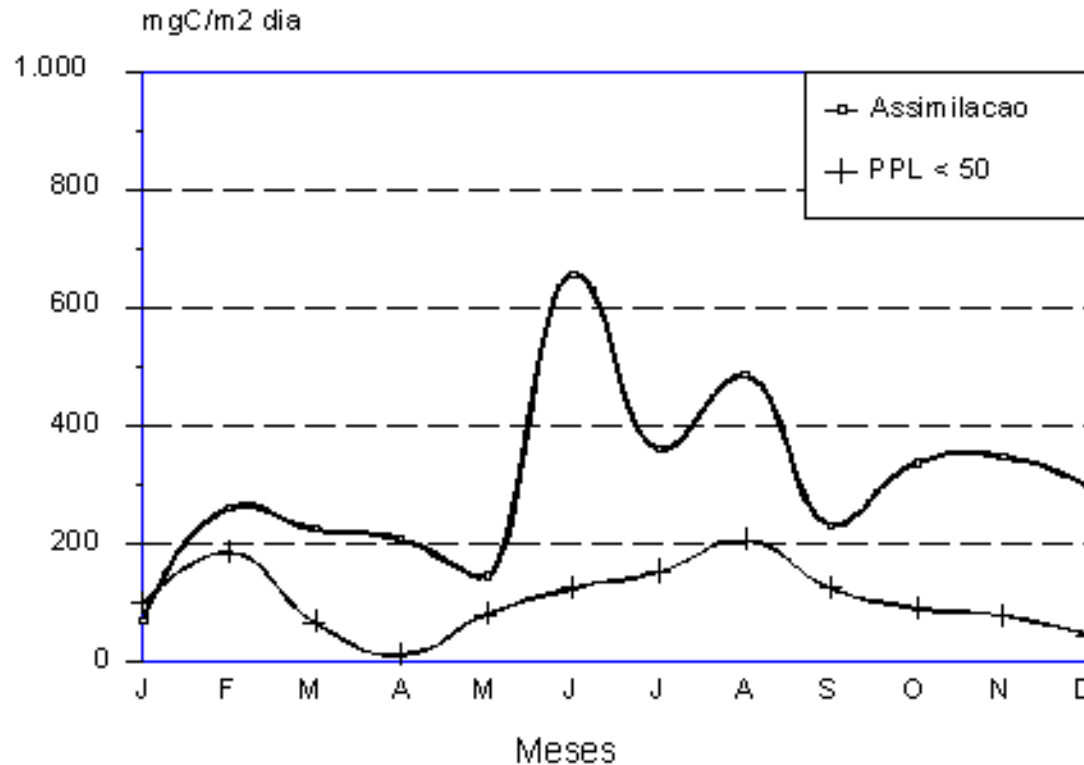
# Ecologia do Plâncton em Regiões Tropicais

Ao contrário das zonas temperadas, o zooplâncton, nos trópicos, desempenha outras funções ecológicas importantes além de atuarem como consumidores de matéria orgânica. No exemplo, ao lado, pode-se ver a grande importância desses organismos na ciclagem biótica de nutrientes (N e P) e no metabolismo geral (consumo de oxigênio) na represa da Pampulha. Essas taxas foram determinadas em experimentos conduzidos no LGAR-UFMG (Pinto-Coelho et cols.)



## Ecologia Energética nos Trópicos

Balço “produção primária versus produção secundária” em reservatórios

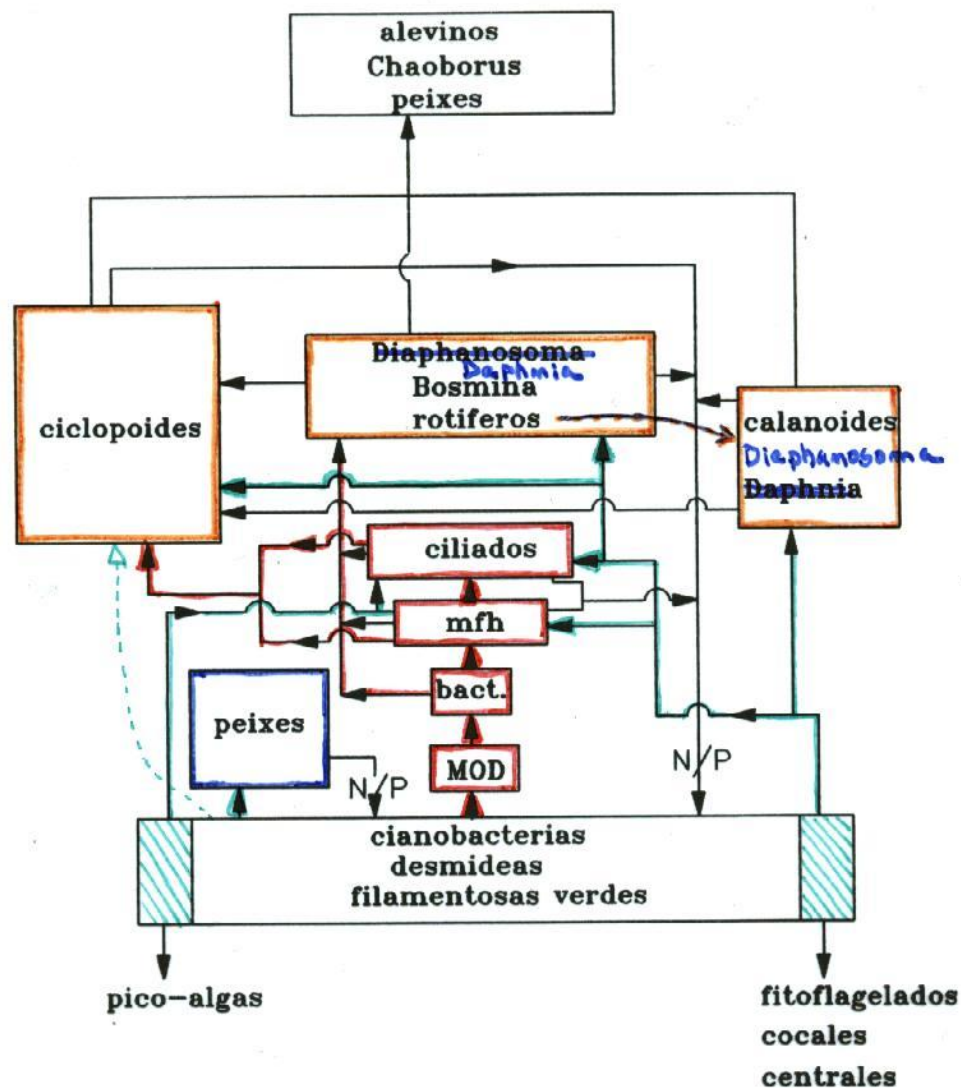


Na represa da Pampulha, a assimilação de energia devida ao zooplâncton não pode ser coberta somente pela produção primária devida ao fitoplâncton (Araújo & Pinto-Coelho, 1998).

# Modelo Trófico Lagos e Reservatórios Tropicais

(Pinto-Coelho, in prep.)

A cadeia de pastoreio clássica é substituída, em grande parte, pela alça microbiana. Exudados celulares (MOD) originados pelos produtores primários são a principal fonte de energia a partir da qual toda a cadeia trófica irá funcionar. Ao contrário do que acontece nas regiões temperadas, nos trópicos temos ainda importantes vias de transferência de energia representadas pelos peixes onívoros que podem consumir grandes quantidades de algas ou detritos de fundo, por exemplo.



Fluxo de carbono como ferramenta para avaliação de processos microbial loop em lagos eutróficos tropicais



Ricardo Motta Pinto Coelho  
Departamento de Biologia Geral  
ICB – UFMG  
31270-901 Belo Horizonte (MG)  
Tel (031) 3409 2574  
E-mail: [rmpc@icb.ufmg.br](mailto:rmpc@icb.ufmg.br)

