

# Ecologia Energética

## Produção Secundária (Parte 1)



Ricardo Motta Pinto-Coelho  
RMPC Consultores em Recursos Hídricos



**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

# Nutrição

Conteúdo Energético,  
Composição Elementar e  
Bioquímica



# Conteúdo Energético

A matéria viva tem propriedades uniformes não só no que se refere à sua composição em elementos essenciais (C,N e P principalmente) bem como ao seu conteúdo calórico por unidade de biomassa (peso seco). Uma das formas de se comparar organismos muito diferentes entre si seria calcular o seu equivalente energético. Em média, os organismos possuem o conteúdo energético variando de 3700 a 6500 cal.g<sup>-1</sup>de peso seco (Margalef, 1977). Entretanto, estes valores não podem ser totalmente metabolizáveis pelos organismos. A taxa de assimilação de uma presa, por exemplo, é função da eficiência de utilização dos diferentes compostos presentes em sua biomassa pelo seu predador o que por sua vez depende dos produtos terminais do metabolismo (grau de oxidação).



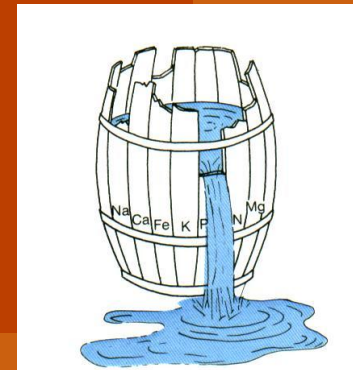
<b>Organismo</b>	<b>kcal.100g<sup>-1</sup>.peso fresco<sup>-1</sup></b>
Bactérias	40-100
Fitoplâncton	30-60
Vegetais superiores (folhas)	12-40
Vegetais superiores (madeira)	127-290
Vegetais superiores (néctar)	38-290
Vegetais superiores (pólen)	240-305
Vegetais superiores (sementes)	300-650
Vertebrados	160-350
Insetos	70-150

**Quadro I:** Valor calórico de alguns tipos de alimentos (modificado da tabela 14-12 de Margalef, 1977).



# Conteúdo Elementar

Trata-se da expressão da biomassa de plantas, animais, microorganismos e detritos em percentual por peso seco de Carbono (%C), Nitrogênio (%N) e Fósforo (%P). As razões de C:N:P são importantes para verificar, por exemplo, qual é o fator limitante ao crescimento. Os teores desses elementos podem também nos dar inferências sobre o “status” nutricional dos organismos bem como de sua possível dieta. Nesse sentido, muitos estudos têm sido conduzidos com isótopos naturais desses elementos. Os lagos podem ser classificados segundo as razões C:N. A medida que cresce o teor de carbono da água, cresce igualmente a razão C:N. Esse incremento sugere que há um aumento do carbono recalcitrante, típico de restingas, áreas alagadas (*wetlands*) e rios que drenam extensas áreas florestais (Rio Negro, Amazonas).



**Tabela Razões estequiométricas de seston (dominado pelo fitoplâncton) em lagos com indicação da limitação por nutriente (Wetzel, 2001)**

<i>Razão</i>	<i>Deficiência</i>	<i>Grau de Limitação Por Nutriente</i>		
		<i>Nenhuma</i>	<i>Moderada</i>	<i>Severa</i>
<b>C:N</b>	<b>N</b>	<b>&lt;8.3</b>	<b>8.3-14.6</b>	<b>&gt;14.6</b>
<b>N:P</b>	<b>P</b>	<b>&lt;23</b>		<b>&gt;23</b>
<b>C:P</b>	<b>P</b>	<b>&lt;133</b>	<b>133-258</b>	<b>&gt;258</b>
<b>Si:P</b>	<b>Si</b>	<b>&lt;20</b>	<b>20-100</b>	<b>&gt;100</b>
<b>C:Clorofila-a</b>	<b>Geral</b>	<b>&lt;4.2</b>	<b>4.2-8.3</b>	<b>&gt;8.3</b>
<b>APA-Clorofila-a</b>	<b>P</b>	<b>&lt;0.003</b>	<b>0.003-0.005</b>	<b>&gt;0.005</b>

**Observação:** APA: atividade da enzima fosfatase alcalina; as razões C:N, N:P, C:P são em micromoles.micromoles<sup>-1</sup>.l<sup>-1</sup> A razão C:Clorofila-a está calculada em micromoles.ug<sup>-1</sup>.l<sup>-1</sup> e a razão APA:clorofila-a está calculada em (micromoles.ug<sup>-1</sup>).h<sup>-1</sup>





# Composição bioquímica

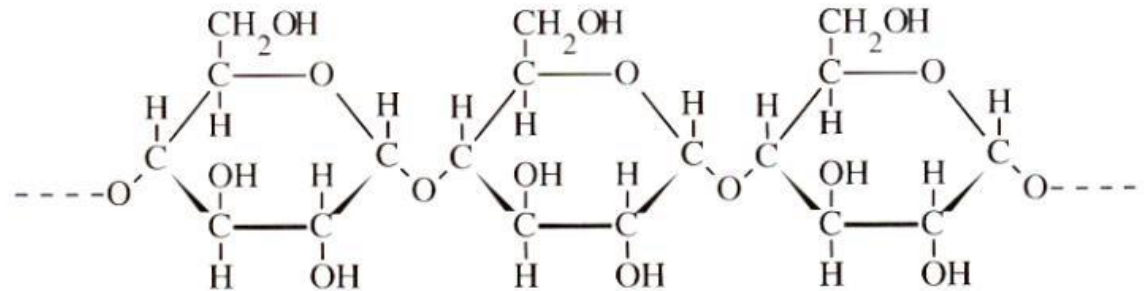
A composição bioquímica do animal tem importantes implicações ecológicas e bioenergéticas. Num primeiro momento, estuda-se tradicionalmente os teores de lipídeos, carboidratos e proteínas. Os estudos podem avançar aprofundando-se na composição qualitativa dos lipídeos, por exemplo. Neste caso, os teores de ácidos graxos, fosfolipídeos e triglicérides podem ser quantificados. As proteínas podem ser o seu conteúdo em aminoácidos identificado e os carboidratos podem ser divididos em mono- ou polissacárideos.



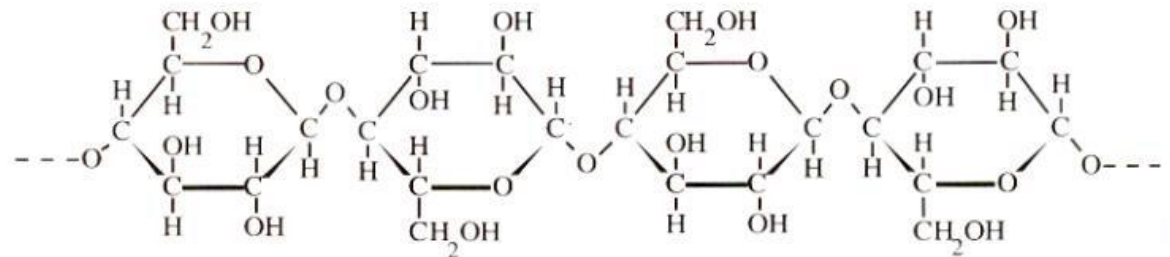
# Carbohidratos

Carbohidratos possuem a fórmula geral  $\text{CH}_2\text{O}$  e incluem desde açúcares simples (hexoses) a polissacarídeos tais como amido e o glicogênio. Carbohidratos incluem ainda substâncias com importantes funções estruturais tais como a celulose que é formada de várias unidades do tipo  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  que chegam a pesar 400.000. O algodão, por exemplo, é composto por cerca de 90% de celulose. Outro grupo importante de carbohidratos são as glicoproteínas tais como o colágeno que desempenha importante função estrutural.

## Polissacarídeos



molécula de amido (parte)



molécula de celulose (parte)



**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos



# Aminoácidos

São as unidades formadoras das proteínas. Tratam-se de compostos formados a partir dos grupos  $-\text{CO}_2\text{H}$  e  $-\text{NH}_2$  ou seja uma mistura de ácido carboxílico e aminas.

Aminoácido	Aminoácido
1 glicina (GLY)	11 cisteína (CYS)
2 alanina (ALA)	12 tirosina (TYR)
3 fenilalanina (PHE) *	13 glutamina (GIN)
4 serina (SER)	14 triptofano (TRY) *
5 treonina (THR) *	15 ácido aspártico (ASP)
6 asparagina (ASN)	16 histidina (HIS)
7 leucina (LEU) *	17 ácido glutâmico (GLU)
8 isoleucina (ILE) *	18 lisina (LYS) *
9 prolina (PRO)	19 arginina (ARG)
10 metionina (MET) *	20 valina (VAL) *

**Quadro II** Aminoácidos constituintes de proteínas. Entre parêntesis a abreviatura do aminoácido pela nomenclatura internacional. O asterisco indica os aminoácidos essenciais na dieta humana (modificado de Manahan, 1993).



# Proteínas

São as unidades básicas de todos os sistemas vivos. Tratam-se de polímeros de aminoácidos (macromoléculas) que chegam a ter milhares de aminoácidos. As proteínas de baixo peso molecular são chamadas de polipeptídeos (< 40 aa). As proteínas são formadas pelas ligações “alfa” ou seja, uma ligação entre o grupo carboxílico de um aa e o átomo de carbono mais próximo do grupo amina do próximo aa. A estrutura de uma proteína diz respeito ao arranjo espacial da molécula. A estrutura primária é a seqüência de aa dentro da proteína. A estrutura secundária refere-se a forma segundo a qual os polipeptídeos se arranjam (dobras) entre si. A estrutura terciária está relacionada ao arranjo das espirais “alfa” formada pelos grupos R. A estrutura quaternária é formada quando duas proteínas formadas por cadeias diferentes de polipeptídeos se juntam.

<b>Funções das Proteínas</b>	<b>Exemplos</b>
a) nutrição	caseína
b) estocagem	ferritina
c) estrutural	colágeno
d) contrátil	miosina
e) transporte	hemoglobina
f) defesa	anticorpos
g) regulação	insulina
h) enzimas	acetilcolinesterase



**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

# Lipídeos

São compostos hidrofóbicos que podem ser agrupados em pelo menos 16 diferentes sub-classes. Cada classe de lipídeo contém compostos de polaridade similar mas as diferenças estruturais podem ser muito grandes. A maioria dos lipídeos biogênicos possui o grupo acil ( $R-C=O$ ). Os ácidos graxos possuem o grupo ( $COOH$ ). Os lipídeos não são só importantes como substâncias de reserva de energia mas também exercem importantes funções bioquímicas dentro das células. Alguns lipídeos são essenciais ao metabolismo animal mas não podem ser sintetizados por eles. Dentre eles, citamos os ácidos graxos de cadeia longa ( $\omega-3$  e  $\omega-6$ ). O símbolo grego Ômega ( $\omega$ ) significa a posição da primeira ligação dupla a partir do lado da terminação metila da molécula. Os animais podem alongar ou desaturar as moléculas mas não podem colocar a ligação dupla no ponto 3 e 6.

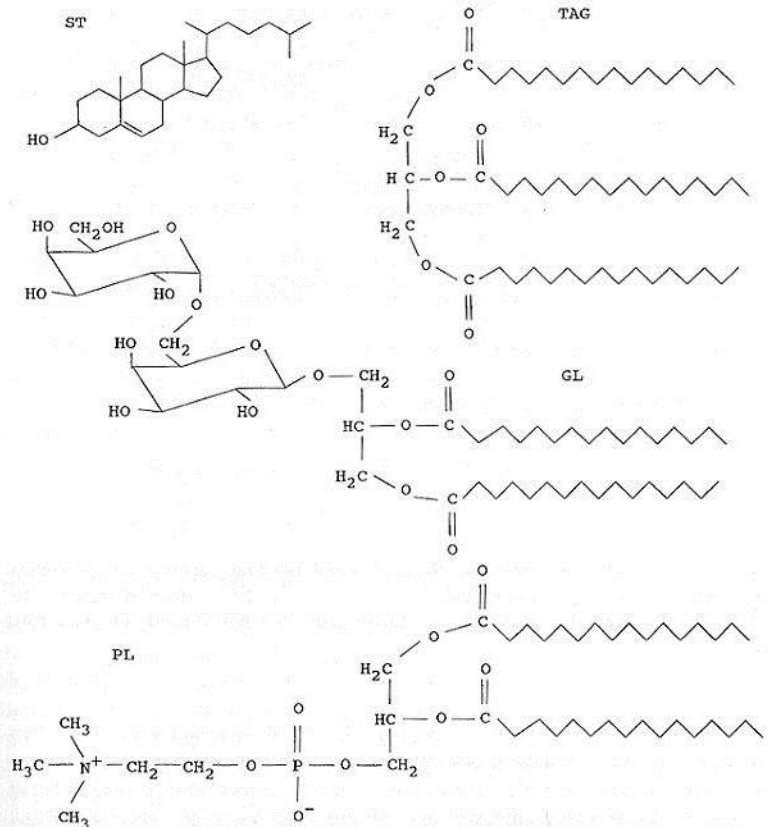


FIGURE 1.1. Structures of some important lipid classes present in aquatic samples. ST, sterol, represented by cholesterol; TAG, triacylglycerol, represented by tripalmitin; GL, glycolipid, represented by digalactosyl diacylglycerol; PL, phospholipid, represented by phosphatidyl choline.

Tipos de lipídeos (Arts & Waiman, 1998)



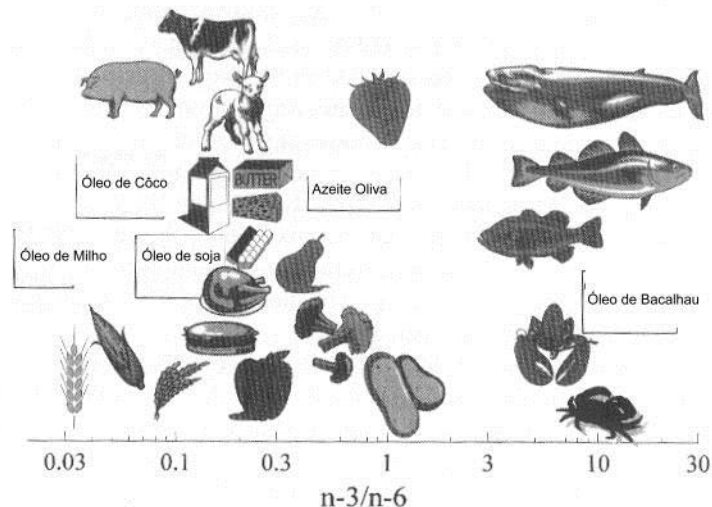
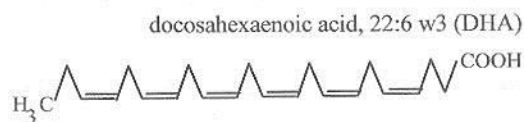
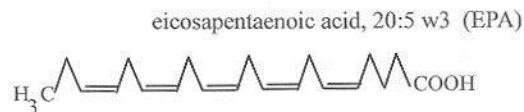
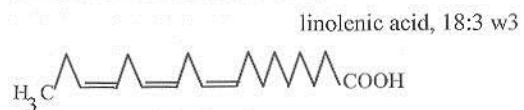
**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

### Linoleic acid family, w6



### Linolenic acid family, w3



Os ácidos graxos podem ser agrupados em duas categorias: os que podem ser sintetizados ou não pelos animais. Os ácidos essenciais (EFA) devem ser obrigatoriamente supridos na dieta. Células animais (marinhas) não podem desaturar abaixo do C-9 e C-10 (final metila). Dessa forma, todos os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 de origem marinha animal provêm de alimentos de outro Reino (vegetal ou monera). Ácidos graxos de cadeia longa do tipo Omega-3 (PUFA) são encontrados apenas em plantas marinhas enquanto enquanto os ácidos de cadeia mais curta ( $\omega$ ) prevalecem em plantas terrestres. Essas diferenças persistem em toda a cadeia trófica desses sistemas.



# RMPC

& Consultores em Recursos Hídricos

Os organismos apresentam uma dinâmica espaço-temporal muito nítida em relação à estocagem de lipídeos totais em suas células. Essa dinâmica reflete, por exemplo, as estratégias de alimentação dos organismos no ambiente. O exemplo, ao lado, indica os padrões diurnos de estocagem de lipídeos no zooplâncton (valores mais elevados à noite). A pesquisa realizada no reservatório da Pampulha.. Dados da dissertação de mestrado em ECMVS de Andréia Costa (1997).

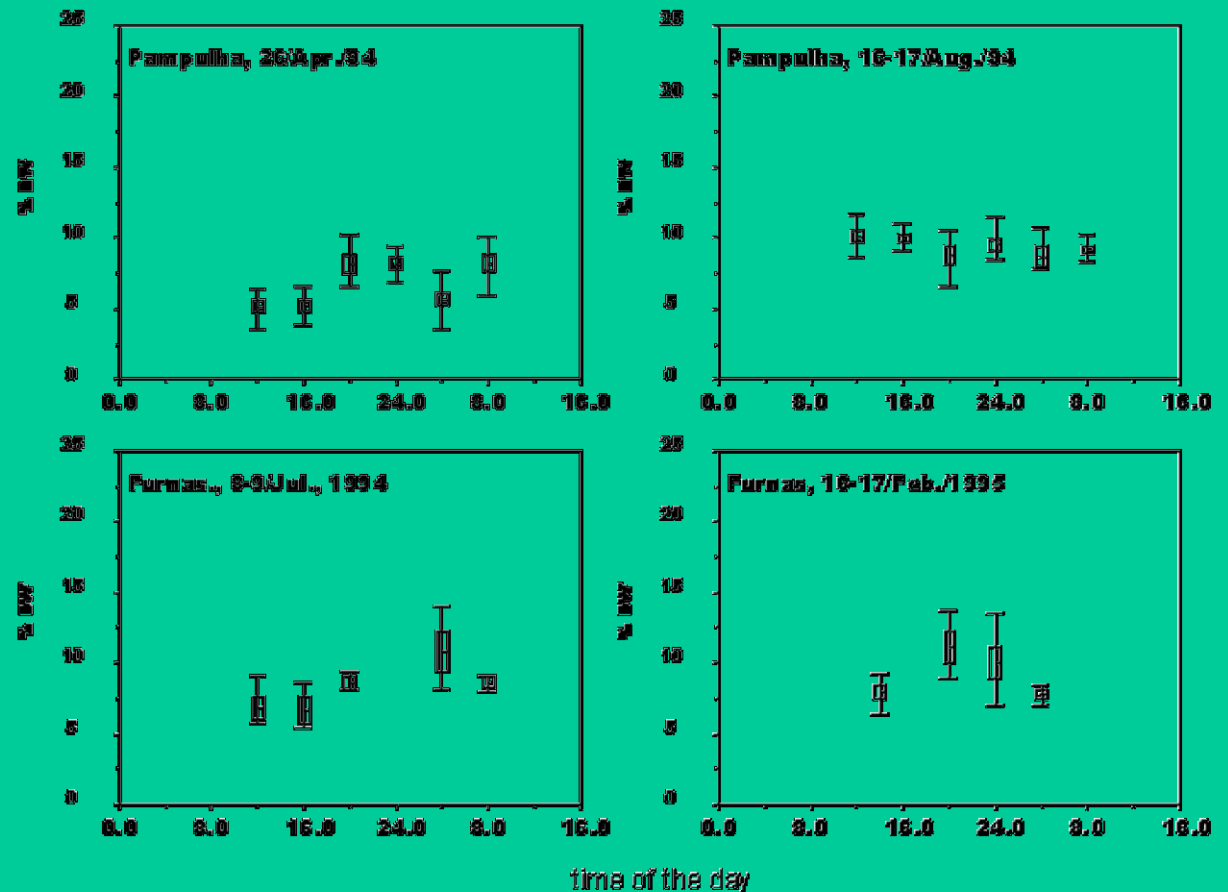


Figure 1 Variação diurna de lipídeos totais do zooplâncton nos reservatórios da Pampulha e de Furnas, Minas Gerais, em quatro diferentes ciclos nictemerais (Binto-Coelho et al. 1997b)

# Vitaminas

As vitaminas são compostos orgânicos de natureza e função variadas cuja presença é essencial na dieta de quase todos os animais. Os principais grupos de vitaminas são: A, B, C, D e E. As vitaminas do complexo “B” (B1, B2, B6 e B12) são importantes reguladores da atividade metabólica basal das células já que são necessárias para os processos ligados a carboxilização e descarboxilização de carboidratos, dentre outros.

Vitamina	Principais fontes	Carências
A	óleo de fígado de peixes, legumes, laticíneos	
B1	levedura de cerveja, cutícula de arroz, fígado, rins de animais e gema de ovos	doença de beri-beri.
B2	idem	perturbações cutâneas e de mucosas, problemas neurológicos
B5	idem	atrasos no crescimento somático
B6	idem	problemas neurológicos e nos tecidos epiteliais e conjuntivos
B12	idem	anemia
C	frutas frescas, legumes	escorbuto
D	óleos e gorduras de animais	problemas de calcificação (raquitismo, etc.)
D2	idem	
D3	idem	
E	germe de cereais	aborto, queda na espermatogênese
F	óleos vegetais	
H	rim, fígado e ovos	
K	vegetais verdes	problemas em tecidos epiteliais, hemorragia
K1	idem	
K2	idem	
K3	idem	
P	frutas e sementes	problemas capilares
PP	levedo de cerveja	pelagra, distúrbios nervosos





# Nutrição

- Tipos de Nutrição



**Sistema I (tipo de presa):**

- a) fitófagos ou vegetarianos;
- b) zoófagos ou carnívoros;
- c) detritívoros ou saprófita.

**Sistema II (tamanho da presa)**

- a) micrófagos;
- b) macrófagos.

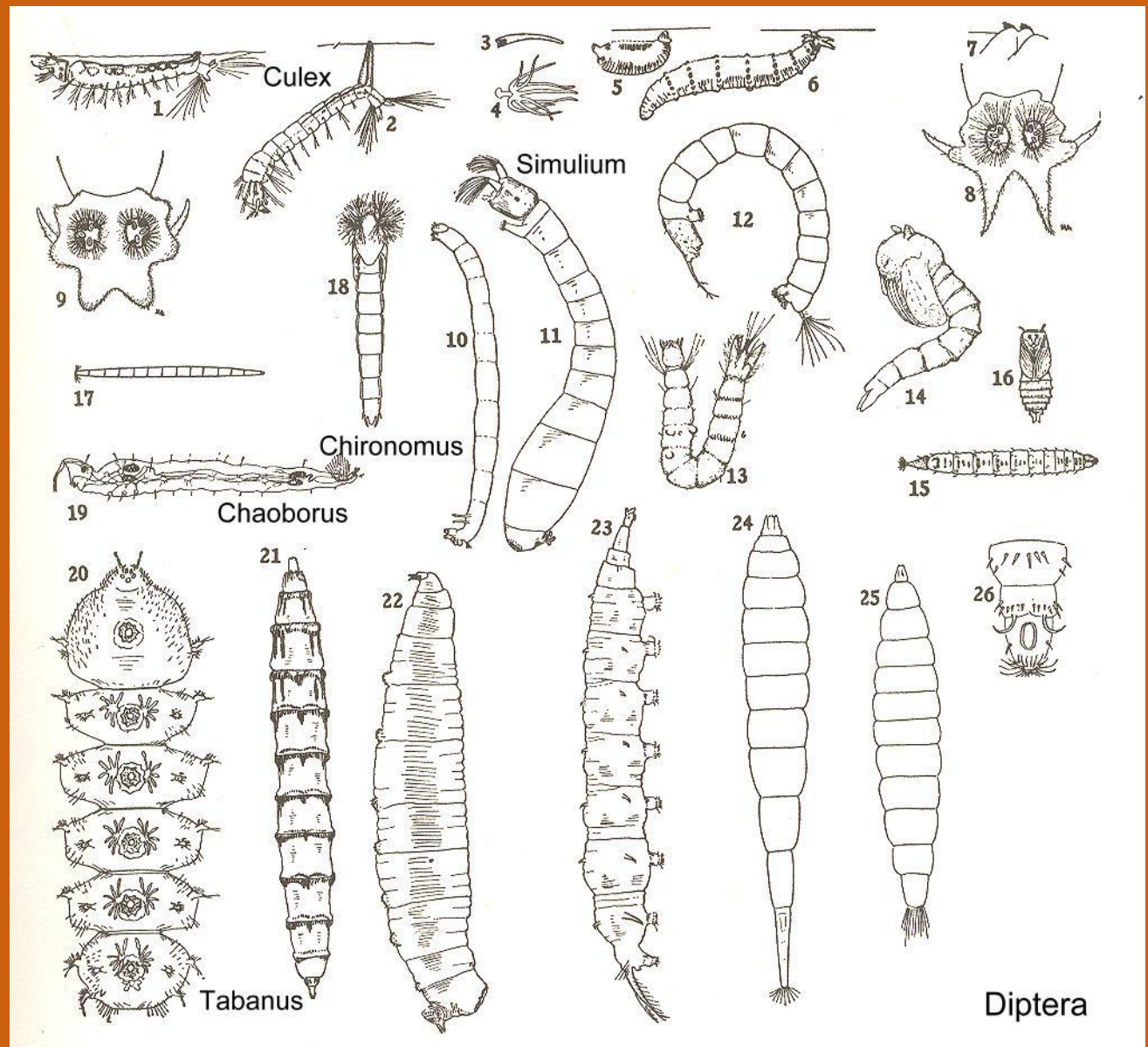
**Sistema III (funcional)**

- a) osmotrofia: compostos solúveis;
- b) fagotrofia: compostos sólidos e insolúveis.



# Diptera

Trata-se da ordem de holometábulos mais numerosos e diversificados da biosfera. Seus representantes ocupam uma imensa variedade de biótopos e nichos ecológicos. Pelo menos 20 famílias são de relevância no meio aquático e, dentre elas, merece destacar: chaoboridae, chironomidae, simuliidae, dixidae, culicidae, blephariceridae, deuterophlebitidae e tanyderidae.

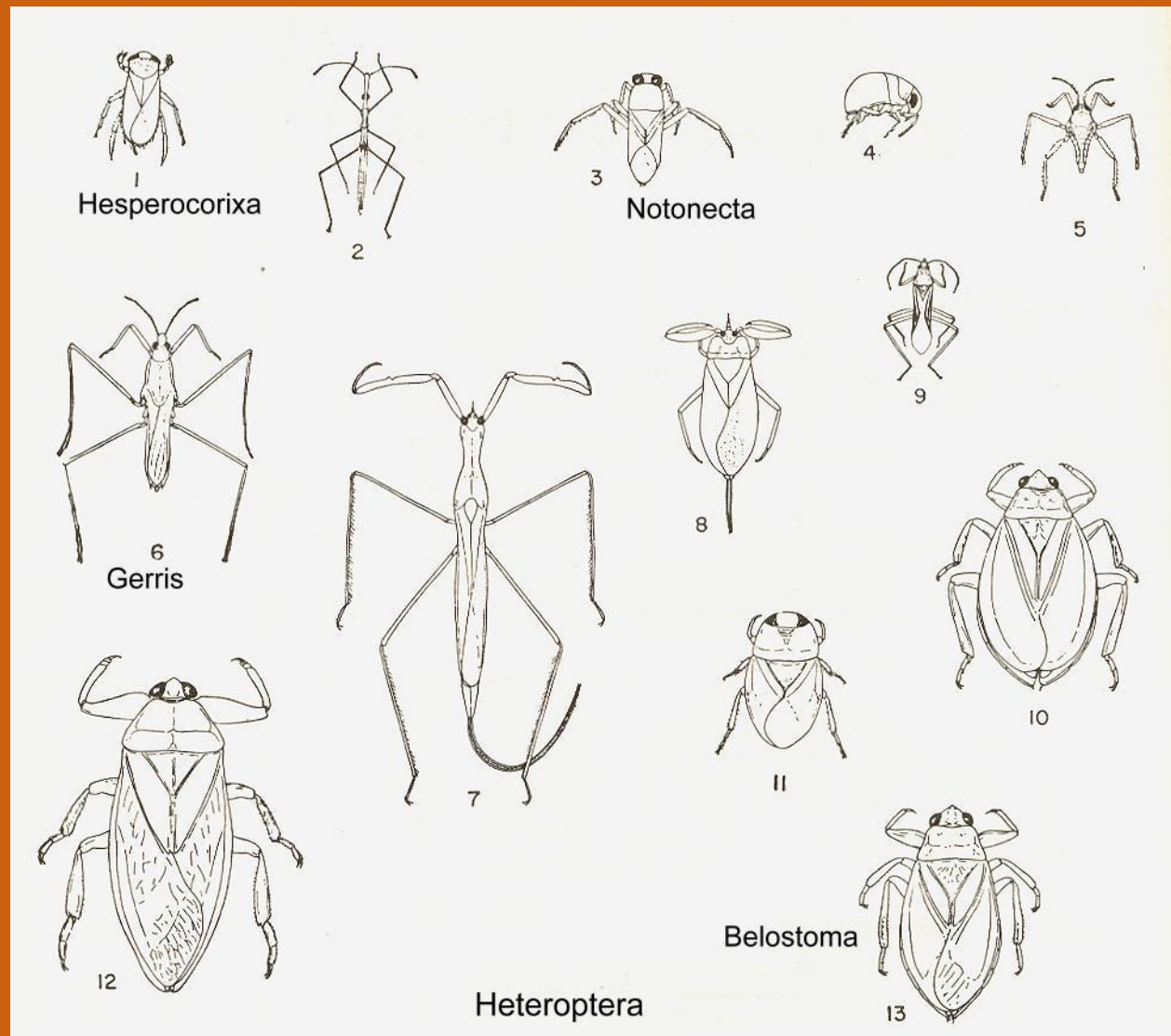


**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

# Heteroptera

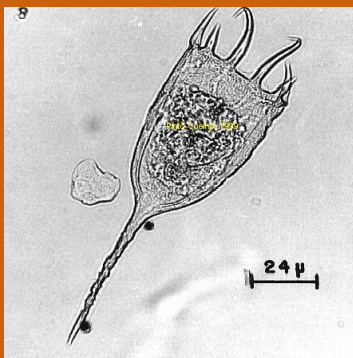
Os hemípteros dividem-se em homoptera e heteroptera sendo que os primeiros quase não incluem formas aquáticas. Os heteroptera são na maioria habitantes do meio aquático inclusive como adultos. Formam um grupo muito diverso com 7 infra-ordens todas aceitas como tendo origem monofilética. Tratam-se dos únicos insetos com representantes marinhos. É um grupo formado por predadores de outros artrópodes, moluscos e vermes. Exploram o meio subaquático e também o neuston (*Notonecta* e *Corixa*). O gênero *Belostoma* (barata-de-água) é muito comum na maioria das águas tropicais.



**RMPC**

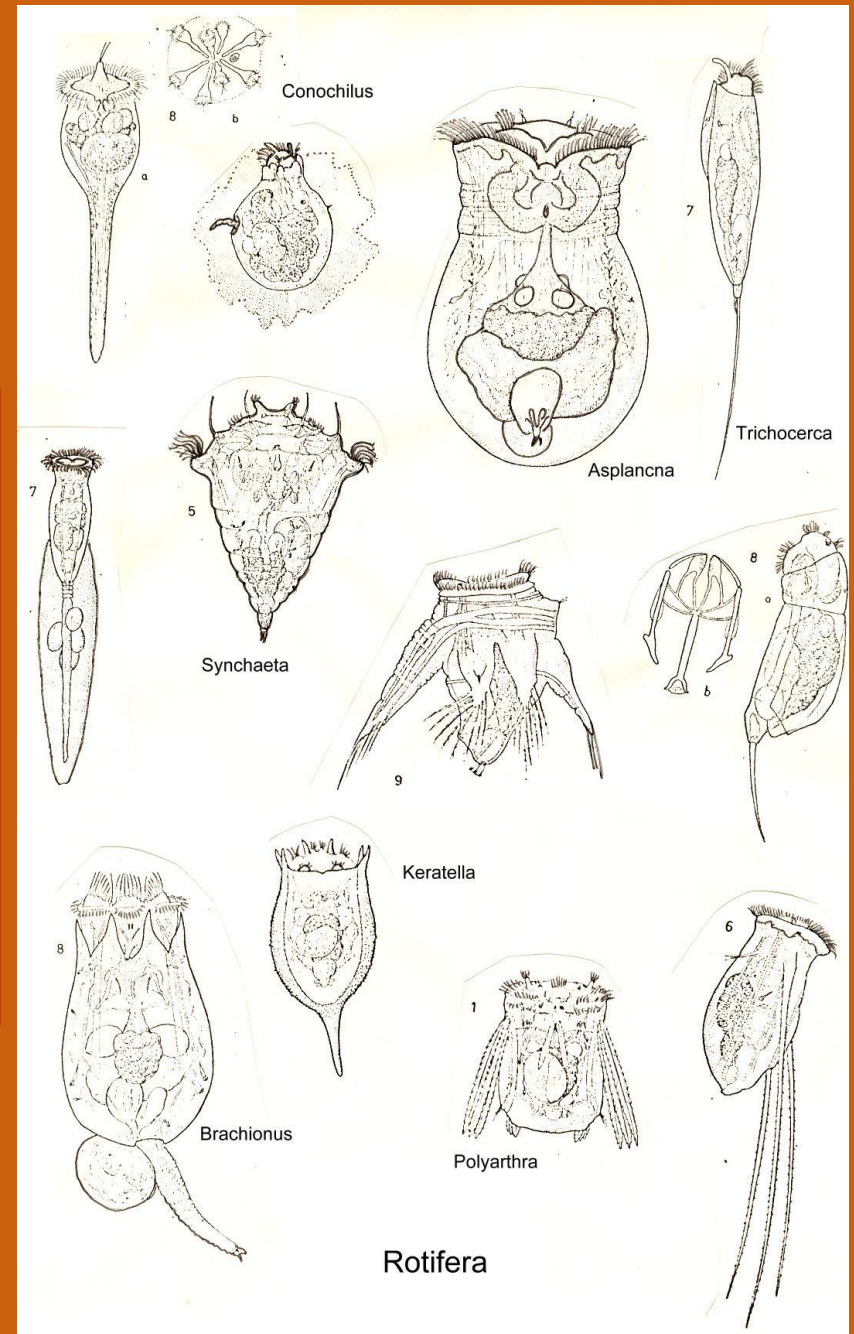
& Consultores em Recursos Hídricos





# Rotíferos

Alguns rotíferos tipicamente planctônicos estão representados na figura ao lado e fotos acima e abaixo. Algumas espécies podem formar colônias de organismos tais como *Conochilus*. Indivíduos de outras espécies podem viver inclusos em uma extensa bainha de gelatina (*Gastropus*). Outros já exibem longos prolongamentos em forma de espinhos (*Trichocerca*). Essas são algumas das estratégias adaptativas que facilitam a vida na coluna de água ou mesmo dificultam a ação de predadores.

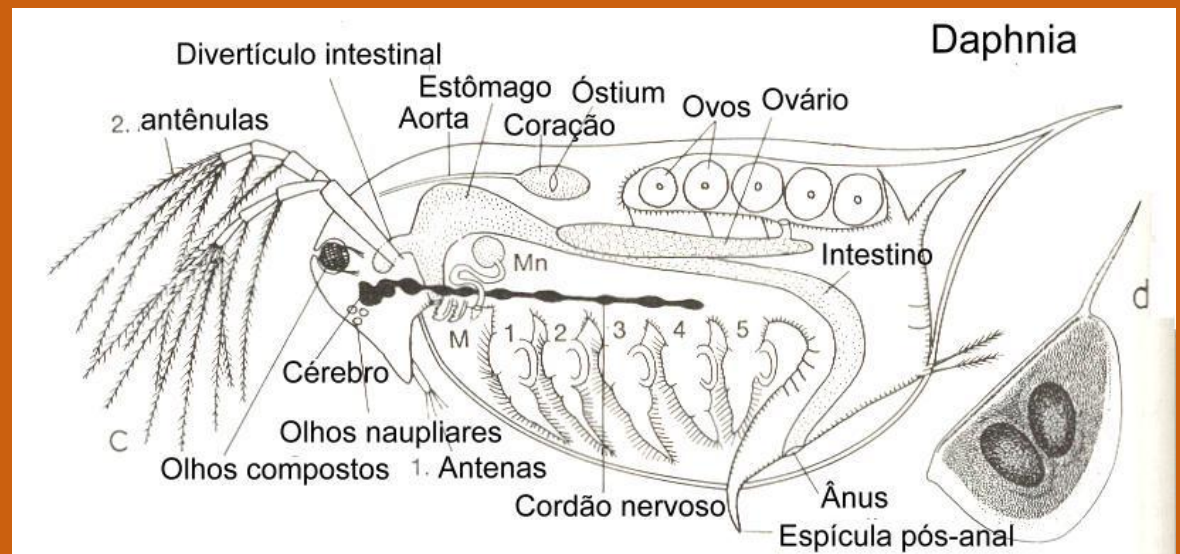
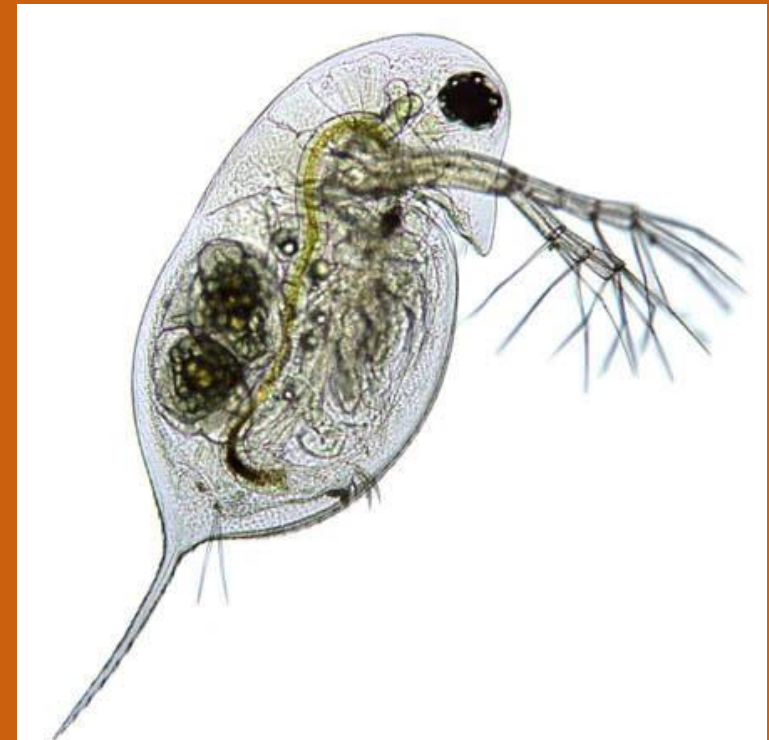


**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

# Cladóceros

Os cladóceros são microcrustáceos que podem ser planctônicos ou bentônicos. Normalmente são filtradores de algas e bactérias. Algumas espécies tais como *Daphnia* podem atingir grandes dimensões (> 2mm). Normalmente reproduzem por partenogênese mas assim como os rotíferos podem passar para a reprodução sexuada em condições de limitação por alimento ou por estresse ambiental.





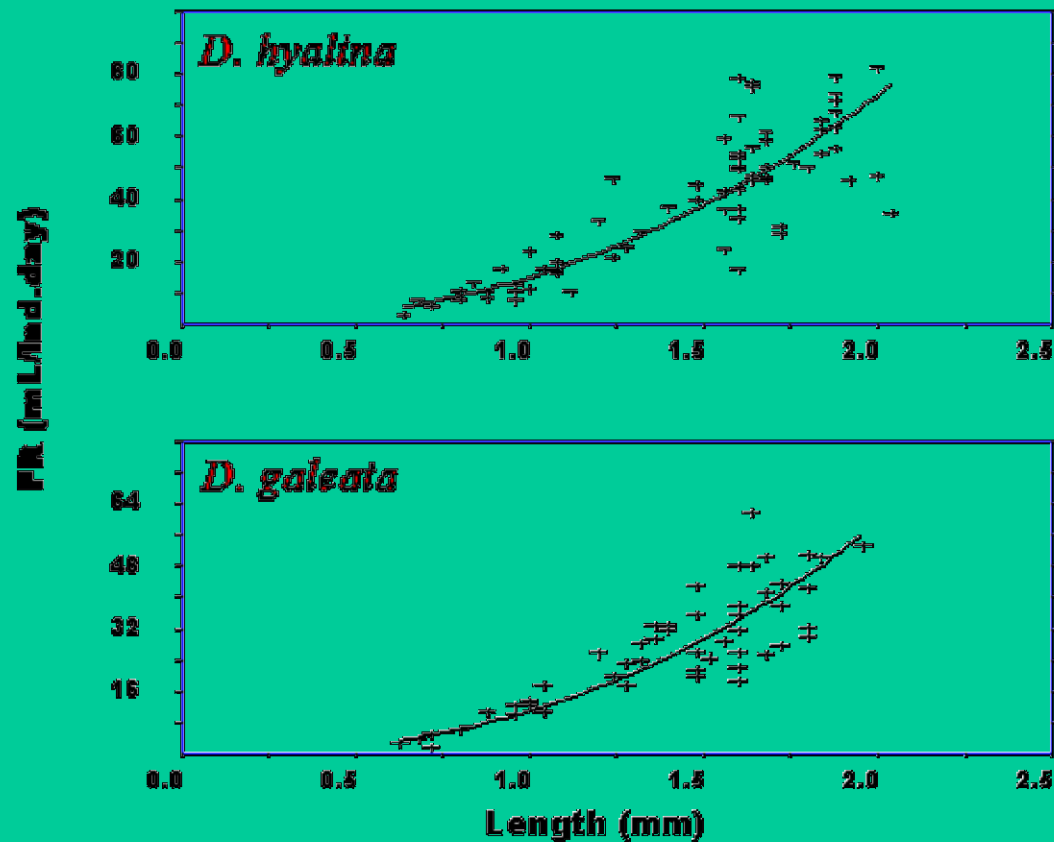


Figure 2 Variação das taxas de filtração ("in situ") em função do tamanho de duas espécies de *Daphnia* no Lago de Constança, Alemanha (Pinto-Coelho, 1991).



**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

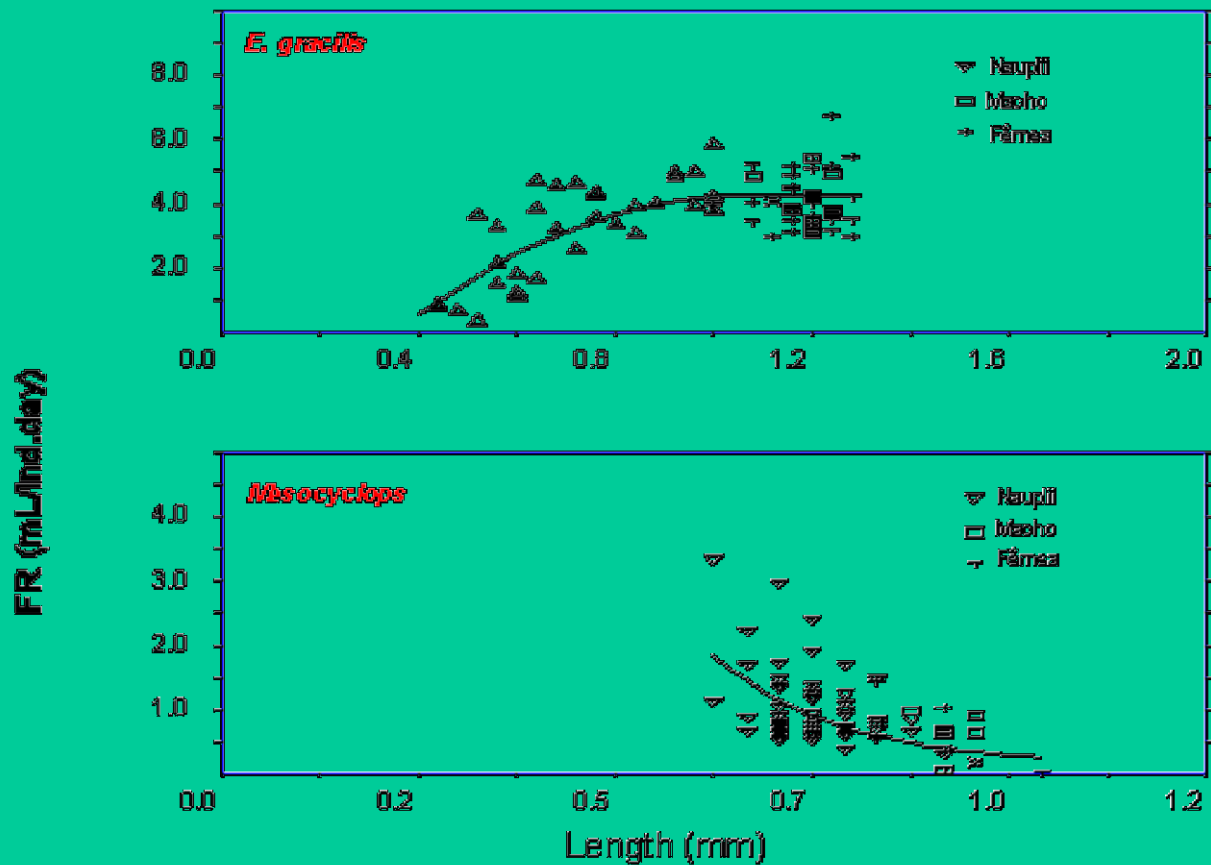


Figure 3 Variações nas taxas de filtração em função do tamanho em dois copépodes planctônicos do Lago de Constança, Alemanha (Pinto-Coelho, 1991).



**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

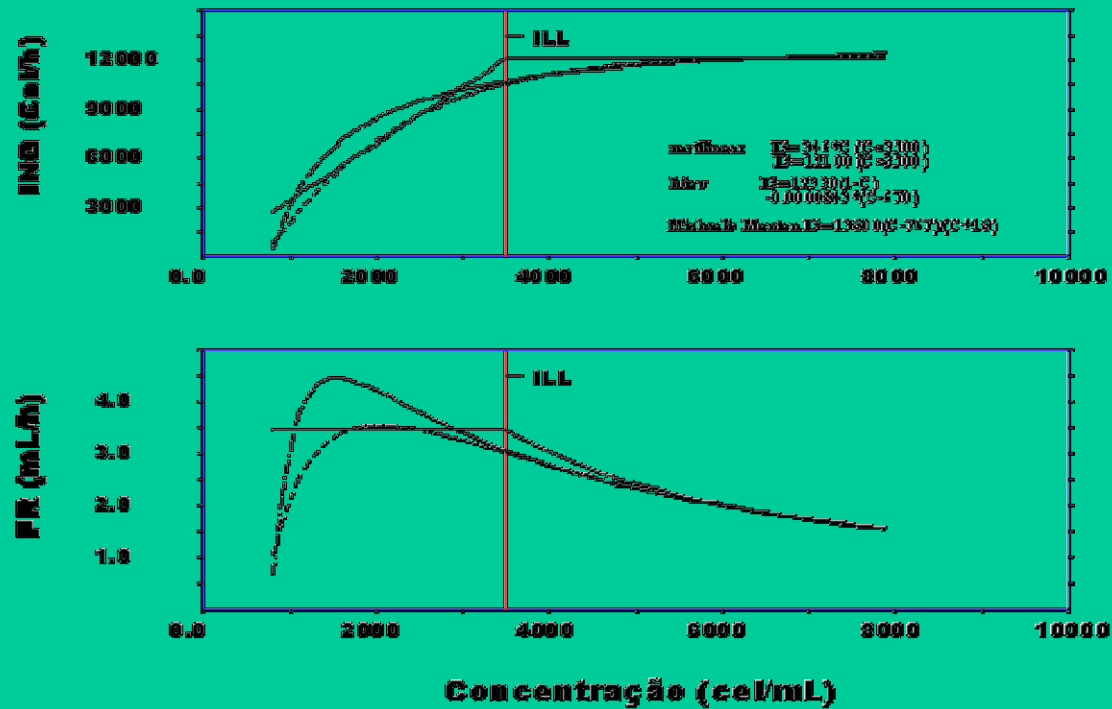


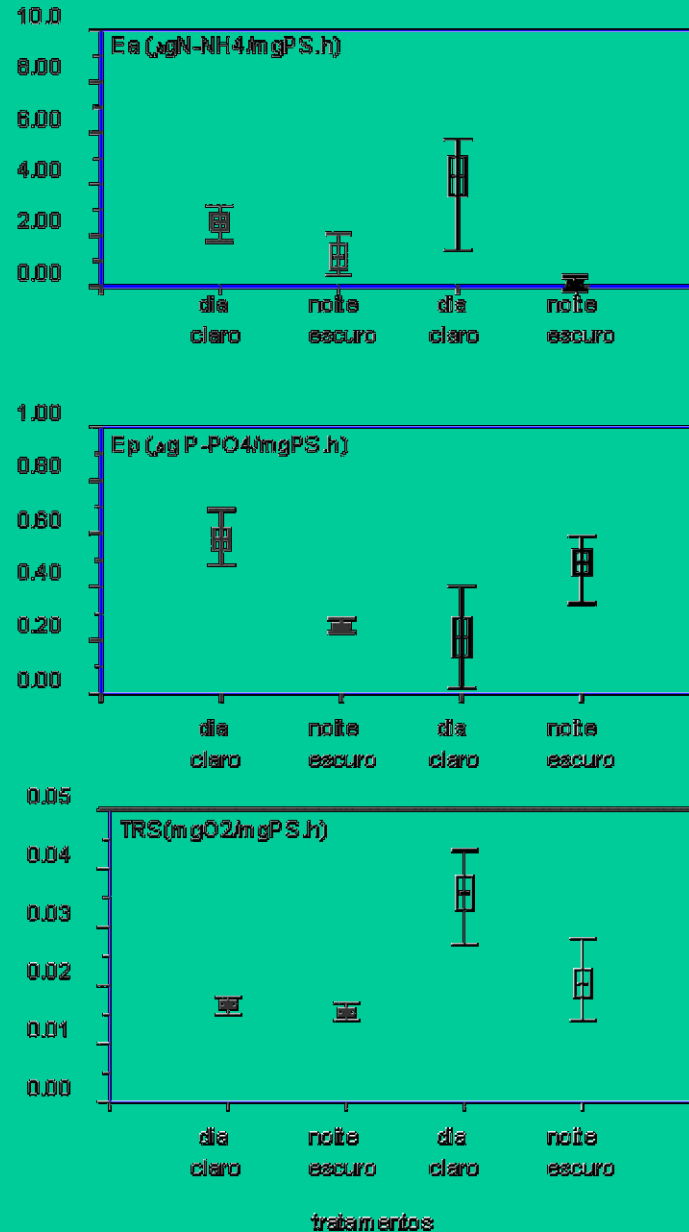
Figure 4 Relação entre a taxa de ingestão (IG) e taxa de filtração (FR) e a concentração de partículas alimentares em organismos zooplancctônicos filtradores.



**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos

O Zooplâncton normalmente apresenta intensas variações temporais nas taxas de respiração e excreção. Essas taxas podem variar de acordo com a hora do dia e o tipo de alimento que os animais consomem. Portanto, o conhecimento dessas taxas é muito importante para o entendimento da ecologia desses organismos. O exemplo ao lado provém de um estudo experimental realizado com organismos da represa da Pampulha e publicado no *Internal Journal of Experimental Biology* (Dissertação de mestrado em ECMVS, Carla Macedo, 1998).





**Ricardo Motta Pinto Coelho**, MSc, Dr. Rer. Nat  
RMPC Consultores em Recursos Hídricos  
Rua das Hortênsias, 800  
Morro do Chapéu  
34.000-000 NOVA LIMA (MG)  
Tel; 031 3517 9793  
E-mail: [rpcoelho@globo.com](mailto:rpcoelho@globo.com)  
URL: <http://www.rmpcecologia.com>

**RMPC**

& Consultores em Recursos Hídricos