

## Estudo bioenergético de animais marinhos costeiros. I. *Paralonchurus brasiliensis* (Perciformes, Sciaenidae)

PHAN Van Ngan; Vicente GOMES; Dalva Maria de MORAIS & Maria José de Arruda Campos Rocha PASSOS

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo  
(Caixa Postal 9075, 01065-970, São Paulo, SP, Brasil)

- **Abstract:** The respiratory and excretory rates of *Paralonchurus brasiliensis* were estimated in function of weight and temperature (20°C and 25°C). An energy budget for the species was calculated using the experimental data and those from literature.
- **Resumo:** Foram estimados o metabolismo de rotina e a taxa de excreção de produtos nitrogenados de *Paralonchurus brasiliensis*, em função de fatores endógenos (sexo e peso) e exógenos (temperatura). O metabolismo de rotina foi avaliado através da medição do consumo de oxigênio da espécie, em respirômetro selado. A perda de energia através da excreção de produtos nitrogenados foi calculada através da excreção de amônia e de uréia. Foi também estimada a quantidade de alimento necessária para a manutenção do metabolismo de rotina, seguindo-se o método de Mendo & Pauly e a quantificação de todos os parâmetros da equação bioenergética, utilizando-se o modelo para teleósteos marinhos proposto por DuPreez *et al.* Os resultados obtidos são discutidos e a importância do estudo bioenergético para o conhecimento dos ecossistemas costeiros é ressaltada.
- **Descriptors:** Marine fish, Bioenergetics, Animal metabolism, Energy budget, Excretory products, Oxygen consumption, *Paralonchurus brasiliensis*, Ubatuba, São Paulo, Brazil.
- **Descritores:** Peixes marinhos, Bioenergética, Metabolismo animal, Orçamento energético, Produtos da excreção, Consumo de oxigênio, *Paralonchurus brasiliensis*, Ubatuba: SP, Brasil.

### Introdução

O estudo da ecologia dos ecossistemas costeiros é atualmente uma das principais metas de pesquisa do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). A região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo, onde o IOUSP mantém uma base de pesquisa, vem sendo estudada há diversos anos. Alguns aspectos sobre a complexa circulação das massas de água bem como sobre a produção primária e a biologia de várias espécies que ocorrem na área eram já conhecidos, se bem que de forma esparsa e não integrada. Por esses motivos, a região de Ubatuba foi escolhida para dar início ao estudo

multidisciplinar dos ecossistemas costeiros brasileiros pelo IOUSP. Como integrantes desse projeto, propusemo-nos a analisar a distribuição e a disponibilidade de energia nos diferentes níveis tróficos do ecossistema.

As espécies predominantes que desempenham importante papel ecológico nessa região, principalmente em termos de biomassa (Relatório do Projeto Integrado, 1987/1988 - 3º ano), foram selecionadas e empregadas no estudo de bioenergética. O presente trabalho faz parte desse estudo e refere-se a *Paralonchurus brasiliensis* que é uma das espécies de peixe mais representativa desse ecossistema.

*Paralonchurus brasiliensis*, vulgarmente conhecida como Maria-Luisa, é uma espécie de hábito demersal obrigatório sendo encontrada em fundos arenosos ou lodosos (Cervigón, 1966; Vazzoler, 1975; Vazzoler *et al.*,

1973). Sua alimentação consiste basicamente de crustáceos, poliquetas, equinodermos, moluscos e peixes (Lowe-McConnell, 1966; Vazzoler *et al.*, 1973; Vazzoler, 1975; Vargas, 1976; Menezes & Figueiredo, 1980; Relatório do Projeto Integrado, 1986/1987 - 2º ano; 1987/1988 - 3º ano; Soares *et al.*, 1988 a,b; Soares, 1992). No Brasil, além do aspecto alimentar citado acima, essa espécie foi estudada sob outros enfoques tais como : distribuição (Barbieri, 1986; Giannini, 1989), crescimento (Yamaguti *et al.*, 1973; Vazzoler, 1975; Giannini, 1989) e reprodução (Vazzoler *et al.*, 1973).

O estudo do balanço energético de um organismo é um dos caminhos mais eficazes para se compreender sua ecologia. Ele expressa a proporção de energia consumida que é alocada aos vários processos vitais e mostra como esta pode flutuar durante o ano ou o ciclo de vida. Apesar da importância deste tipo de estudo, nenhum trabalho referente a esse aspecto foi realizado com *P. brasiliensis*. Através da quantificação de parâmetros do balanço energético, pode-se identificar períodos críticos de demanda de energia para um animal isolado e estudar as relações tróficas a nível de população (Luxmoore, 1985). Além disso, o conhecimento do balanço energético e do nitrogênio de uma determinada espécie é importante para investigar a função da mesma em seu habitat específico, comunidade ou ecossistema (Brafeld & Llewellyn, 1982; Cockcroft & DuPreez, 1989) sendo também amplamente utilizado para o avanço da aquicultura (Brett & Groves, 1979).

Neste trabalho o orçamento energético foi estimado através da clássica equação proposta pelo Programa Biológico Internacional (IBP) (Ricker, 1968), utilizando-se dados obtidos em laboratório e na literatura. Essa fórmula reúne os parâmetros mais importantes para a estimativa bioenergética dos organismos, sendo expressa da seguinte maneira:

$$C = P + R + F + U, \text{ onde:}$$

C (consumo) = a soma de energia assimilada e não assimilada do alimento ingerido durante um dado intervalo de tempo.

P (produção) = a fração da energia assimilada que é utilizada para o crescimento, gametogênese e regeneração de tecidos.

R (respiração) = a fração da energia assimilada que é convertida em calor e perdida nos processos metabólicos. O R pode ser subdividido em metabolismo de rotina (Rr) e de ação dinâmica específica (Rd). O Rr representa a taxa metabólica do animal em atividade rotineira e Rd representa a perda do calor metabólico através da digestão e transformação do alimento.

F (fezes) = a fração da energia ingerida que não foi assimilada e perdida na forma de fezes.

U (urina) = a fração da energia assimilada que é excretada na forma de urina. Esta fração da energia pode ser dividida em urina endógena (Uend) e exógena (Uexo). A Uend representa aproximadamente a perda de energia através da excreção de produtos nitrogenados de peixes em jejum, i. e., sem que este receba nitrogênio de fonte externa. Uexo representa a perda de energia associada com a assimilação e a desaminação de proteínas contida no alimento (Cockcroft & DuPreez, 1989).

Nosso estudo foi iniciado pela estimativa do metabolismo (R) e a excreção de produtos nitrogenados (U) por serem estas essenciais para os estudos bioenergéticos, representando uma porcentagem importante na equação bioenergética (DuPreez *et al.*, 1986). A excreção permite também a avaliação da influência de fatores ambientais e nutricionais sobre o metabolismo proteico e pode ser usada para avaliar o papel dos organismos na reciclagem de nutrientes em ambientes aquáticos (Cockcroft & DuPreez, 1990). O metabolismo de rotina (Rr) da espécie foi determinado através do consumo de oxigênio (Winberg, 1956; Fry, 1957) e a perda de energia devido à excreção de produtos nitrogenados (Uend) pela medição de amônia e uréia. Estudaram-se as variações desses parâmetros em função de fatores endógenos - sexo e peso; e exógenos - temperatura. Os dados obtidos foram utilizados para a estimativa da quantidade de alimento necessária para a manutenção do metabolismo de rotina, seguindo-se o procedimento desenvolvido por Mendo & Pauly (1988), e também para a quantificação de todos os parâmetros da equação bioenergética utilizando-se o modelo para teleostes marinhos proposto por DuPreez *et al.* (1990). Através dessas estimativas pretende-se apresentar uma primeira aproximação do balanço energético em *P. brasiliensis*, o que deverá auxiliar na elaboração de experimentos futuros e a compreender o papel dessa espécie na região estudada.

## Material e métodos

Foram utilizados como material para este trabalho exemplares de *Paralichthys brasiliensis* (Maria-Luisa), peixes da família Sciaenidae, coletados na região da Enseada do Flamengo, Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Os peixes foram capturados com rede de arrasto de fundo em maio, julho e agosto de 1988 e março, abril, junho, julho, agosto e dezembro de 1989. Por ser uma espécie frágil, para minimizar o estresse e evitar a morte dos indivíduos, os arrastos tiveram duração de 5 minutos.

Após o levantamento da rede os animais capturados foram imediatamente colocados em recipientes contendo água do mar corrente, e os aparentemente em boas condições, foram selecionados para serem transportados à Base Norte de Ubatuba - IOUSP.

No laboratório da Base, os peixes foram mantidos em tanques de 500 litros, com aeração constante e troca diária de água, onde permaneceram por, pelo menos, 48 horas antes de serem utilizados. Foram realizados experimentos para avaliar o consumo de oxigênio, a excreção de produtos nitrogenados (amônia e uréia) e o conteúdo calórico de amostras de músculo esquelético.

Para a medição do consumo de oxigênio foram utilizados respirômetros selados. Empregaram-se 68 indivíduos para a realização dos experimentos de respirometria e excreção na faixa de temperatura de 20°C (19,3 a 20,5°C) e 13 indivíduos na faixa de temperatura de 25°C (24,5 a 26,3°C). A salinidade foi de 36‰. O peso dos animais utilizados variou entre 4,04 g e 129,5 g e o comprimento entre 90 mm e 250 mm.

Antes do início dos experimentos os animais foram mantidos no respirômetro com circulação contínua de água por, pelo menos, 30 minutos, para atenuar o estresse do manuseio. Em seguida, o fornecimento de água foi suspenso e o respirômetro foi fechado para que o peixe consumisse o oxigênio presente no volume conhecido de água, por um período de uma a duas horas, conforme o tamanho do respirômetro em relação ao peso do animal. Os respirômetros foram protegidos por um anteparo para isolar os animais da movimentação no laboratório. A diferença entre as concentrações de oxigênio, determinadas no início e no final do confinamento, representa o consumo do animal, durante o período. Para minimizar o efeito da concentração de oxigênio sobre o metabolismo, a duração do experimento foi regulada de tal modo que a concentração de oxigênio no final dos experimentos fosse sempre maior do que 50% da sua concentração inicial.

Para a determinação do oxigênio dissolvido aplicou-se o método de Winkler, modificado por Fox & Wingfield (1938), para pequenos volumes de água. As medidas foram sempre realizadas em duplicata.

No final dos experimentos de respirometria foram retiradas amostras da água do respirômetro para a estimativa da excreção de amônia através do método colorimétrico de Koroleff (1970). Foram utilizadas como branco, amostras da água do mar filtrada, da mesma procedência que a utilizada para adaptar os animais e encher os respirômetros no início do experimento.

Para a determinação da quantidade de uréia excretada, os animais foram colocados em aquários, com volume de água conhecido e aeração artificial. Após um período de 12 horas foram retiradas amostras de 1 ml de água, em intervalos de 2 horas, durante 10 horas. A concentração de

uréia nas alíquotas foi determinada pelo método colorimétrico de Shibata & Sasaki (1969). Foram realizados 18 experimentos utilizando-se 18 animais (3 machos, 3 fêmeas e 12 com sexo não diferenciável).

A água utilizada em todos os experimentos foi previamente filtrada, em filtro de areia e a seguir em filtro de 2 µm, para evitar a presença de organismos que pudessem interferir nas medições.

Para a determinação do conteúdo calórico dos tecidos utilizou-se o método de combustão úmida de Karzinkim & Tarkowskaya (1964), adaptado às condições de nosso laboratório. Foram realizados 17 experimentos empregando-se amostras de músculo esquelético da região dorsal de seis machos, nove fêmeas e dois com sexo não diferenciável. As amostras foram preservadas em congelador a -20°C e, antes de serem utilizadas, foram secas durante 24 horas em estufa a 55°C.

O processamento dos dados foi feito com auxílio do programa Lotus 123 para microcomputador IBM/PC adaptado para o nosso trabalho. Foram calculados, para cada experimento, o consumo médio de oxigênio (mlO<sub>2</sub>/h/indivíduo) e o consumo específico de oxigênio (mlO<sub>2</sub>/g/min); a excreção média de amônia (µM/h/indivíduo) e excreção específica de amônia (µM/g/min) e o conteúdo calórico de músculo esquelético (Kcal/g peso seco).

As variações do consumo médio e consumo específico de oxigênio, da excreção média e excreção específica de amônia foram analisadas em função da temperatura, sexo e peso úmido.

Em todos os casos aplicou-se a análise de regressão tendo sido calculado o coeficiente de correlação *r*, utilizando-se o pacote estatístico Statgraphics (Statistical Graphics Corporation, 1985). Foi aplicada a análise de variância para cada regressão sendo *F* a razão entre a variância devido a regressão tendo 1 grau de liberdade e a variância residual tendo *n*-2 graus de liberdade. Os valores de *b* e *a* das regressões foram comparados pelo método descrito por Zar (1984), adaptado para o programa Lotus 123. As médias foram comparadas através do teste de Newman-Keuls.

Para a conversão dos dados obtidos em taxas de dispêndio de energia (cal/dia) utilizaram-se coeficientes oxicalóricos de 4,64 cal/mlO<sub>2</sub> (Brett, 1985) para metabolismo de rotina e de 5,94 cal/mgN (Elliot & Davidson, 1975) para a excreção de produtos nitrogenados.

Os resultados das medições de metabolismo foram utilizados para realizar uma estimativa da quantidade de alimento, calculada como porcentagem de peso corporal do animal (em peso úmido e peso seco), que *P. brasiliensis* deve consumir para a manutenção de seu metabolismo de rotina, de acordo com o procedimento proposto por Mendo & Pauly (1988) para *Sarda chilensis*. Para tanto,

considerou-se, hipoteticamente, como fonte alimentar o poliqueta *Diopatra* sp, que ocorre na região estudada. Segundo Amaral & Migotto (1980), 77,3% do volume do conteúdo estomacal de *P. brasiliensis* é constituído por poliquetas. Considerou-se essa espécie como tendo conteúdo de N igual a 11% (Edwards *et al.*, 1971) e tendo *P. brasiliensis* uma eficiência de assimilação de 0,9444 calculada a partir da fórmula proposta por Pandian & Marian (1985) onde  $\log(\text{eficiência de assimilação}) = 1,3706 + 0,5807 \log(\text{conteúdo de N do alimento})$ . O conteúdo calórico desse poliqueta foi considerado como sendo de 5176 cal/g de peso seco (Edwards *et al.*, 1971) e seu teor de umidade de 85% (Paiva\*, comun. pess.).

Para a quantificação do consumo total e dos demais parâmetros da equação bioenergética, foi utilizado o modelo  $C(100) = F(10 \pm 6) + U(4 \pm 1) + Rr(23 \pm 13) + Rd(21 \pm 3) + P(42 \pm 11)$  para teleosteos, proposto por DuPreez *et al.* (1990). Os valores obtidos experimentalmente de Rr e U foram utilizados para estes cálculos. Esses procedimentos serão discutidos mais adiante com mais detalhes.

## Resultados

Os valores de peso, sexo, excreção média (Eam) e específica (Eau) de amônia, consumo médio (Consmed) e específico (Conseps) de oxigênio para cada animal utilizado nos experimentos estão na Tabela 1, para a temperatura de 20°C, e na Tabela 2, para a temperatura de 25°C. Observa-se que, na temperatura de 20°C, o consumo médio variou de 0,011 a 0,137 mlO<sub>2</sub>/h e o específico de 0,0035 a 0,0008 mlO<sub>2</sub>/g/min para 68 animais entre 4,04 e 95,77 g de peso úmido. A excreção média de amônia variou de 9,582 a 62,571 μM/h e a específica de 0,0303 a 0,0048 μM/g/min para 40 animais entre 7,67 a 95,77 g. Na temperatura de 25°C o consumo médio variou de 0,072 a 0,194 mlO<sub>2</sub>/h e o específico de 0,0031 a 0,0020 mlO<sub>2</sub>/g/min. A excreção média variou de 30,673 a 75,089 μM/h e a específica de 0,0302 a 0,0104 μM/g/min, em todos os casos para 13 animais de 23,20 a 95,06 g de peso úmido.

A equação  $R = aW^b$ , função que relaciona o metabolismo (R) e o peso do animal (W), foi empregada para obter as curvas das variações do consumo de oxigênio e excreção de amônia em função do peso. A logaritmização dessa equação resulta na fórmula  $\log R = \log a + b \log W$ . O "a" representa a ordenada do ponto onde a reta intercepta o eixo do Y e o "b" representa o expoente do peso.

Na temperatura de 20°C os dados referentes a machos e fêmeas foram analisados separadamente e em conjunto, para verificar possível influência do sexo nos parâmetros estudados. Devido ao número relativamente pequeno de dados à temperatura de 25°C, os dados foram analisados somente em conjunto.

Nas Figuras 1 e 2 encontram-se as curvas de regressão do metabolismo de rotina em termos de consumo médio de oxigênio (mlO<sub>2</sub>/min), em função do peso úmido em gramas, nas temperaturas de 20°C e 25°C. As equações referentes a cada caso, para machos (M), fêmeas (F) e para ambos os sexos analisados em conjunto (M + F) são indicadas a seguir:

sexo	T°C	equação	r	F
M + F	20	$\text{LogConsmed} = -2,29 + 0,67\text{LogPeso}$	0,88	220,59
M	20	$\text{LogConsmed} = -2,25 + 0,66\text{LogPeso}$	0,71	22,59
F	20	$\text{LogConsmed} = -2,24 + 0,63\text{LogPeso}$	0,89	114,65
M + F	25	$\text{LogConsmed} = -2,15 + 0,71\text{LogPeso}$	0,93	70,53

Nas Figuras 3 e 4 encontram-se as curvas de regressão da excreção média (μM/h) em função do peso úmido do animal em gramas, nas temperaturas de 20°C e 25°C. As equações que representam essas relações estão descritas abaixo:

sexo	T°C	equação	r	F
M + F	20	$\text{LogEam} = 0,68 + 0,45\text{LogPeso}$	0,72	40,81
M	20	$\text{LogEam} = 0,64 + 0,48\text{LogPeso}$	0,62	7,63
F	20	$\text{LogEam} = 0,69 + 0,44\text{LogPeso}$	0,71	20,34
M + F	25	$\text{LogEam} = 0,69 + 0,59\text{LogPeso}$	0,71	11,56

As Figuras 5 e 6 representam as curvas de regressão do consumo específico (mlO<sub>2</sub>/g/min) em função do peso úmido em gramas, nas temperaturas de 20°C e 25°C. As equações referentes a essas relações estão especificadas a seguir:

sexo	T°C	equação	r	F
M + F	20	$\text{LogConseps} = -2,28 - 0,33\text{LogPeso}$	-0,66	52,29
M	20	$\text{LogConseps} = -2,25 - 0,34\text{LogPeso}$	-0,45	5,86
F	20	$\text{LogConseps} = -2,24 - 0,37\text{LogPeso}$	-0,75	39,15
M + F	25	$\text{LogConseps} = -2,15 - 0,29\text{LogPeso}$	-0,72	11,92

(\*) Paiva, P. C. (1992) Instituto Oceanográfico USP.

Tabela 1. Dados experimentais de *P. brasiliensis* na temperatura de 20°C. Consumo médio (Consmed); Consumo específico (Conseps); Excreção média de amônia (Eam); Excreção específica de amônia (Eau)

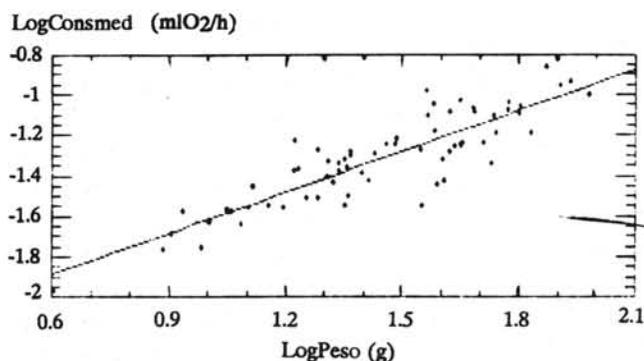
Experimento	Peso úmido (g)	Sexo	Consmed (mlO <sub>2</sub> /h)	Conseps (mlO <sub>2</sub> /g/min)	Eam (μM/h)	Eau (μM/g/min)
1	4,04	Ind	0,0107	0,0027		
2	7,67	F	0,0173	0,0023	13,9482	0,0303
3	8,07	F	0,0205	0,0025	10,8558	0,0224
4	8,62	F	0,0266	0,0031	11,6763	0,0226
5	9,60	F	0,0177	0,0018	9,5820	0,0166
6	10,10	F	0,0233	0,0023	17,7300	0,0293
7	11,17	Ind	0,0273	0,0024	14,1786	0,0212
8	11,52	Ind	0,0267	0,0023		
9	12,28	F	0,0229	0,0019		
10	12,79	Ind	0,0280	0,0022		
11	13,00	F	0,0354	0,0027	13,1981	0,0169
12	13,07	F	0,0351	0,0027	16,7043	0,0213
13	14,30	F	0,0286	0,0020	16,6304	0,0194
14	15,71	M	0,0280	0,0018	16,4468	0,0174
15	16,71	F	0,0417	0,0025		
16	16,79		0,0593	0,0035		
17	17,14	F	0,0425	0,0025		
18	18,04	Ind	0,0308	0,0017		
19	19,25	M	0,0537	0,0028	21,9645	0,0190
20	19,27	F	0,0310	0,0016	15,6672	0,0136
21	20,41	F	0,0394	0,0019	28,5394	0,0233
22	20,47	F	0,0464	0,0023		
23	21,05	F	0,0366	0,0017	22,6141	0,0179
24	21,80	Ind	0,0417	0,0019		
25	21,86	M	0,0462	0,0021	20,3830	0,0155
26	22,52	Ind	0,0283	0,0013	18,9641	0,0140
27	22,62	Ind	0,0475	0,0021	18,1735	0,0134
28	22,83	F	0,0442	0,0019		
29	23,00	F	0,0320	0,0014	16,5414	0,0120
30	23,30	M	0,0497	0,0021	19,5635	0,0140
31	23,38	F	0,0523	0,0022	27,2040	0,0194
32	25,07	Ind	0,0412	0,0016	21,4634	0,0143
33	26,00	M	0,0381	0,0015	23,6952	0,0152
34	26,86	F	0,0509	0,0019	25,2784	0,0157
35	28,89	F	0,0573	0,0020		
36	30,52	F	0,0571	0,0019	22,4163	0,0122
37	30,80		0,0604	0,0020		
38	35,34	M	0,0539	0,0015	19,7147	0,0093
39	35,68	F	0,0283	0,0008	11,2375	0,0052
40	36,77	M	0,1049	0,0029		
41	37,03	F	0,0782	0,0021	36,4165	0,0164
42	38,28	M	0,0897	0,0023	29,4000	0,0128
43	38,47	F	0,0667	0,0017	27,0675	0,0117
44	39,12	F	0,0359	0,0009	16,6360	0,0071
45	40,31	M	0,0480	0,0012		
46	40,65	M	0,0380	0,0009	15,6897	0,0064
47	42,00	F	0,0522	0,0012		
48	42,03	M	0,0826	0,0020		

Tabela 1. Continuação

Experimento	Peso Úmido (g)	Sexo	Consmed (mlO <sub>2</sub> /h)	Conseps (mlO <sub>2</sub> /g/min)	Eam (µM/h)	Eau (µM/g/min)
49	43,40	F	0,0558	0,0013		
50	44,82	M	0,0568	0,0013	25,7600	0,0096
51	44,91	M	0,0929	0,0021		
52	45,00	M	0,0553	0,0012		
53	45,26	M	0,0586	0,0013	23,8359	0,0088
54	48,27	M	0,0858	0,0018	40,2038	0,0139
55	48,54	F	0,0822	0,0017		
56	51,27	M	0,0588	0,0011		
57	54,00	M	0,0458	0,0008	15,5428	0,0048
58	54,60	M	0,0793	0,0015		
59	55,54	F	0,0653	0,0012	21,6348	0,0065
60	59,11	F	0,0848	0,0014		
61	59,52	M	0,0912	0,0015		
62	63,40	M	0,0810	0,0013		
63	63,81	M	0,0887	0,0014	40,1786	0,0105
64	68,07	F	0,0656	0,0010		
65	74,50	M	0,1372	0,0018		
66	80,75	F	0,1113	0,0014	62,5706	0,0129
67	86,09	M	0,1154	0,0013	52,7310	0,0102
68	95,77	F	0,0997	0,0010	27,9973	0,0049

Tabela 2. Dados experimentais de *P. brasiliensis* na temperatura de 25°C. Consumo médio (Consmed); Consumo específico (Conseps); Excreção média de amônia (Eam); Excreção específica de amônia (Eau)

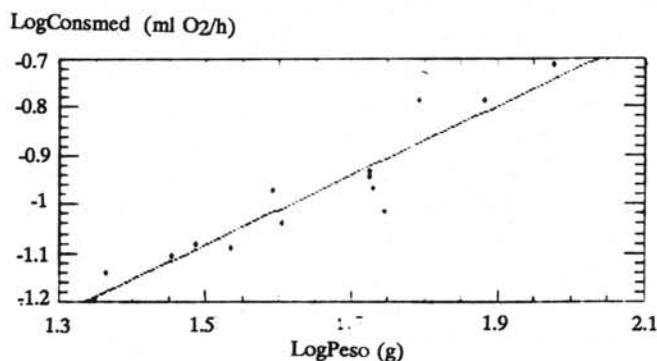
Experimento	Peso Úmido (g)	Sexo	Consmed (mlO <sub>2</sub> /h)	Conseps (mlO <sub>2</sub> /g/min)	Eam (µM/h)	Eau (µM/g/min)
1	95,06	F	0,1941	0,0020	75,0893	0,0132
2	34,30	F	0,0814	0,0024	30,9442	0,0150
3	76,32	F	0,1627	0,0021	74,3754	0,0162
4	62,18	F	0,1634	0,0026	72,6655	0,0195
5	28,40	F	0,0786	0,0028	36,0583	0,0212
6	55,70	F	0,0967	0,0017	34,5991	0,0104
7	53,64	F	0,1077	0,0020	46,1336	0,0143
8	40,25	F	0,0918	0,0023	38,9015	0,0161
9	30,73	M	0,0828	0,0027	55,6277	0,0302
10	53,17	M	0,1138	0,0021	68,8944	0,0216
11	53,12	M	0,1166	0,0022	41,8722	0,0131
12	39,10	M	0,1072	0,0027	49,2627	0,0210
13	23,20	Ind	0,0722	0,0031	30,6732	0,0220



$$\text{Log Y} = \text{Log } -2,29 + 0,67 \text{ Log X}$$

$$r = 0,88 ; F = 220,59$$

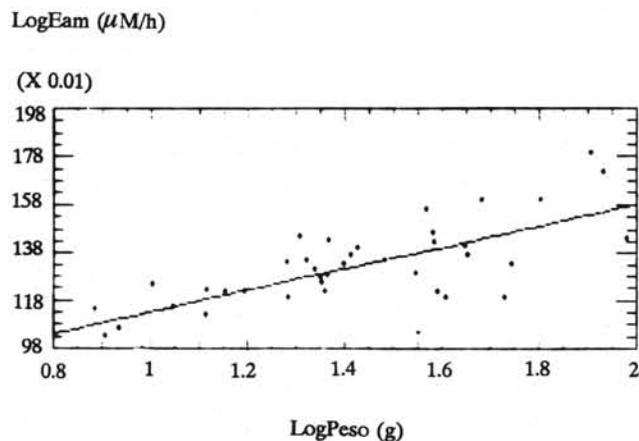
Fig. 1. Consumo médio de oxigênio de *P. brasiliensis* (Consméd) por indivíduo, referente à Tabela 1, na temperatura de 20°C, em função do peso úmido do animal.



$$\text{Log Y} = \text{Log } -2,15 + 0,71 \text{ Log X}$$

$$r = 0,93 ; F = 70,53$$

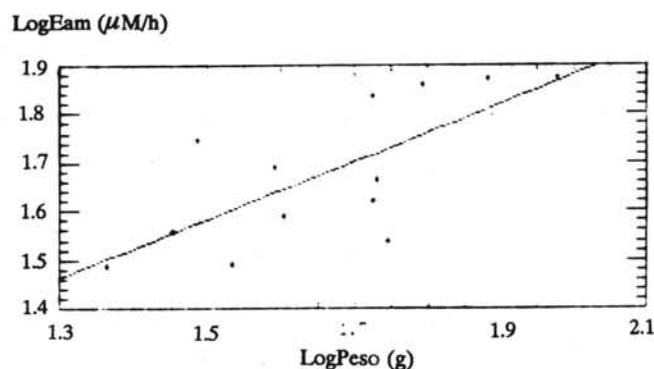
Fig. 2. Consumo médio de oxigênio de *P. brasiliensis* (Consméd) por indivíduo, referente à Tabela 2, na temperatura de 25°C, em função do peso úmido do animal.



$$\text{Log Y} = \text{Log } 0,68 + 0,45 \text{ Log X}$$

$$r = 0,72 ; F = 40,81$$

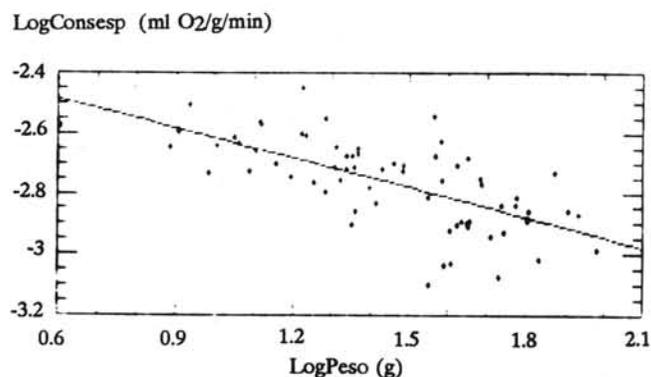
Fig. 3. Excreção média de amônia de *P. brasiliensis* (Eam) por indivíduo, referente à Tabela 1, na temperatura de 20°C, em função do peso úmido do animal.



$$\text{Log Y} = \text{Log } 0,69 + 0,59 \text{ Log X}$$

$$r = 0,72 ; F = 11,56$$

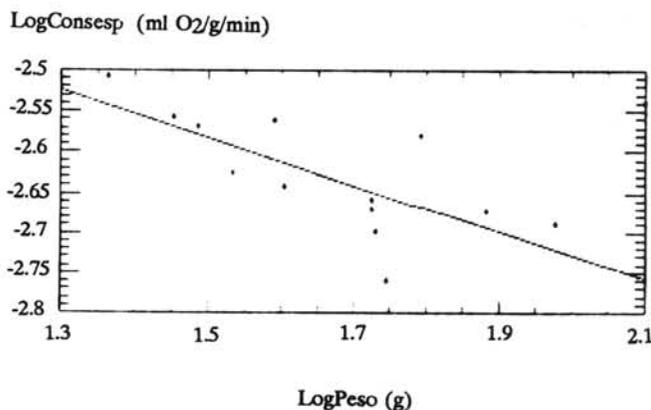
Fig. 4. Excreção média de amônia de *P. brasiliensis* (Eam) por indivíduo, referente à Tabela 2, na temperatura de 25°C, em função do peso úmido do animal.



$$\text{Log Y} = \text{Log } -2,28 - 0,33 \text{ Log X}$$

$$r = -0,66 ; F = 52,29$$

Fig. 5. Consumo específico de oxigênio de *P. brasiliensis* (Consepsp) por indivíduo, referente à Tabela 1, na temperatura de 20°C, em função do peso úmido do animal.



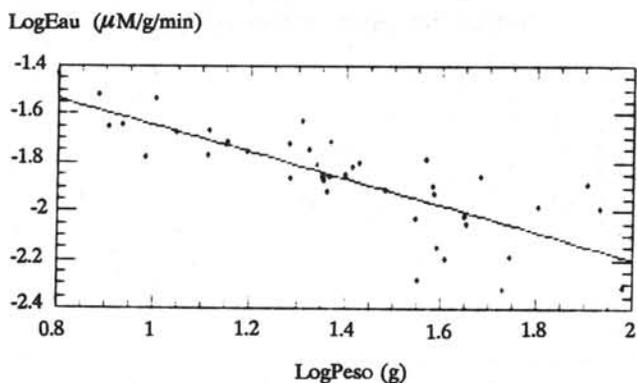
$$\text{Log Y} = \text{Log } -2,15 - 0,29 \text{ Log X}$$

$$r = -0,72 ; F = 11,92$$

Fig. 6. Consumo específico de oxigênio de *P. brasiliensis* (Consepsp) por indivíduo, referente à Tabela 2, na temperatura de 25°C, em função do peso úmido do animal.

As Figuras 7 e 8 referem-se às curvas de regressão da excreção específica de amônia ( $\mu\text{M/g/min}$ ) em função do peso úmido do indivíduo em gramas, para as temperaturas de 20°C e 25°C. As equações referentes a essas curvas estão especificadas a seguir:

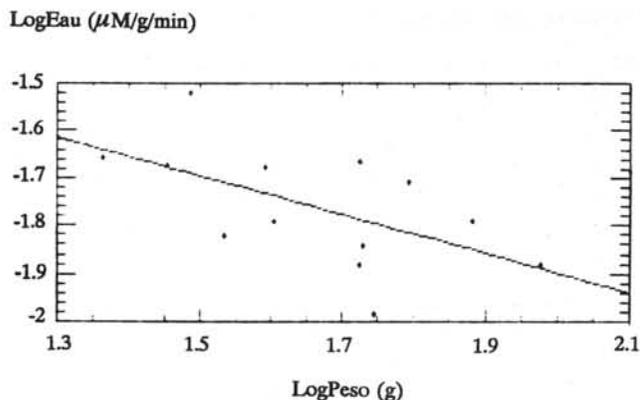
sexo	T°C	equação	r	F
M+F	20	$\text{LogEau} = -1,10 - 0,55\text{LogPeso}$	-0,78	60,65
M	20	$\text{LogEau} = -1,13 - 0,52\text{LogPeso}$	-0,65	8,99
F	20	$\text{LogEau} = -1,08 - 0,56\text{LogPeso}$	-0,79	33,60
M+F	25	$\text{LogEau} = -1,09 - 0,40\text{LogPeso}$	-0,57	5,34



$$\text{Log Y} = \text{Log} -1,10 - 0,55 \text{Log X}$$

$$r = -0,78 ; F = 60,65$$

Fig. 7. Excreção específica de amônia de *P. brasiliensis* (Eau) por indivíduo, referente à Tabela 1, na temperatura de 20°C, em função do peso úmido do animal.



$$\text{Log Y} = \text{Log} -1,09 - 0,40 \text{Log X}$$

$$r = -0,57 ; F = 5,34$$

Fig. 8. Excreção específica de amônia de *P. brasiliensis* (Eau) por indivíduo, referente à Tabela 2, na temperatura de 25°C, em função do peso úmido do animal.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores médios de metabolismo de rotina e excreção de machos e fêmeas da mesma classe de peso, pelo teste "t de student" e pelo teste de Newman - Keuls, numa mesma temperatura. Entretanto, os testes indicaram haver diferença significativa entre os valores médios de consumo e de excreção de indivíduos de mesma classe de peso, quando se comparam as duas temperaturas experimentais.

Em todos os casos, não foram encontradas diferenças significativas entre machos e fêmeas nos valores de a e b das regressões, numa mesma temperatura.

Não foram encontradas diferenças significativas, devido à temperatura, nos valores de b das regressões, tanto de consumo de oxigênio quanto de excreção de amônia. Os testes indicaram diferença significativa devido à temperatura nos valores de a para consumo de oxigênio, mas não para excreção de amônia.

A excreção de uréia variou de 0,075 a 1,418 mg/h para animais entre 10,73 a 81,54 g de peso úmido.

Os dados do consumo médio de oxigênio (Consmed) e excreção média de amônia (Eam) foram convertidos, utilizando-se os coeficientes oxicalóricos, à metabolismo de rotina (Rr) e à Urina endógena (Uend), respectivamente.

Nas Tabelas 3 e 4 encontram-se os valores de outros parâmetros energéticos (C, Rd, F, Uexo e P) calculados para as temperaturas de 20°C e 25°C, a partir do consumo de oxigênio e da excreção (Rr e Uend), utilizando o modelo proposto para teleosteos por DuPreez *et al.* (1990). Os valores do consumo diário estimado para a manutenção do metabolismo, excreção e produção variaram de 697,30 cal/dia para peixes de 10g a 3261,52 cal/dia para peixes de 100g, na temperatura de 20°C. Para 25°C, esses valores variaram de 1079,99 cal/dia para peixes de 10g a 5538,85 cal/dia para peixes de 100g.

Nas Figuras 9 e 10, estão representadas graficamente as variações de cada parâmetro do orçamento energético em função do peso úmido dos animais, para cada temperatura.

Nas Tabelas 5 e 6 estão os dados referentes aos valores da biomassa de *Diopatra* sp que deveria ser ingerida diariamente para a manutenção do metabolismo de rotina (Rr) de *P. brasiliensis*, nas temperaturas de 20°C e 25°C. Os dados representam valores médios para cada classe de comprimento. De modo geral, tomando como exemplo os valores encontrados para o menor e o maior exemplar de *P. brasiliensis* utilizados, a biomassa de poliqueta ingerida seria de 0,19 g de peso úmido para peixes de 10g e de 0,87g de peso úmido para peixes de 100g, na temperatura de 20°C. Essa quantidade corresponde, respectivamente, a 1,86% e a 0,87% do peso do peixe. Na

Tabela 3. Cálculo dos parâmetros energéticos diários para *P. brasiliensis*, na temperatura de 20°C. Consumo (C) = Metabolismo de rotina (Rr) + Metabolismo dinâmico específico (Rd, efeito MDE) + Fezes (F) + Urina (endógena: Uend + exógena: Uexo) + Produção (P)

	C (100%) 20°C	Rr (23%)	Rd (21%)	F(10%)	U(4%) Urina	Produção (42%)		
Peso	Consumo (C) Budget diário	Rr Metabolismo de rotina	Rd Efeito MDE	F Fezes	Uend	Uexo	Uexo+end	P Produção
(g)	cal/dia	cal/dia (experimental)	cal/dia (teórico)	cal/dia (teórico)	cal/dia (experimental)	cal/dia (teórico)	cal/dia (teórico)	cal/dia (teórico)
10,00	697,30	160,38	146,43	69,73	34,62	-6,72	27,89	292,87
20,00	1109,46	255,17	232,99	110,95	47,29	-2,91	44,38	465,97
30,00	1455,76	334,83	305,71	145,58	56,75	1,48	58,23	611,42
40,00	1765,23	406,00	370,70	176,52	64,59	6,01	70,61	741,39
50,00	2049,89	471,47	430,48	204,99	71,42	10,58	82,00	860,95
60,00	2316,23	532,73	486,41	231,62	77,52	15,12	92,65	972,82
70,00	2568,24	590,70	539,33	356,82	83,09	19,64	102,73	1078,66
80,00	2808,60	645,98	589,81	280,86	88,24	24,11	112,34	1179,61
90,00	3039,22	699,02	638,24	303,92	93,04	28,53	121,57	1276,47
100,00	3261,52	750,15	684,92	326,15	97,56	32,90	130,46	1369,84

Tabela 4. Cálculo dos parâmetros energéticos diários para *P. brasiliensis*, na temperatura de 25°C. Consumo (C) = Metabolismo de rotina (Rr) + Metabolismo dinâmico específico (Rd, efeito MDE) + Fezes (F) + Urina (endógena: Uend + exógena: Uexo) + Produção (P)

	C (100%) 20°C	Rr (23%)	Rd (21%)	F(10%)	U(4%) Urina	Produção (42%)		
Peso	Consumo (C) Budget diário	Rr Metabolismo de rotina	Rd Efeito MDE	F Fezes	Uend	Uexo	Uexo+end	P Produção
(g)	cal/dia	cal/dia (experimental)	cal/dia (teórico)	cal/dia (teórico)	cal/dia (experimental)	cal/dia (teórico)	cal/dia (teórico)	cal/dia (teórico)
10,00	1079,99	248,40	226,80	108,00	45,63	-2,43	43,20	453,60
20,00	1766,65	406,33	371,00	176,67	67,27	3,39	70,67	741,99
30,00	2356,00	541,88	494,76	235,60	84,42	9,82	94,24	989,52
40,00	2889,90	664,68	606,88	288,99	99,18	16,42	115,60	1213,76
50,00	3386,01	778,78	711,06	338,60	112,38	23,06	135,44	1422,13
60,00	3853,96	886,41	809,33	385,40	124,46	29,70	154,16	1618,66
70,00	4299,71	988,93	902,94	429,97	135,68	36,31	171,99	1805,88
80,00	4727,31	1087,28	992,73	472,73	146,22	42,87	189,09	1985,47
90,00	5139,63	1182,12	1079,32	513,96	156,19	49,40	205,59	2158,65
100,00	5538,85	1273,94	1163,16	553,89	165,68	55,87	221,55	2326,32

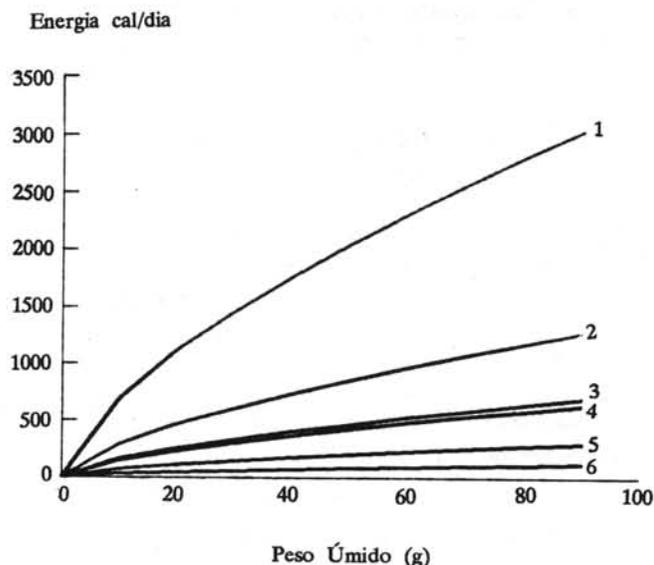


Fig. 9. Orçamento energético para *P. brasiliensis* na temperatura de 20°C, baseado no modelo proposto por DuPreez *et al.* (1990). 1. Consumo; 2. Produção; 3. Metabolismo de rotina; 4. Metabolismo dinâmico específico; 5. Fezes; 6. Urina.

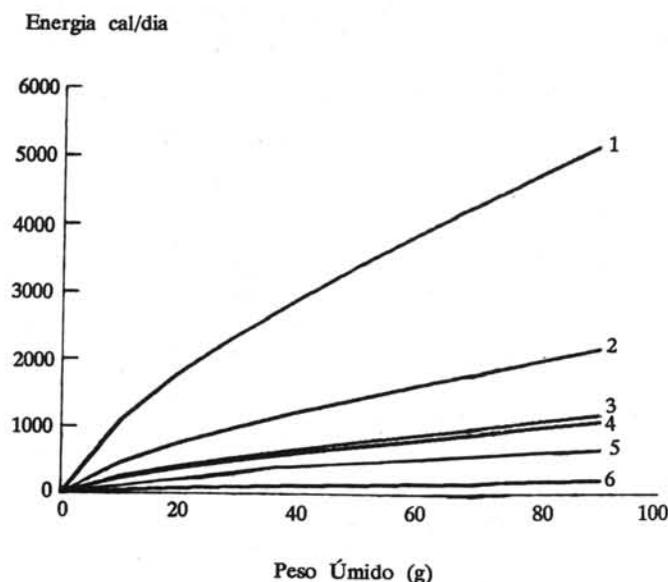


Fig. 10. Orçamento energético para *P. brasiliensis* na temperatura de 25°C, baseado no modelo proposto por DuPreez *et al.* (1990). 1. Consumo; 2. Produção; 3. Metabolismo de rotina; 4. Metabolismo dinâmico específico; 5. Fezes; 6. Urina.

Tabela 5. Quantificação da biomassa diária de *Diopatra* sp (Polychaeta), necessária para a manutenção do metabolismo de rotina de *P. brasiliensis*, na temperatura de 20°C. Conteúdo de N de *Diopatra* sp = 11% (Edwards *et al.*, 1971). Log (eficiência de assimilação =  $1,3706 + 0,5807 \text{ Log (conteúdo de N do alimento)}$ ) (Pandian & Marian, 1985). Eficiência de assimilação = 0,944

Peso (g)	Metabolismo (mlO <sub>2</sub> /dia)	Gasto de energia diária (cal/dia)	Biomassa de poliqueta assimilada (g peso seco)	Biomassa de poliqueta assimilada (g peso úmido)	Biomassa de poliqueta ingerida (g peso seco)	Biomassa de poliqueta ingerida (g peso úmido)	Relação biomassa poliqueta/peixe % peso seco presa/ peso úmido peixe	Relação biomassa poliqueta/peixe % peso úmido presa/ peso úmido peixe
10,00	34,54	160,38	0,03	0,18	0,03	0,19	0,33	1,96
20,00	54,96	255,17	0,05	0,28	0,05	0,30	0,26	1,48
30,00	72,12	334,83	0,06	0,37	0,07	0,39	0,23	1,29
40,00	87,45	406,00	0,08	0,44	0,08	0,47	0,21	1,18
50,00	101,55	471,47	0,09	0,52	0,10	0,55	0,19	1,09
60,00	114,74	532,73	0,10	0,58	0,11	0,62	0,18	1,03
70,00	127,23	590,70	0,11	0,65	0,12	0,69	0,17	0,98
80,00	139,13	645,98	0,12	0,71	0,13	0,75	0,17	0,94
90,00	150,56	699,02	0,14	0,77	0,14	0,81	0,16	0,90
100,00	161,57	750,15	0,14	0,82	0,15	0,87	0,15	0,87

Tabela 6. Quantificação da biomassa diária de *Diopatra* sp (Polychaeta), necessária para a manutenção do metabolismo de rotina de *P. brasiliensis*, na temperatura de 25°C. Conteúdo de N de *Diopatra* sp = 11% (Edwards *et al.*, 1971). Log (eficiência de assimilação =  $1,3706 + 0,5807 \text{ Log (conteúdo de N do alimento)}$ ) (Pandian & Marian, 1985). Eficiência de assimilação = 0,944

Peso (g)	Metabolismo (mlO <sub>2</sub> /dia)	Gasto de energia diária (cal/dia)	Biomassa de poliqueta assimilada (g peso seco)	Biomassa de poliqueta assimilada (g peso úmido)	Biomassa de poliqueta ingerida (g peso seco)	Biomassa de poliqueta ingerida (g peso úmido)	Relação biomassa poliqueta/peixe % peso seco presa/ peso úmido peixe	Relação biomassa poliqueta/peixe % peso úmido presa/ peso úmido peixe
10,00	53,50	248,40	0,05	0,27	0,05	0,29	0,51	2,88
20,00	87,52	406,33	0,08	0,44	0,08	0,47	0,42	2,36
30,00	116,71	541,88	0,10	0,59	0,11	0,63	0,37	2,09
40,00	143,16	664,68	0,13	0,73	0,14	0,77	0,34	1,93
50,00	167,74	778,78	0,15	0,85	0,16	0,90	0,32	1,81
60,00	190,92	886,41	0,17	0,97	0,18	1,03	0,30	1,71
70,00	213,00	988,93	0,19	1,08	0,20	1,15	0,29	1,64
80,00	234,18	1087,28	0,21	1,19	0,22	1,26	0,28	1,58
90,00	254,61	1182,12	0,23	1,23	0,24	1,37	0,27	1,52
100,00	274,39	1273,94	0,25	1,39	0,26	1,48	0,26	1,48

faixa de temperatura de 25°C essa biomassa seria de 0,29g e 1,48g de peso úmido para peixes de 10g e 100g, correspondendo, respectivamente, a 2,88% e 1,48% do peso do animal. Observe-se que essa quantidade de alimento seria necessária para a manutenção apenas do metabolismo de rotina (Rr) que foi medido experimentalmente, considerando-se um conteúdo de N de 11% em *Diopatra* sp (Edwards *et al.*, 1971) e tendo *P. brasiliensis* uma eficiência de assimilação de 0,944.

As Tabelas 7 e 8 apresentam os valores de Q10, no intervalo de temperatura analisado, para consumo de oxigênio e excreção. Esses valores apresentam uma variação de 2,21 a 2,62 para consumo de oxigênio e de 1,65 a 2,62 para a excreção de amônia.

Na Tabela 9 estão os dados de conteúdo calórico do músculo esquelético de 17 indivíduos de *P. brasiliensis*. Os valores variaram de 2,63 Kcal/g a 3,98 Kcal/g (de peso úmido do animal).

Tabela 7. Valores de Q10 obtidos para o consumo de oxigênio (metabolismo de rotina) de *P. brasiliensis* nas temperaturas de 20°C e 25°C

Peso (g)	Metabolismo (mlO <sub>2</sub> /g/min)	Metabolismo (mlO <sub>2</sub> /g/min)	Q10
10	0,024	0,037	2,21
20	0,038	0,061	2,33
30	0,050	0,081	2,40
40	0,061	0,099	2,45
50	0,071	0,116	2,49
60	0,080	0,133	2,52
70	0,088	0,148	2,55
80	0,097	0,163	2,58
90	0,105	0,177	2,60
100	0,112	0,191	2,62

Tabela 8. Valores de Q10 obtidos para a excreção de amônia de *P. brasiliensis* nas temperaturas de 20°C (U1) e 25°C (U2)

Peso (g)	U1 (μmol/h)	U2 (μmol/h)	Q10
10	13,490	17,783	1,65
20	18,427	26,217	1,90
30	22,116	32,899	2,06
40	25,173	38,650	2,18
50	27,831	43,795	2,28
60	30,211	48,503	2,36
70	32,381	52,876	2,44
80	34,387	56,981	2,50
90	36,258	60,866	2,56
100	38,019	64,565	2,62

Tabela 9. Dados do conteúdo calórico de músculo esquelético de *P. brasiliensis*. Ct (comprimento total), Pt (peso total)

Amostra	Sexo	IGS (%)	Ct (mm)	Pt (g)	Estádio	Kcal/g
1	F	4,03	221	89,78	III	2,63
2	Ind	-	143	22,62	I	2,86
3	F	2,99	225	96,75	III	2,78
4	M	0,22	213	87,22	II	3,49
5	M	2,26	163	35,34	II	3,86
6	M	2,64	175	41,65	I	3,98
7	F	0,41	170	36,11	II	3,50
8	F	3,62	212	83,48	IV	3,51
9	F	3,22	222	92,29	IV	3,70
10	F	0,67	185	51,89	II	3,91
11	F	0,42	175	39,84	II	3,67
12	F	0,60	185	51,56	II	3,87
13	M	0,46	205	88,16	III	3,61
14	M	0,41	201	97,39	II	3,36
15	F	0,78	167	40,91	III	3,28
16	M	1,49	183	53,41	II	3,46
17	Ind	-	126	14,31	-	3,52

## Discussão

O metabolismo de um animal pode ser estimado através de experimentos de alimentação, crescimento ou de consumo de oxigênio (Cockcroft & DuPreez, 1990). A medição do consumo de oxigênio é uma das formas mais eficazes desde que o metabolismo seja aeróbico.

Por outro lado, a estimativa da perda de energia através da excreção é um dos itens essenciais para a quantificação do balanço energético de um organismo. Amônia, é o principal produto de excreção em teleósteos (Elliot, 1976). Somente pequenas quantidades de uréia foram encontradas nos excretas desses peixes, exceto em *Oncorhynchus tshawytscha* (Burrows, 1964). Para esta espécie, o autor observou que a uréia pode ser o excreta predominante, dependendo do tamanho e do peso do peixe ou do período do dia. Em ensaios preliminares com *P. brasiliensis*, constatou-se que a uréia representa uma porcentagem muito pequena dos excretas nitrogenados.

Para as medições do consumo de oxigênio são empregados principalmente dois sistemas: o da respirometria em câmaras abertas ou em câmaras seladas. A respirometria em câmaras abertas, onde o fluxo de água é contínuo, permite o acompanhamento da variação da respiração por um período mais longo além de evitar o

acúmulo de metabólitos que podem interferir nos resultados. Entretanto, esse sistema é mais complexo exigindo, por exemplo, controle preciso do fluxo de água através da câmara respirométrica e medições constantes da concentração de oxigênio na água de entrada e de saída. Essas condições nem sempre são disponíveis no campo. Principalmente por esses motivos, optou-se pelo sistema de respirometria em câmaras seladas onde o animal é confinado por um curto período de tempo num respirômetro cujo volume é conhecido. Esse sistema é largamente empregado e perfeitamente confiável desde que o decréscimo do nível de oxigênio e o acúmulo de metabólitos não sejam suficientes para alterar os resultados (DuPreez *et al.*, 1986). Por esta razão, a concentração final de oxigênio nos experimentos foi mantida sempre acima de 50% da sua concentração inicial.

Tanto os experimentos de consumo de oxigênio quanto os de excreção de amônia foram realizados com animais privados de alimentação por 48 horas, para determinação do metabolismo de rotina (Rr) e urina endógena (Uend). Esse período foi utilizado para teleósteos por outros autores e considerado suficiente para evitar a influência da digestão do alimento nos processos metabólicos (Muir & Niimi, 1972; Cockcroft & DuPreez, 1990).

Os valores médios do consumo de oxigênio e excreção de amônia, a 20°C, para os machos e fêmeas de *P. brasiliensis* utilizados não foram significativamente diferentes, o que é refletido nos valores de b e a das equações correspondentes. O fato de não terem sido detectadas diferenças entre machos e fêmeas nessa faixa de temperatura não significa que se possa tirar uma conclusão definitiva a respeito da influência do sexo no metabolismo. Poder-se-ia supor que, neste caso, não foi utilizado um número suficiente de indivíduos de cada um dos estádios de maturidade para detectar essa influência. É comum em peixes ocorrerem diferenças significativas de metabolismo entre machos e fêmeas apenas em determinadas fases do ciclo de vida (Hoss, 1974; Diana, 1983). Ainda que se encontrem indivíduos em estádios avançados de maturidade, a área de Ubatuba não é utilizada para a desova, sendo as populações de *P. brasiliensis*, na região, compostas principalmente por jovens (Rossi-Wongtschowski\*, comun. pess).

Analisando a variação do consumo médio de oxigênio em função da massa do indivíduo, Bertalanffy (1957) definiu três tipos possíveis de relacionamento quando se leva em conta os valores de b, ou do expoente do peso, nas equações de regressão. Quando o b for igual a 1 o incremento no metabolismo é proporcional ao peso do

(\*) Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (1990) Instituto Oceanográfico USP.

animal; quando o **b** for igual a  $2/3$  o incremento do metabolismo é proporcional à área de superfície do indivíduo e quando  $2/3 < \mathbf{b} < 1$ , esse incremento diminui com o tamanho mas aumenta por superfície. Os valores de **b** de 0,67 e 0,71 encontrados para o consumo médio de oxigênio de *P. brasiliensis* a 20°C e 25°C, sugerem que estes podem ser considerados entre os segundo e terceiro casos, o que está de acordo com os dados freqüentemente encontrados em peixes. Edwards *et al.* (1970) obtiveram valores de **b** nas regressões de consumo médio de oxigênio iguais a 0,734 para *Cynoglossus*, 0,701 para *Halophyme* na temperatura de 28°C, e 0,724 para *Pleuronectes* na temperatura de 10°C. Hoss (1974) encontrou valores de **b** para indivíduos jovens-adultos de *Lagodon rhomboides* de 0,43 a 0,83 nas temperaturas de 15°C e 20°C, respectivamente.

De modo geral, Winberg (1956) estimou que os valores de **b** obtidos para metabolismo em função do peso de peixes estariam entre 0,67 e 0,80. Cockcroft & DuPreez (1989) citam que os limites de **b** para teleósteos estariam entre 0,67 e 0,90. Hoss (1967) considera que esses valores não devem ser considerados rigidamente e que exceções não são incomuns.

No caso da excreção média de amônia o **b** da regressão em função do peso para *P. brasiliensis* foi de 0,45 e 0,59 nas faixas de temperatura de 20°C e 25°C. Esses valores também estão dentro dos limites encontrados na literatura para teleósteos marinhos. De modo geral esses valores vão de 0,47 a 0,99 (Cockcroft & DuPreez, 1989).

É conhecido para a grande maioria das espécies que as funções metabólicas decrescem com o tamanho ou massa do indivíduo quando consideradas por unidade de volume ou de peso (metabolismo específico). Isto significa que o animal de menor tamanho tem relativamente um metabolismo mais elevado (Zeuthen, 1953; Bertalanffy, 1957). Essa regra pode sofrer alterações com o estado fisiológico e outros fatores do ciclo de vida.

Examinando-se as Figuras 5 e 6, referentes ao consumo específico de oxigênio, e as Figuras 7 e 8, referentes à excreção específica de amônia, verifica-se que estas taxas decrescem em função do peso úmido, seguindo as tendências amplamente citadas na literatura.

O expoente **b** do peso das equações de regressão para *P. brasiliensis* foram de - 0,33 e - 0,29 para consumo específico de oxigênio à 20°C e 25°C. Esses valores estão bem próximos aos encontrados por DuPreez (1987) em *Lichia amia* de - 0,29 a - 0,27, na mesma faixa de temperatura. DuPreez *et al.* (1986) obtiveram para *Pomadasys commersonni* valores de **b** de - 0,26 e - 0,39 para consumo específico de oxigênio de rotina a 20°C e 25°C.

Os valores de **b** encontrados nas regressões de excreção específica de amônia de *P. brasiliensis* foram de - 0,56 e - 0,40 à 20°C e 25°C. O erro padrão da estimativa de **b**, nesses casos, é alto, principalmente na temperatura de 25°C onde o número de dados é menor. Em geral, a taxa de excreção de amônia em teleósteos varia substancialmente mesmo a nível intra-específico (Bray *et al.*, 1988).

Os valores do intercepto **a** das regressões de consumo de oxigênio em função do peso de *P. brasiliensis* variaram significativamente com a temperatura. O mesmo não ocorreu nas regressões de excreção de amônia. Por sua vez, os valores de **b** das regressões não foram significativamente diferentes nas duas faixas de temperatura experimental tanto para consumo de oxigênio quanto para excreção de amônia.

Em muitas espécies de peixes estudadas, os valores de **b**, tanto nas regressões de consumo de oxigênio quanto nas de excreção de amônia, não apresentaram variações intra-específicas significativas com a temperatura (DuPreez *et al.*, 1986; Bray *et al.*, 1988), apesar de que estas podem ocorrer (Hoss, 1974). Como no caso de *P. brasiliensis*, a temperatura, na maioria das vezes, não afeta a razão de incremento do metabolismo em função do peso, motivo pelo qual a inclinação da curva (e portanto o valor de **b**) permanece constante.

Por outro lado, os valores do intercepto **a** freqüentemente aumentam linearmente com a temperatura (DuPreez *et al.*, 1986) pois esta afeta a taxa metabólica de maneira semelhante em todas as classes de peso, fazendo com que toda a curva se desloque em relação ao eixo das coordenadas, alterando o valor do intercepto. No caso de *P. brasiliensis*, a variação dos valores de **a** com a temperatura mostrou ser significativa apenas no caso de consumo de oxigênio. Para as curvas de excreção de amônia, pode-se observar uma tendência a um aumento no valor de **a** com a temperatura. Esse aumento, no entanto, não foi suficiente para ser detectado pelos testes estatísticos, provavelmente devido ao número de experimentos realizados e a grande variabilidade naturalmente encontrada na excreção de produtos nitrogenados.

Examinando-se a Tabela 7 verifica-se que os valores de Q10 aumentam com o peso do animal, nas temperaturas estudadas. DuPreez (1987) encontrou para *Lichia amia*, na mesma faixa de temperatura, um efeito semelhante. Provavelmente, nesses casos específicos, a temperatura teria uma maior influência no metabolismo dos animais maiores do que no dos animais menores. O mesmo fenômeno ocorreu em relação à excreção de amônia, cujos valores de Q10 variaram de 1,65 a 2,62 para peixes de 10 a 100g. Efeito semelhante foi também encontrado em algumas espécies de peixes tais como *Lichia amia* e

*Pomadasy commersoni* (DuPreez & Cockcroft, 1988 a,b). Em outras espécies a taxa de excreção de amônia demonstrou ser independente da temperatura, pelo menos, dentro de uma certa faixa de variação, como é o caso de *Lithognathus mormyrus* (Cockcroft & DuPreez, 1990).

Os conteúdos calóricos medidos no músculo esquelético de *P. brasiliensis* estão de acordo com o comumente encontrado em peixes. Essas medidas preliminares deverão ser complementadas e servirão para verificar experimentalmente parte dos valores encontrados no balanço energético da espécie.

Em relação ao custo metabólico, Mendo & Pauly (1988) calcularam para *Sarda chilensis* a quantidade de alimento que seria necessária para manter o metabolismo de rotina. Seguindo-se o mesmo procedimento, calculou-se para *P. brasiliensis* a quantidade de *Diopatra* sp que deveria ser ingerida diariamente para a manutenção do metabolismo de rotina. Para tanto, a quantidade de oxigênio consumida em um dia (Rr) é convertida em calorias utilizando-se o coeficiente oxalórico. Conhecendo-se o conteúdo de N de *Diopatra* sp (11%) (Edwards *et al.*, 1971), a quantidade de calorias por grama do mesmo e assumindo-se uma eficiência de assimilação de *P. brasiliensis* de 0,944 (Pandian & Marian, 1985), calcula-se a quantidade de alimento que deve ser ingerida e assimilada. A eficiência de assimilação de 0,944 está dentro dos valores encontrados para teleósteos carnívoros que variam de 65% a 99% (Elliot, 1976; Pandian & Marian, 1985; DuPreez & Cockcroft, 1988a). DuPreez & Cockcroft (1988b) estimaram que a fórmula proposta por Pandian & Marian (1985) tem um erro padrão de apenas 8%, sendo portanto, de grande eficiência para estimativas aproximadas. Pandian & Marian (1985) demonstraram também que a eficiência de assimilação em teleósteos marinhos não é significativamente influenciada pelo peso do animal, pela temperatura e pelo tamanho do alimento. A escolha em considerar *Diopatra* sp como o ítem alimentar para essas estimativas baseou-se principalmente no fato dos poliquetas serem alimentação preferencial de *P. brasiliensis* (77,3%), de que *Diopatra* sp ocorre na região estudada e é alimento natural da espécie e, também, por serem o conteúdo calórico e de N do animal conhecidos através da literatura.

Examinando-se as Tabelas 5 e 6 para as temperaturas de 20°C e 25°C, respectivamente, verifica-se que com o aumento da temperatura a quantidade de energia necessária para a manutenção do metabolismo de rotina aumenta cerca de 55% para peixes de 10 g e de 70% para os de 100 g. Esses dados em realidade estão apenas refletindo os resultados experimentais da medida do consumo de oxigênio que indicaram, através do cálculo de Q10, ter a temperatura maior influência no

metabolismo de animais maiores do que no dos menores. Os resultados mostram também que a quantidade diária de alimento necessária decresce com o tamanho do animal, nas duas faixas de temperatura, se considerarmos não haver mudanças na eficiência de assimilação com o desenvolvimento. Como é esperado, os organismos menores devem consumir relativamente mais energia do que os maiores para manutenção de seu metabolismo.

Por outro lado, o consumo para manutenção calculado para *P. brasiliensis*, apresentado nas Tabelas 3 e 4, apesar de seu caráter estimativo, tem grande interesse para uma primeira aproximação a respeito do papel ecológico da espécie. Suficientes estudos sobre os diversos parâmetros do orçamento energético já foram realizados, em conjunto ou isoladamente, para permitir inspeção dos dados à procura de padrões. Os parâmetros precisamente medidos em condições controladas de laboratório podem ser extrapolados para situações de campo, não só para a espécie estudada em questão, mas, também, para grupos ecológicos similares (Welch, 1968). Dentro dessa linha, calculou-se o orçamento energético de *P. brasiliensis* utilizando-se, em parte, dados de laboratório e também dados obtidos na literatura. O modelo de orçamento energético publicado por DuPreez *et al.* (1990), que utilizamos em nosso trabalho, foi desenvolvido para teleósteos marinhos levando em conta um longo estudo desenvolvido por eles e também por extensa compilação da literatura a respeito do assunto.

Calculou-se para *P. brasiliensis* o metabolismo de rotina (Rr) que segundo DuPreez *et al.* (1990) corresponde a aproximadamente 23% do total energético. Diana (1980, 1983) e DuPreez *et al.* (1990) demonstraram que as taxas de metabolismo de rotina calculadas em laboratório se aproximam às da natureza. O aumento do metabolismo devido aos processos de digestão do alimento (Rd) pode ser calculado separadamente. Muir & Niimi (1972) calcularam que esse aumento equivale a 5% a 40% da energia total do alimento. No nosso trabalho, utilizou-se para Rd um valor de 21% do total energético seguindo-se o modelo empregado. Como *P. brasiliensis* apresenta presas no estômago praticamente durante todo o dia (Soares, 1992), é necessário que Rd seja medida através de experimentos.

Calculou-se também para *P. brasiliensis* a fração de energia que é eliminada pelo animal em jejum sob forma de amônia (urina endógena). Cockcroft & DuPreez (1990) chamam atenção para o fato de que existe na literatura pouca informação sobre perda de energia em teleósteos marinhos associada à excreção de produtos nitrogenados. Os valores calculados para *P. brasiliensis* estão coerentes com o percentual de 4% proposto no

modelo de DuPreez *et al.* (1990) para urina total (endógena + exógena). Nas classes de 10 g (Tab. 4) e de 10 g a 20 g (Tab. 3) os valores de urina endógena ultrapassaram o valor proposto pelo modelo resultando em valores negativos para urina exógena. Porém, levando-se em consideração a margem de erro de 1% proposto pelo próprio modelo, mesmo esses valores não se afastariam significativamente das estimativas previstas.

Fazendo-se as conversões necessárias, a partir dos dados encontrados nas Tabelas 3 e 4, o consumo diário de alimento (*Diopatra* sp) em gramas de peso úmido para todas as funções vitais corresponderia de 8,7% a 4,07% do peso corporal do peixe para animais de 10 g a 100 g na temperatura de 20°C. Na temperatura de 25°C esses valores seriam de 13,4% a 6,9% do peso corporal para animais de 10g a 100g. Os valores obtidos para a faixa de temperatura de 20°C estão próximos aos calculados por Soares (1992) para a mesma espécie, na mesma área, na mesma faixa de temperatura, utilizando dados de campo e análise do conteúdo estomacal. Além da temperatura, diferenças entre os sexos e também sazonais são muito importantes na variação do consumo de energia e devem ser levadas em consideração. Diana (1983) estimou que fêmeas de *Esax lucius* consomem anualmente 1,1 a 1,3 vezes mais energia que os machos devido aos processos de reprodução. Por outro lado, esses peixes quando adultos consomem 81% da sua ração anual durante o verão quando ocorre 65% do crescimento do corpo e 81% do das gônadas.

Em estudos ecológicos, principalmente quando se estuda um ambiente complexo, dificilmente se pode obter dados experimentais sobre todas as espécies e todas as variáveis sendo necessários modelos para que se tenha uma idéia básica inicial. A semelhança dos valores obtidos em campo e em laboratório, na mesma faixa de temperatura, justifica o uso destes modelos.

## Conclusões

Pelos resultados obtidos conclui-se que tanto o metabolismo de rotina quanto a excreção de amônia de *Paralonchurus brasiliensis* variam em função do peso. Não foram encontradas diferenças significativas desses valores em relação ao sexo do animal.

Houve uma tendência a um aumento dos valores de consumo de oxigênio e excreção de amônia com o aumento da temperatura (20°C e 25°C). Nesta faixa de variação da temperatura o incremento foi significativo no caso de consumo de oxigênio, mas, não foi estatisticamente significativo no caso de excreção de amônia. Através dos valores de Q10 há indicações de que o efeito da temperatura sobre o metabolismo de rotina e

excreção de amônia de *P. brasiliensis* é maior sobre animais maiores do que sobre animais menores.

Através de cálculos utilizando-se modelo da literatura e os dados experimentais avaliou-se que a quantidade de energia necessária para a manutenção do metabolismo de rotina aumenta com as temperaturas testadas (20°C e 25°C) em cerca de 55% para peixes de 10 g e de 70% para os de 100 g.

O consumo diário para todas as funções vitais calculado segundo modelo da literatura juntamente com os dados experimentais correspondeu de 8,7 a 4,07% do peso corporal do peixe para animais de 10 a 100 g, na temperatura de 20°C. Na temperatura de 25°C, esses valores variaram de 13,4 a 6,9% do peso corporal para animais de 10 a 100 g.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio concedido pelo Instituto Oceanográfico da USP, pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SeCIRM) que financiaram o projeto. Ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas (Procs 823080/87.0-OC e 300299/770 (RN)). Agradecemos ao inestimável auxílio de toda a equipe de nosso laboratório.

## Referências bibliográficas

- AMARAL, A. C. Z. & MIGOTTO, A. E. 1980. Importância dos anelídeos poliquetos na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da região de Ubatuba. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 29(2):31-35.
- BARBIERI, L. R. R. 1986. Distribuição espacial e temporal de scianídeos juvenis no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade do Rio Grande. 98p.
- BERTALANFFY, L. V. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. Q. Rev. Biol., 32:217-231.
- BRAFIELD, A. E. & LLEWELLYN, M. J. 1982. Animal energetics. London, Blackie. 306 p.
- BRAY, R. N.; MILLER, A. C.; JOHNSON, S.; KRAUSE, P. R.; ROBERTSON, D. L. & WESTCOTT, A. M. 1988. Ammonium excretion by macroinvertebrates and fishes on a subtidal rocky reef in southern California. Mar. Biol., 100:21-30.

- BRETT, J. R. 1985. Correction in use of oxy-caloric equivalent. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 42:1326-1327.
- \_\_\_\_\_ & GROVES, T. D. D. 1979. Physiological energetics. In: Hoar, W. S.; Randall, D. J. & Brett, J. R., eds *Fish physiology*. New York, Academic Press. v. 3, p. 279-352.
- BURROWS, R. E. 1964. Effects of accumulated excretory products on hatchery reared salmonids. *Res. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv.*, 66:1-12.
- CERVIGÓN, M. F. 1966. Los peces marinos de Venezuela. Caracas, Fundación La Salle Ciencias Naturales. 2v.
- COCKCROFT, A. C. & DUPREEZ, H. H. 1989. Nitrogen and energy loss via nonfaecal and faecal excretion in the marine teleost *Lithognathus lithognathus*. *Mar. Biol.*, 101:419-425.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. 1990. Nitrogen and energy loss in the marine teleost *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus). *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 140:159-171.
- DIANA, J. S. 1980. Diet activity pattern and swimming speeds of northern pike (*Esox lucius*) in Lac Ste. Anne, Alberta. *Can. J. Fis. aquat. Sci.*, 37:1454-1458.
- \_\_\_\_\_ 1983. An energy budget of northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.*, 61:1968-1975.
- DUPREEZ, H. H. 1987. Laboratory studies on the oxygen consumption of the marine teleost, *Lichia amia* (Linnaeus, 1758). *Comp. Biochem. Physiol.*, 88A(3):523-532.
- \_\_\_\_\_ & COCKCROFT, A. C. 1988a. Nonfaecal and faecal losses of *Pomadasys commersonni* (Teleostei: Pomadasyidae) feeding on the surf clam, *Donax serra*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 90A(1):63-70.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. 1988b. Nonfaecal and faecal losses of the marine teleost, *Lichia amia* (Linnaeus, 1758), feeding on live southern mullet, *Liza richardsonii* (Smith, 1846). *Comp. Biochem. Physiol.*, 90A(1):71-77.
- \_\_\_\_\_ ; McLACHLAN, A. & MARAIS, J. F. K. 1986. Oxygen consumption of a shallow water teleost, the spotted grunter, *Pomadasys commersonni* (Lacépède, 1802). *Comp. Biochem. Physiol.*, 84A(1):61-70.
- DUPREEZ, H. H.; MCLACHLAN, A.; MARAIS, J. F. K. & COCKCROFT, A. C. 1990. Bioenergetics of fishes in a high-energy surf-zone. *Mar. Biol.*, 106:1-12.
- EDWARDS, R. R. C.; BLAXTER, J. H. S.; GOPALAN, U. K. & MATHEW, C. V. 1970. A comparison of standard oxygen consumption of temperate and tropical bottom-living marine fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 34:491-495.
- \_\_\_\_\_ & FINLAYSON, D. M. 1971. Feeding, metabolism and growth of tropical flatfish. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 6:279-300.
- ELLIOT, J. M. 1976. Energy losses in the waste products of brown trout (*Salmo trutta* L.). *J. Anim. Ecol.*, 45(2):561-580.
- \_\_\_\_\_ & DAVIDSON, W. 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. *Oecology*, 19:195-201.
- FOX, H. M. & WINGFIELD, C. A. 1938. A portable apparatus for the determination of oxygen dissolved in a small volume of water. *J. Expl Biol.*, 15:437-445.
- FRY, F. E. J. 1957. The aquatic respiration of fish. In: Brown, M. E., ed. *The physiology of fishes*. New York, Academic Press. p. 1-63
- GIANNINI, R. 1989. Distribuição temporal e espacial e aspectos bioecológicos da família Sciaenidae na Baía de Santos, SP, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 203p.
- HOSS, D. E. 1968. Rates of respiration of estuarine fish. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTHEASTERN ASSOCIATION OF GAME AND FISH COMMISSIONERS, 21<sup>st</sup>, New Orleans, 1967. Proceedings. New Orleans, SAGFC. p. 416-423.
- \_\_\_\_\_ 1974. Energy requirements of a population of pinfish *Lagodon rhomboides* (Linnaeus). *Ecology*, 55:848-855.
- KARZINKIM, G. S. & TARKOWSKAYA, O. I. 1964. Determination of caloric value of small samples. Techniques for the investigation of fish physiology. Jerusalem. p.122-124.
- KOROLEFF, F. 1970. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *Cons. Int. Explor. Mer, Information on techniques and methods for sea water analysis (and laboratory report)*, (3). p.19-22.

- LOWE-McCONNELL, R. H. 1966. The Sciaenidae fishes of British Guiana. *Bull. mar. Sci.*, 16(1):20-57.
- LUXMOORE, R. A. 1985. The energy budget of a population of the Antarctic isopod *Serolis polita*. In: Siegfried, W. R.; Condy, P. R. & Laws, R. M., eds Antarctic nutrient cycles and food webs. Berlin, Springer-Verlag. p.389-396.
- MENDO, J. & PAULY, D. 1988. Indirect estimation of oxygen and food consumption in bonito, *Sarda chilensis* (Scombridae). *J. Fish Biol.*, 33:815-817.
- MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, J. L. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 47p.
- MUIR, B. S. & NIIMI, A. J. 1972. Oxygen consumption of the euryhaline fish aholehole (*Kuhlia sandvicensis*) with reference to salinity, swimming, and food consumption. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 29:67-77.
- PANDIAN, T. J. & MARIAN, M. P. 1985. Nitrogen content of food as an index of absorption efficiency in fishes. *Mar. Biol.*, 85:301-311.
- RELATÓRIO DO PROJETO INTEGRADO: Utilização Racional dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo, 1986/1987 - 2º ano; 1987/1988 - 3º ano. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.
- RICKER, W. E., ed. 1968. Methods for assessment of fish production in fresh waters. London, International Biological Programme. 313p.
- SHIBATA, S. & SASAKI, M. 1969. Métodos para medição quantitativa de pequenas amostras. Uréia, Soro (Plasma, Urina). Kyoto, Kinho-do. p.239-245. (em japonês).
- SOARES, L. S. H. 1992. Alimentação ao longo de um ciclo diário de espécies de peixes demersais no litoral de Ubatuba - SP: alimento, atividade alimentar e consumo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. 165p.
- SOARES, L. S. H.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; REYNA, M. J.; GASALLA, M. A.; RIOS, M. A. T.; ARRASA, M. V. & CRISPINO, R. L. 1988a. Alimentação de peixes demersais no ecossistema costeiro de Ubatuba (23°30'S), São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO DA FURG SOBRE PESQUISA PESQUEIRA, 1., Rio Grande, 1988. Resumo. Rio Grande, Fundação Universidade do Rio Grande. p.50.
- SOARES, L. S. H.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; REYNA, M. J.; GASALLA, M. A.; RIOS, M. A. T.; ARRASA, M. V. & CRISPINO, R. L. 1988b. Comparações intraespecíficas da alimentação de peixes demersais no ecossistema costeiro da região de Ubatuba (23°30'S), São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO DA FURG SOBRE PESQUISA PESQUEIRA, 1., Rio Grande, 1988. Resumo. Rio Grande, Fundação Universidade do Rio Grande. p.51.
- VARGAS, C. P. 1976. Estudo sobre diferenciação geográfica de *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875) entre as latitudes 23°30'S (Ubatuba, SP) e 33°S (Albardão, RS). Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 2v.
- VAZZOLER, A. E. A. de M.; ZANETI, E. M. & KAWAKAMI, E. 1973. Estudo preliminar sobre o ciclo de vida dos scianídeos. I. Composição da população em classes de comprimento e aspectos da reprodução. *Publção esp. Inst. oceanogr.*, S Paulo, (3, pte 1):239-291.
- VAZZOLER, G. 1975. Distribuição da fauna de peixes demersais e ecologia dos Sciaenidae da plataforma continental brasileira entre as latitudes 29°21'S (Torres) e 33°44'S (Chuf). *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 24:85-169.
- WELCH, H. E. 1968. Relationships between assimilation efficiencies and growth efficiencies for aquatic consumers. *Ecology*, 49(4):755-759.
- WINBERG, G. G. 1956. Rate of metabolism and food requirements of fishes. (Transl. from Russian). *Fish. Res. Bd Can. Transl. ser.*, (194):1-253.
- YAMAGUTI, N.; ZANETI, E. M. & KAWAKAMI, E. 1973. Composição da população em classes de idade e aspectos do crescimento. *Publção esp. Inst. oceanogr.*, S Paulo, (3, pte 1):293-306.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall. 718p.
- ZEUTHEN, E. 1953. Oxygen uptake as related to body size in organisms. *Q. Rev. Biol.*, 28:1-12.