

BIOENERGÉTICA

EVANILDE BENEDITO-CECILIO (COORDENADORA); ALEXANDRE LEANDRO PEREIRA (BOLSISTA NUPÉLIA);
MILENA M ORIMOTO (BOLSISTA NUPÉLIA) E RENATA PEREIRA PINHEIRO (BOLSISTA NUPÉLIA)

RESUMO

Com o intuito de avaliar os padrões de alocação de energia em espécies de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná, selecionou-se a espécie piscívora *Acestrorhynchus lacustris* e suas principais presas (*Astyanax altiparanae*, *Moenkhausia intermedia* e *Steindachnerina insculpta*). Analisou-se a energia mobilizada do soma às gônadas da espécie predadora, durante o período de maturação gonadal, e a transferência da energia das presas ao predador. Constatou-se que os valores médios de K, aumentaram gradativamente durante a maturação gonadal, sendo estes superiores para as fêmeas. Os valores calóricos dos músculos de ambos os sexos sofreram acréscimo na densidade calórica com o amadurecimento gonadal, sendo as maiores médias apresentadas durante o período reprodutivo, com queda ao final deste. A densidade calórica registrada nos músculos das presas foram superiores ao de seu predador, indicando redução da energia disponível ao longo da teia trófica.

INTRODUÇÃO

Os organismos vivos deparam-se na natureza com limitações comportamentais e de desenvolvimento impostas pelos recursos energéticos disponíveis no ambiente e/ou armazenados em tecidos somáticos. Para as espécies de peixes, a alocação de energia assimilada do alimento tem profundas implicações na sobrevivência e sucesso reprodutivo. Portanto, é indispensável o conhecimento de como a energia é alocada para os diferentes processos a nível individual, populacional e dentro de comunidades. A quantificação desta nos diferentes níveis tróficos e fases de desenvolvimento, possibilita a elaboração de modelos de fluxo de energia e

auxilia no manejo de sistemas ecológicos (Winberg, 1970; Calow, 1985; Wootton, 1990).

Através da quantificação de parâmetros do balanço energético, pode-se identificar períodos críticos de demanda de energia para o animal. Além disso, o conhecimento do balanço energético é importante na análise da função da espécie em seu habitat específico, comunidade ou ecossistema (Brafeld & Llewellyn, 1982) e também determinar o melhor aproveitamento de uma determinada espécie para a aquíicultura (Brett & Groves, 1979).

Apesar da importância ecológica e de manejo destacadas acima, poucos são os trabalhos conduzidos no país. No rio Paraná, apenas Doria (1997) realizou estudos com *Pimelous maculatus* e *Schizodon borelli*. Neste

contexto, com o intuito de avaliar os padrões de alocação de energia em espécies de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná foram selecionadas as espécies *Acestrorhynchus lacustris*, *Astyanax altiparanae*, *Moenkhausia intermedia* e *Steindachnerina insculpta* devido a sua representatividade nas amostragens realizadas em diversos ambientes da área de estudo.

A espécie *A. lacustris*, comumente denominada de peixe-cachorro, possui ampla distribuição nas lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná e tem hábito alimentar predominantemente piscívoro, sendo que as espécies frequentemente encontradas em seu conteúdo estomacal são *A. altiparanae*, *M. intermedia* e *S. insculpta* (Hahn *et al.*, 1997).

Dentre as espécies de pequeno porte e forrageiras *A. altiparanae* (“tambiu”) e *S. insculpta* (“sagüiru”) são espécies registradas em todos os ambientes, sendo que as mesmas possuem distribuição abundante na maioria dos biótopos. Por outro lado, *M. intermedia* (“piqui”) apresenta maior incidência nas lagoas, mas também é registrada em todos os biótopos (Agostinho *et al.*, 1997). Quanto ao hábito alimentar, *A. altiparanae* e *M. intermedia* são espécies insetívoras, embora a última também se alimente de microcústeos. *S. insculpta* é considerada espécie iliófaga, ingerindo grandes quantidades de sedimento finamente particulado. Essa categoria trófica tem importante papel na reciclagem de nutrientes e dentre os itens mais encontrados em seu conteúdo estomacal, destacam-se, sedimento, algas e detrito (Hann *et al.*, 1997)

Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar a energia mobilizada por machos e fêmeas de *A. lacustris*, do soma às gônadas, durante o ciclo de um ano, na planície de inundação do rio Paraná. A partir dos valores calóricos médios das espécies piscívora e de suas presas preferenciais, quantificou-se, ainda, a energia transferida de um nível trófico a outro.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção de Dados

Dentre as espécies de peixes coletadas na planície de inundação do alto rio Paraná no projeto PELD, entre agosto/00 e maio/01, foram selecionadas pela sua maior representatividade nas capturas, *Acestrorhynchus lacustris*, como predadora, *Astyanax altiparanae*, *Moenkhausia intermedia* e *Steindachnerina insculpta*, como suas presas preferenciais (Fig. 1).

Nas amostragens foram utilizadas redes de espera de diferentes malhagens, expostas por 24 horas com revista a cada 8 horas, assim como redes de arrasto, na região marginal. As amostragens foram realizadas nos seguintes locais: Lagoa das Pombas, Lagoa do Gavião, Lagoa Fechada, Lagoa Clara, Lagoa do Osmar, Lagoa Peroba, Lagoa da Onça, Lagoa Pousada das Garças, Lagoa dos Patos, Lagoa do Jacaré, Lagoa das Garças, Lagoa Traíra, Lagoa Ventura, Lagoa do Zé do Paco, Canal Baía, Canal Cortado, Ressaco do Bilé, Ressaco do Manezinho, Rio Baía e Rio Ivinhema.

De cada exemplar capturado foram tomados dados de local de captura, comprimento padrão (Cp, em centímetros), sexo, estágio de maturação gonadal e o peso total (Pt), peso das gônadas (Pg) e o peso do fígado (Pf) em gramas. Os estádios de maturação gonadal foram identificados através de inspeção visual das gônadas, considerando a classificação e os critérios estabelecidos por Vazzoler (1996).

Amostras de músculo foram retiradas de indivíduos em diferentes estádios de maturação gonadal, conservadas em gelo e transportadas aos laboratórios de Ecologia Energética do Nupélia (UEM). Em seguida, as amostras de músculos foram secas em estufa a 60°C até peso constante, maceradas com auxílio de gral de porcelana e pistilo, e a caloria por grama de músculo determinada em bomba calorimétrica (Parr 1261).

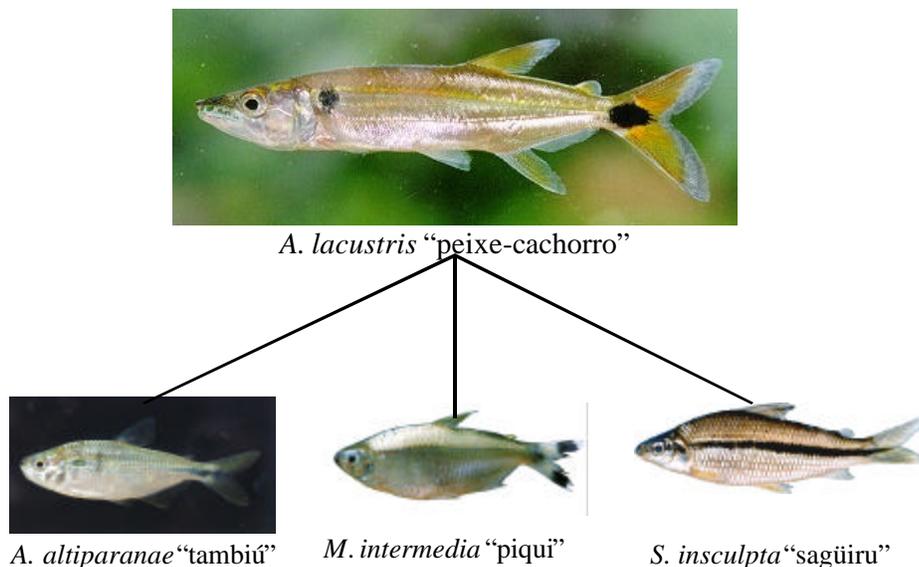


Figura 1. Espécies piscívora (*Acestrorhynchus lacustris*, $C_{p\text{médio}} = 13,3\text{cm}$) e presas analisadas (*Astyanax altiparanae*, $C_{p\text{médio}} = 5,4\text{cm}$, *Moenkhausia intermedia*, $C_{p\text{médio}} = 5,2\text{cm}$, *Steindachnerina insculpta*, $C_{p\text{médio}} = 7,1\text{cm}$) analisadas.

Análise dos Dados

Os valores de caloria/grama de peso seco determinadas para *A. lacustris* foram analisados por sexo e estágio de maturação gonadal.

Determinou-se para cada indivíduo amostrado a Relação Gônada-Somática (RGS) a partir da expressão:

$$\text{RGS} = (\text{Pg} / \text{Pt}) \times 100$$

O bem estar dos exemplares de *A. lacustris* foi avaliado através da distribuição dos valores médios do fator de condição (K):

$K = \text{Pt}^b * 100 / \text{Cp}$, sendo **b** o coeficiente angular da relação peso/comprimento

Após a inspeção gráfica do comprimento padrão em função do peso total para cada sexo, determinou-se os valores de **b**, para machos e fêmeas, através da regressão linear pelo método dos mínimos quadrados.

A Relação Hepato-Somatática (RHS) foi estabelecida para cada indivíduo através da

expressão:

$$\text{RHS} = (\text{Pf} / \text{Pt}) \times 100$$

Os valores médios do RGS, RHS, K e da densidade calórica de *A. lacustris* foram plotados graficamente por período de coleta e estágio de maturação gonadal. Os valores calóricos obtidos para as presas foram analisados comparativamente.

RESULTADOS

Os resultados apresentados incluem 183 exemplares de *Acestrorhynchus lacustris* (espécie predadora), 55 exemplares de *Astyanax altiparanae*, 28 exemplares de *Moenkhausia intermedia* e 38 exemplares de *Steindachnerina insculpta* (espécies presas). Através da regressão linear pelo método dos mínimos quadrados entre o comprimento padrão e o peso total determinou-se os valores de **b** (coeficiente angular) para ambos os sexos de *A. lacustris*, sendo igual a 3,12 para machos e de 3,00 para fêmeas (Fig. 2).

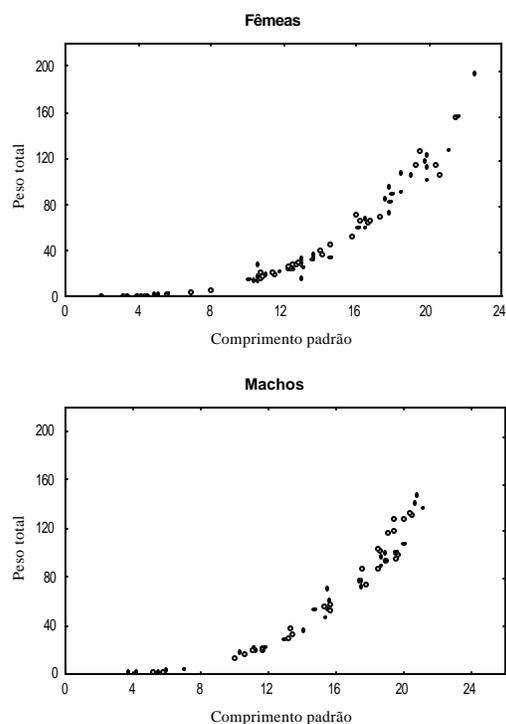


Figura 2. Relação peso-comprimento para fêmeas e machos de *A. lacustris*

Ricker (1973) sugeriu o uso da regressão pela média geométrica ao invés da regressão preditiva para variáveis aleatórias peso e comprimento. Entretanto, esta sugestão não é aceita pelos pesquisadores em biologia pesqueira (Entsua-Mensah, 1995; Benedito-Cecilio *et al.*, 1997) e na maioria das situações tem sido determinada pela regressão preditiva.

Observou-se para machos de *A. lacustris* acréscimo dos valores médios de K, durante a maturação gonadal (Fig. 3).

O fator de condição (K) das fêmeas foi, no geral, maior se comparado ao dos machos, sendo a média de K para machos de $0,9987 \pm 0,1029$ e para fêmeas de $1,4246 \pm 0,1493$. Fato contrário, foi constatado para *Rhamdia hilarii* (Narahara *et al.*, 1985) e *Thiportheus guentheri* (Godinho, 1997). Estes autores justificaram os valores médios de K dos machos superiores em

relação às fêmeas das respectivas espécies devido aos menores valores de b registrados, e também devido ao maior desgaste fisiológico das fêmeas durante o período de reprodução.

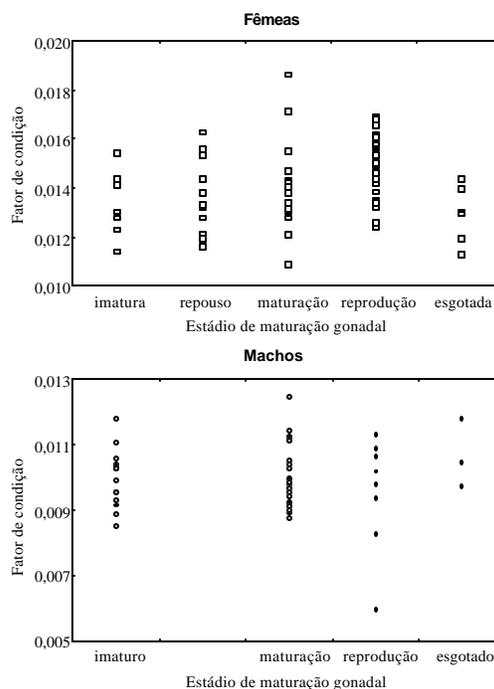


Figura 3. Fator de condição (K) de fêmeas e machos de *A. lacustris* por estágio de maturação gonadal.

Os custos durante o período reprodutivo foram, para ambos os sexos elevados, refletindo-se nos valores médios do fator de condição. Os maiores valores de K foram registrados no período de preparação das gônadas. Por outro lado Bechara *et al.* (1999) analisando várias espécies de Characiformes e Siluriformes, também provenientes do rio Paraná, demonstraram que o fator de condição (K) pode ser maior tanto para machos quanto para fêmeas, podendo variar inclusive entre anos para uma mesma espécie.

Valores máximos de RGS ocorreram durante o período de reprodução, para machos e fêmeas, uma vez que nesta fase as gônadas

apresentam seu volume máximo em relação a menor condição geral do peixe, como verificado anteriormente para os valores de K por estágio de maturação gonadal (Fig. 4).

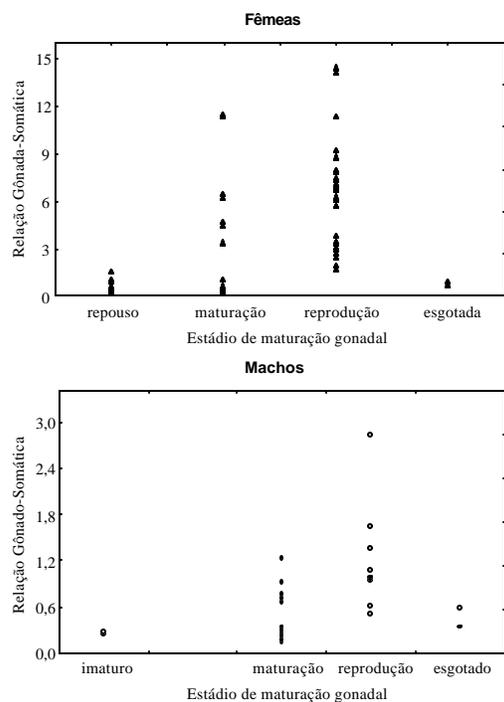


Figura 4. Relação Gônada-Somática de fêmeas e machos de *A. lacustris* por estágio de maturação gonadal

A Relação Hepato-Somática (RHS), para machos e fêmeas de *A. lacustris*, apresentou tendências semelhantes aos parâmetros analisados anteriormente, demonstrando associação com a maturação gônadal (Fig. 5). Entretanto, conclusões mais seguras a respeito desta relação não são possíveis devido ao número reduzidos de amostras obtidas no período em questão.

Para as fêmeas de *A. lacustris* verificou-se acréscimo na densidade calórica do músculo durante o desenvolvimento sexual, atingindo a maior média no estágio de reprodução ($5106,0 \pm 113,4$) (Fig. 6). Para os machos, também registrou-se aumento na densidade calórica do músculo com o amadurecimento gonadal,

sendo as maiores médias apresentadas durante o período reprodutivo ($5216,7 \pm 19,8$), ocorrendo queda com o término do período reprodutivo. Prus (1970) observou para várias espécies de invertebrados e vertebrados que os altos valores calóricos são geralmente observados no período que precede escassez do alimento ou que diminui a entrada de energia do hábitat, ou ainda antes do período reprodutivo.

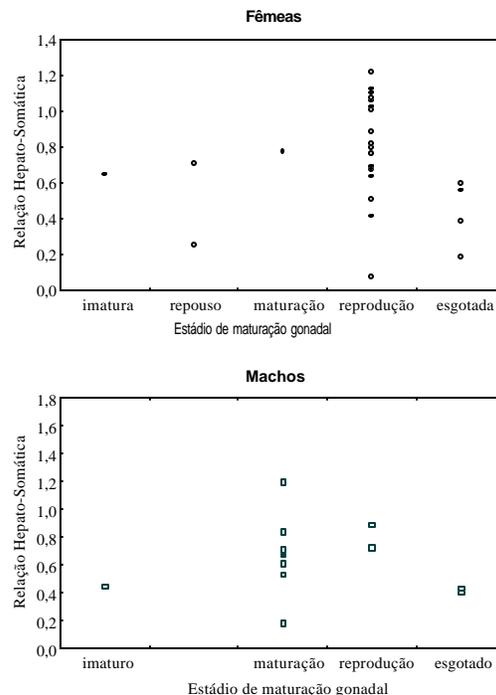


Figura 5. Valores da Relação Hepato-Somática para fêmeas e machos de *A. lacustris* por estágio de maturação gonadal.

Os peixes imaturos apresentaram valores calóricos inferiores ao dos adultos. Isto é justificado pela relação inversa entre taxa de crescimento e tamanho (Hop *et al.*, 1997). Fato ressaltado ainda por Meakins (1976), o qual admite que os peixes maduros geralmente apresentam valor calórico maior que os imaturos devido ao seu tamanho e desenvolvimento gonadal. Assim a medida que

os peixes crescem, decrescem os gastos metabólicos e aumentam os custos associados com a reprodução.

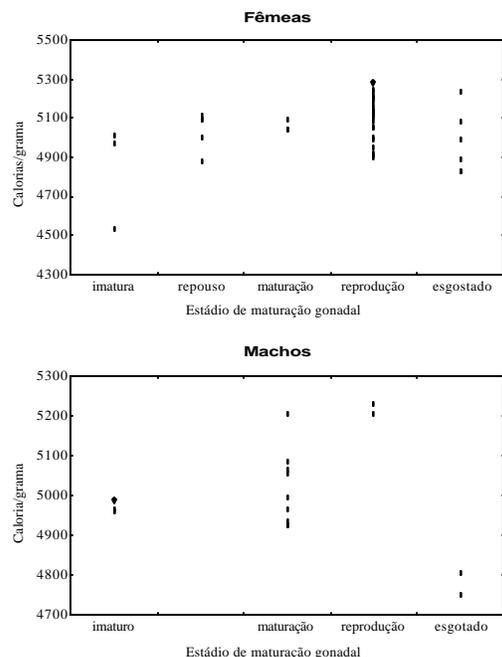


Figura 6. Variação calórica em músculos, por estágio de maturação gonadal, de indivíduos fêmeas e machos de *A. lacustris*.

As fêmeas de *A. lacustris* apresentaram as maiores densidades calóricas durante os meses de agosto e novembro/2000 (Fig. 7), pois neste período são registrados maior número de indivíduos em reprodução e maturação gonadal. Em fevereiro/2001, houve decréscimo da média, devido a presença de indivíduos esgotados, assim como em maio/2001. Para os machos, constatou-se as maiores médias de densidade calórica nos meses de agosto e novembro/00, juntamente com as fêmeas, pois nesse período foram registrados maior frequência de indivíduos em reprodução, já em fevereiro e maio/2001 houve uma redução dos valores calóricos, justificada pela maior ocorrência de indivíduos esgotados.

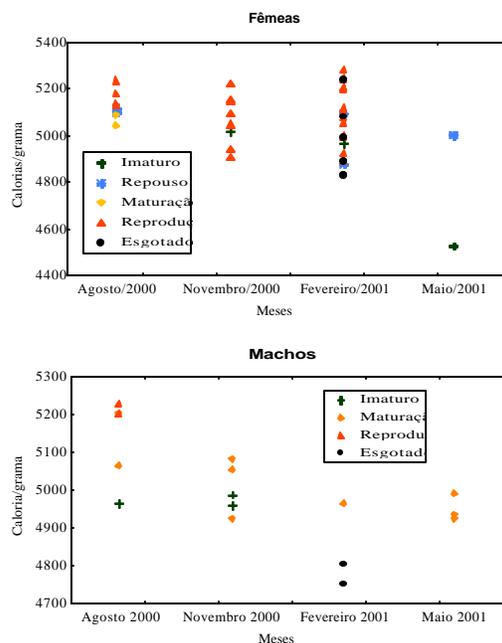


Figura 7. Variação sazonal na densidade calórica de músculos de fêmeas e machos de *A. lacustris*.

Variações intraespecíficas nos valores calóricos foram registrados por Prus (1970), na ordem de 1 a 2 Kcal, sendo dependentes de alguns fatores como estágio de desenvolvimento, estado fisiológico, sexo, estação e condições alimentares. Erros nas estimativas calóricas podem ser evitados considerando as variações sazonais, inerentes ao desenvolvimento gonadal, considerando que este processo exerce forte influência sobre os referidos valores como verificado no presente estudo.

As médias das densidades calóricas das presas foram de $5324,85 \pm 238,75$ para *M. intermedia*, $5248,10 \pm 331,75$ para *S. insculpta* e de $4980,25 \pm 331,29$ para *A. altiparanae* (Fig. 8). Observou-se que as presas apresentaram densidade calórica média superior a de seu predador potencial, exceto *A. altiparanae* cuja densidade calórica foi menor que a de seu predador. Estes resultados coincidiram com os

relatados por Bryan *et al* (1996) para os predadores e presas analisados no Lago Oahe na América do Norte.

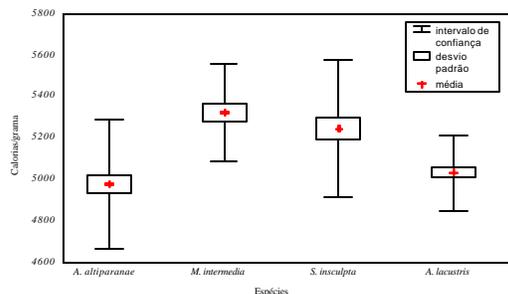


Figura 8. Densidade calórica de presas e predador

Os valores calóricos médios registrados para as quatro espécies analisados foram inferiores aos valores médios registrados na distribuição normal de Prus (1970). Este autor admite que a amplitude de variação pode ser maior a constatada por ele, uma vez que as exigências ambientais são específicas e associadas ainda à fisiologia do desenvolvimento, às condições alimentares e à fenologia.

Desta forma, pode-se supor que se as populações de *M. intermedia* e *S. insculpta* declinarem drasticamente, afetará negativamente a população de *A. lacustris*. De modo geral, destaca-se que a quantidade de energia declina ao longo da cadeia trófica, por outro lado a qualidade de energia realmente convertida, aumenta. Em outras palavras, à medida que se degrada a quantidade, eleva-se a qualidade energética dos componentes da cadeia trófica (Odum, 1983).

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JÚNIOR, H. F.; GOMES, L. C.; BINI, L. M.; AGOSTINHO, C. S. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. In: VAZZOLER, A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed) *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos*

físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM, 1997 p. 178-208.

BECHARA, J. A.; SANCHES, S.; ROUX, J. P.; TERRAES, J. C.; QUINTANA, C. F. Variaciones del factor de condición relativo de la ictiofauna del río Paraná aguas abajo de la represa de Yacretá, Argentina. *Revista de Ictiología*, v. 7, número especial, p. 75-89, 1999.

BENEDITO-CECÍLIO, E.; AGOSTINHO, A. A.; CARNELÓS-MACHADO VELHO, R. C. Length-weight relationships of fishes caught in the Itaipu reservoir, Paraná, Brazil. *Naga, The ICLARM Quarterly*, p. 57-61, 1997.

BRAFELD, A. E.; LLEWELLYN, M. J. *Animal energetics*. London, Blackie, 1982. 306p.

BRETT, J. R.; GROVES, T. D. D. *Physiological energetics*. In: HOAR, D. J.; BRETT, J. R. (Ed.) *Fish physiology*. New York. Academic Press, 1979. v. 8, p. 279-352.

BRYAN, S. D.; SOUPIR, C. A.; DUFFY, W. G.; FREIBURGER, C. E. Caloric densities of three predatory fishes and their prey in Lake Oahe, South Dakota. *Journal of Freshwater Ecology*, v. 11, n. 2, p. 153-161, 1996.

CALOW, P. Adaptive aspects of energy allocation. In: TYTLER, P.; CALOW, P. (Ed). *Fish energetics: new perspectives*. London:Sydney, cap. 1, p. 1-31. Croom Helm, c1985.

DORIA, C. R. C.; ANDRIAN, I. F. Variation in energy content of somatic and reproductive, tissues related to the reproductive cycle and feeding of female *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borellii* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). *Revista Unimar*, v. 9, n. 2, p. 421-437, 1997.

ENTSUA-MENSAH, M.; OSEI-ABUNYEWA, A.; PALOMARES, M. L. D. Length-weight relationships of fishes from tributaries of the Volta river, Ghana: part I Analysis of pooled data sets. *Naga, The ICLARM Quarterly*, p. 36-38, 1995.

GODINHO, A. L. Weight-length relationship and condition of the characiform *Tripottheus guentheri*. *Environmental Biology of Fishes*, v. 50, p. 319-330, 1997.

- HAHN, N. S.; ANDRIAN, I. F.; FUGI, R.; ALMEIDA, V. L. L. Ecologia trófica. In: VAZZOLER, A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S (Ed) *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. pte 2, p. 209-228.
- HOP, H.; TONN, W. M.; WELCH, H. E. Bioenergetics of arctic cod (*Boreogadus saida*) at low temperatures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 54, p. 1772-1784, 1997.
- MEAKINS, R. H. Variations in the energy content of freshwater fish. *J. Fish. Biol.*, v. 8, p.221-224, 1976.
- NARAHARA, M. Y.; GODINHO, H. M.; FENERICH-VERANI, N.; ROMAGOSA, E. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Rhamdia hilarii* Valenciennes, 1840 (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae). *B. Inst. Pesca*, v. 12, n. 4, p. 13-22, 1985.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Tradução de Christopher J. Tribe; supervisão de tradução de Ricardo Iglesias Rios. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Guanabara, c1988. 434p. Título original em inglês: Basic ecology.
- PRUS, T. Calorific value of animals an element of bioenergetical investigations. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, v. 17, n. 30, p. 183-199, 1970.
- RICKER, W. E. Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Res. Board. Can.*, v. 30, p. 409-434.
- WINBERG, G. G. Rate of metabolism and food requirements of fishes. *J. Fish. Res. Bd. Can. Transl. Serv.*, v. 194, p.1-253, 1970.
- WOOTTON, R. J. *Ecology of teleost fishes*. London: Chapman and Hall, 1990. 404 p. (Fish and fisheries series, 1).
- VAZZOLER, A. E. A. de M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 1996. 169p., il.