

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE AMBIENTES  
AQUÁTICOS CONTINENTAIS

DANIELA APARECIDA GARCIA

Densidade calórica de cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* na planície  
alagável do alto rio Paraná

Maringá  
2008

DANIELA APARECIDA GARCIA

Densidade calórica de cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* na planície  
alagável do alto rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais  
Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Evanilde Benedito

Maringá  
2008

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

- G216d Garcia, Daniela Aparecida, 1983-  
Densidade calórica de cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* na planície alagável do alto rio Paraná / Daniela Aparecida Garcia. -- Maringá, 2008.  
19 f. : il.
- Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2008.  
Orientador: Profª Drª Evanilde Benedito.
1. *Loricariichthys platymetopon* Isbrücker & Nijssen, 1979 (Loricariidae, Siluriformes) "cascudo-chinelo"- Ecologia bioenergética - Planície alagável - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -597.4917641309816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

## FOLHA DE APROVAÇÃO

DANIELA APARECIDA GARCIA

Densidade calórica de cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* na planície alagável do alto rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Evanilde Benedito  
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz  
Universidade Estadual de Maringá

Dr<sup>a</sup> Anna Christina Esper Amaro de Faria  
Prefeitura Municipal de Maringá/Secretaria do Meio Ambiente e Agricultura

Aprovada em: 20 de junho de 2008.

Local de defesa: Anfiteatro do Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## DEDICATÓRIA

Dedico a todos aqueles que, em algum momento, contribuíram direta ou indiretamente, para que este trabalho pudesse ser concluído.

## Densidade calórica de cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* na planície alagável do alto rio Paraná

### RESUMO

Neste estudo foi comparado o conteúdo energético muscular de *L. platymetopon* em diferentes locais da planície alagável do alto rio Paraná, e foram averiguadas as potenciais relações deste conteúdo com variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido na água, disponibilidade de alimento, abundância relativa numérica) e variáveis biológicas (tamanho corpóreo e ciclo reprodutivo). Coletas trimestrais, de setembro de 2006 a junho de 2007, em lagoas e rios, resultaram na amostragem de 739 espécimes, cuja densidade calórica muscular foi determinada através de bomba calorimétrica. Diferenças entre as médias calóricas de machos e fêmeas, e dos estádios de desenvolvimento gonadal, não foram significativas. A densidade calórica variou espacial e sazonalmente, sendo verificadas duas tendências de variação sazonal. A intensidade da correlação entre densidade calórica e cada variável ambiental, assim como, a forma de correlação, variou com o local. O tamanho corpóreo e o ciclo reprodutivo não estiveram correlacionados à densidade calórica.

**Palavras-chave:** Energia. Peixe detritívoro. Calorimetria direta. Músculo. Planície alagável.

## Caloric density of cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* in upper Paraná river floodplain

### **ABSTRACT**

In this study was compared the muscular energy content of *L. platymetopon* in different sites of the upper Paraná river floodplain, and were inquired the potential relations of this content with environmental variables (water temperature, oxygen dissolved in the water, food availability, numerical relative abundance) and biological variables (size body and reproductive cycle). Quarterly collections, from September 2006 to June 2007, in lagoons and rivers, resulted in the sampling of 739 specimens, whose muscular caloric density was determined through calorimetric bomb. Differences between the caloric mean of males and females, and stages of gonadal development, had not been significant. The caloric density varied spatial and seasonally, being verified two trends of seasonal variation. The intensity of the correlation between caloric density and each environmental variable, as well as, the correlation form, varied with the site. The body size and the reproductive cycle had not been correlated to the caloric density.

**Keywords:** Energy. Detritivorous fish. Direct calorimetry. Muscle. Floodplain.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Disponível em: <<http://everest3.tecpar.br/babt/babt-normas.php>>

## SUMÁRIO

1	ABSTRACT.....	8
2	INTRODUÇÃO.....	8
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1	Área de estudo e coleta de dados.....	9
3.2	Análise dos dados.....	10
4	RESULTADOS.....	11
5	DISCUSSÃO.....	14
6	AGRADECIMENTOS.....	16
7	RESUMO.....	16
	REFERÊNCIAS.....	18

# Densidade calórica de cascudo-chinelo *Loricariichthys platymetopon* na planície alagável do alto rio Paraná

Daniela Aparecida Garcia\*, Evanilde Benedito e Alice Michiyo Takeda

Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupélia)/Departamento de Biologia (DBI), Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, daapga@yahoo.com.br, Avenida Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR, Brasil.

## ABSTRACT

*In this study was compared the muscular energy content of L. platymetopon in different sites of the upper Paraná river floodplain, and were inquired the potential relations of this content with environmental variables (water temperature, oxygen dissolved in the water, food availability, numerical relative abundance) and biological variables (body size and reproductive cycle). Quarterly collections, from September 2006 to June 2007, in lagoons and rivers, resulted in the sampling of 739 specimens, whose muscular caloric density was determined through calorimetric bomb. Differences between the caloric mean of males and females, and stages of gonadal development, had not been significant. The caloric density varied spatial and seasonally, being verified two trends of seasonal variation. The intensity of the correlation between caloric density and each environmental variable, as well as, the correlation form, varied with the site. The body size and the reproductive cycle had not been correlated to the caloric density.*

**Key words:** energy, detritivorous fish, direct calorimetry, muscle, floodplain

## INTRODUÇÃO

O ecossistema da planície alagável do alto rio Paraná apresenta uma elevada biodiversidade e grande variedade de habitats aquáticos, tais como, rios, lagoas conectadas e desconectadas (Thomaz *et al.*, 2004). As flutuações dos níveis hidrométricos deste rio, resultante da sazonalidade no regime de chuvas, além de manter a conectividade rio-planície, também determinam sazonalidade dos fatores bióticos e abióticos (Thomaz *et al.*, 1997).

*Loricariichthys platymetopon* Isbrücker & Nijssen, 1979 (Loricariidae, Siluriformes), uma das espécies de peixes mais abundantes nesta planície (Reis *et al.*, 2003; Gaspar da Luz *et al.*, 2004), foi selecionada como objeto deste estudo. A presença desta espécie na planície alagável do alto rio Paraná, a montante da cidade de Guaíra, está relacionada à construção da barragem de Itaipu, que submergiu o Salto Sete Quedas, o qual representava uma barreira natural a sua dispersão (Reis & Pereira, 2000). Por ser detritívoro, *L. platymetopon* desempenha importante papel ecológico, integrando a cadeia de detritos, principal rota do fluxo de energia e ciclagem de matéria nos ecossistemas (Bowen, 1983; Fugi *et al.*, 2001).

O conteúdo de energia corporal do peixe é bom indicador da sua condição fisiológica, pois, reflete o efeito total dos fatores fisiológicos e ambientais sobre este organismo. Sendo o peixe constituído de água, proteínas, lipídios, carboidratos, cinzas e compostos nitrogenados não-protéicos, seu conteúdo energético é, portanto, determinado por sua composição química (Cui & Wootton, 1988).

Este conteúdo constitui-se em um parâmetro para a modelagem bioenergética e a quantificação do balanço energético de uma determinada espécie (Hansen *et al.*, 1993; Pedersen & Hislop, 2001; Dourado & Benedito-Cecilio, 2005). Devido à escassez de informações específicas sobre o mesmo, para diversas espécies, algumas vezes, valores genéricos e constantes têm sido utilizados (Economidis *et al.*, 1981; Pedersen & Hislop, 2001). Esta atitude é vista como inadequada por alguns ecólogos, pois diferenças significativas, intra e interespecíficas, têm sido detectadas em ambientes temperados e neotropicais (Bryan *et al.*, 1996; Paul *et al.*, 1998; Pedersen & Hislop, 2001; Vismara *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2006).

\* Author to correspondence

Os fatores que alteram o conteúdo energético dos peixes são classificados como bióticos (sexo, estágio de desenvolvimento gonadal, atividade reprodutiva, idade, tamanho, competição, predação, parasitismo) e abióticos (disponibilidade de recurso alimentar, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e velocidade de fluxo da água) (Dourado & Benedito-Cecilio, 2005), sendo que a maioria deles pode variar em escala espacial e/ou sazonal.

Em estudos sobre o conteúdo de energia de peixes, além da determinação do mesmo, existe uma preocupação em relacioná-lo a fatores bióticos e/ou abióticos, com o intuito de explicar sua variabilidade intra-específica (Kelso, 1973; Foltz e Norden, 1977; Rogers, 1988; Bryan *et al.*, 1996; Encina & Granado-Lorencio, 1997; Paul *et al.*, 1998; Vismara *et al.*, 2004; Dourado *et al.*, 2005; Hondorp *et al.*, 2005; Pothoven *et al.*, 2006; Tirelli *et al.*, 2006). Entretanto, a maioria dos estudos refere-se a espécies de regiões temperadas (Dourado & Benedito-Cecilio, 2005).

Nesse sentido, este trabalho objetivou comparar o conteúdo energético muscular (densidade calórica) de *L. platymetopon* em diferentes locais da planície alagável do alto rio Paraná, assim como, em diferentes meses (variação espacial e sazonal). Além de, averiguar potenciais relações do conteúdo energético dessa espécie com variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido na água, disponibilidade de alimento, abundância relativa numérica) e biológicas (tamanho corpóreo e ciclo reprodutivo).

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo e coleta de dados*

A área de estudo compreende o trecho da planície alagável do alto rio Paraná, localizado a jusante da barragem de Porto Primavera e a montante do reservatório de Itaipu (Thomaz *et al.*, 1997). Neste trecho, foram realizadas coletas trimestrais de setembro de 2006 a junho de 2007, em locais pertencentes a três subsistemas. No subsistema Baía foram amostrados: lagoa Fechada (LFEC; desconectada), lagoa do Guaraná (LGUA; conectada) e rio Baía (RBAI). No subsistema Ivinhema: lagoa do Zé Ventura (LVEN; desconectada), lagoa dos Patos (LPAT; conectada) e rio Ivinhema (RIVI) e, no subsistema Paraná: lagoa das Garças (LGAR; lagoa conectada) (Fig. 1).

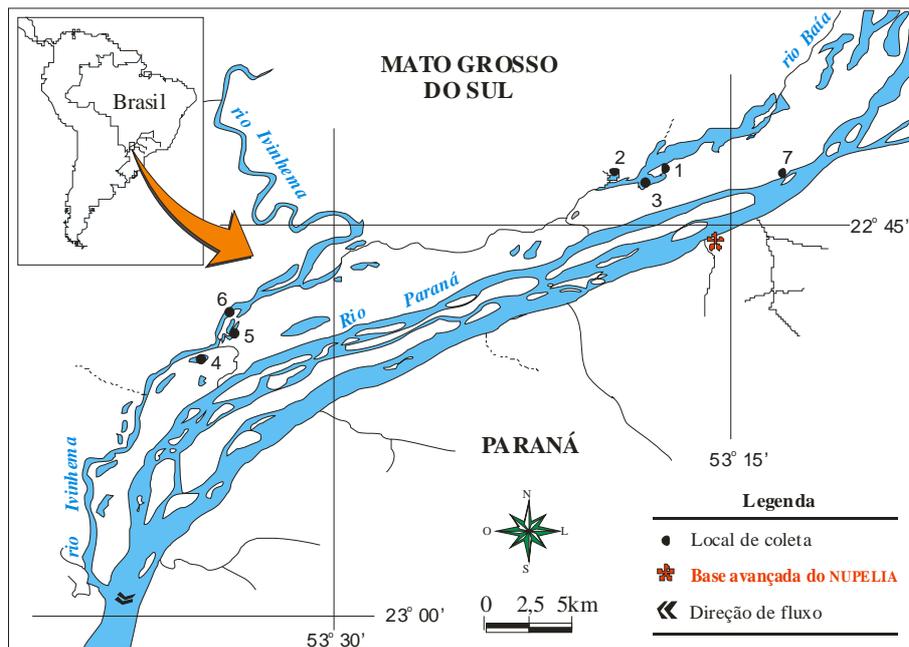
As coletas de *L. platymetopon* foram realizadas com auxílio de redes de espera de diferentes malhagens (variando de 2,4 a 8 cm entre nós adjacentes), expostas por 24 horas, com revistas a cada oito. De cada exemplar capturado de *L. platymetopon* foi tomado o comprimento padrão (mm), determinado o sexo e estágio de desenvolvimento gonadal, de acordo com os critérios propostos e adaptados de Vazzoler (1996). Os estádios considerados foram: repouso (REP), início de maturação (INI), maturação (MAT), maduro (MAD), semi-esgotado (SES), esgotado (ESG) e recuperação (REC).

Amostras de músculo de cada exemplar foram extraídas da região próxima à inserção da nadadeira dorsal. As mesmas foram lavadas em água destilada e acondicionadas em papel alumínio, etiquetadas e congeladas. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação forçada (60°C, 48 hr) e maceradas com auxílio de moinho de esferas, para obtenção de um pó fino e homogêneo.

A densidade calórica destas amostras (conteúdo energético medido em quilocaloria por grama de peso seco - kcal/g PS) foi determinada utilizando-se bomba calorimétrica adiabática (modelo Parr 1261), no laboratório de Ecologia Energética do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (NUPELIA) da Universidade Estadual de Maringá.

De cada local de coleta foi obtida a temperatura da água (°C) através de um termômetro acoplado ao oxímetro digital portátil da YSI, o qual foi utilizado para medir o oxigênio dissolvido na água (mg/L) (Laboratório Limnologia Básica do NUPELIA). A porcentagem de matéria orgânica (viva e morta) do sedimento (%) foi determinada através da diferença de peso de amostras de sedimento, que foram secas em estufa a 80°C, antes e após terem sido calcinadas em mufla a 560°C, durante quatro horas (Laboratório de Zoobentos do NUPELIA).

A abundância relativa numérica e a relação gonadossomática, dos espécimes amostrados, foram calculadas através das seguintes fórmulas:  $CPUEnum = \text{número de indivíduos} / 1000m^2 \text{ rede de espera de } 24 \text{ h}$  e  $RGS = (\text{peso da gônada} / \text{peso do corpo}) * 100$  (Laboratório de Ictiologia do NUPELIA).



**Figura 1** - Área de estudo e locais de coleta: (1) lagoa Fechada, (2) lagoa do Guaraná, (3) rio Baía, (4) lagoa do Zé Ventura, (5) lagoa dos Patos, (6) rio Ivinhema e (7) lagoa das Garças.

### *Análise dos dados*

Para verificar se a densidade calórica diferiu entre os locais e meses de coleta foram realizadas análises de variância unifatorial não-paramétrica (5000 randomizações-ECOSIM) (Gotelli & Enstminger, 2006), uma vez que os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram alcançados. Espécimes pertencentes a diferentes estádios de desenvolvimento gonadal e a ambos os sexos, foram agrupados para estas análises, uma vez que não houve diferenças significativas entre os sexos, tampouco, entre os estádios de desenvolvimento gonadal, em nenhum dos locais de coleta. Adotou-se nível de significância de  $\alpha = 0,05$  com correção de Bonferroni, sendo considerados significativos valores de  $p \leq 0,0125$ .

Com o intuito averiguar potenciais relações da densidade calórica com variáveis ambientais e biológicas foram realizadas análises de correlação não-paramétrica (correlação por postos de Kendall-tau), entre a densidade calórica muscular de *L. platymetopon* (variável dependente) e as variáveis temperatura da água, oxigênio dissolvido, porcentagem de matéria orgânica do sedimento, abundância relativa numérica, relação gonadossomática (RGS) e comprimento padrão de *L. platymetopon*, para cada local de coleta. O programa STATISTICA (versão 7.1) foi utilizado para estas análises, nas quais foi adotado  $\alpha = 0,05$ , com correção de Bonferroni, sendo significativas correlações com valor de  $p \leq 0,008333$ .

A porcentagem de matéria orgânica do sedimento, a relação gonadossomática e o comprimento padrão foram utilizados como indicadores da disponibilidade (quantidade) de recurso alimentar no ambiente (detrito e organismos bênticos associado ao detrito e sedimento), do ciclo reprodutivo e do tamanho corpóreo de *L. platymetopon*, respectivamente.

## RESULTADOS

Um total de 739 espécimes de *L. platymetopon* foi amostrado na planície alagável do alto rio Paraná, sendo que a amplitude de comprimento padrão variou de 130 mm (RBAI e RIVI) a 307 mm (LGUA) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Número de espécimes de *Loricariichthys platymetopon* (n) amostrados, média  $\pm$  desvio-padrão ( $\bar{X} \pm DP$ ) e amplitude (amp) do comprimento padrão dos mesmos, por local de coleta. LFEC = lagoa fechada, LGUA = lagoa do Guaraná, RBAI = rio Baía, LVEN = lagoa do Zé Ventura, LPAT = lagoa dos Patos, RIVI = rio Ivinhema e LGAR = lagoa das Garças.

Local	n	$\bar{X} \pm DP$ (mm)	amp (mm)
LFEC	96	236 $\pm$ 22.24	155-294
LGUA	192	229 $\pm$ 24.91	140-307
RBAI	182	210 $\pm$ 30.40	130-278
LVEN	62	227 $\pm$ 27.94	147-298
LPAT	41	229 $\pm$ 23.24	187-281
RIVI	30	209 $\pm$ 35.17	130-266
LGAR	136	222 $\pm$ 23.15	145-273
Total	739		

Diferenças significativas não foram constatadas para médias calóricas, entre os sexos, tampouco entre os estádios de desenvolvimento gonadal, em nenhum dos locais de coleta (Tabela 2).

**Tabela 2** – Resultado das análises de variância unifatorial (valores de F e p) entre sexos e estádios de desenvolvimento gonadal, em diferentes locais na planície alagável do alto rio Paraná. nF = número de fêmeas de *Loricariichthys platymetopon* utilizados nas análises, nM = número de machos de *Loricariichthys platymetopon* utilizados nas análises. REP = repouso, INI = início de maturação, MAT = maturação, MAD = maduro, SES = semi-esgotado, ESG = esgotado e REC = recuperação. (\*) =  $p \leq 0,0125$ .

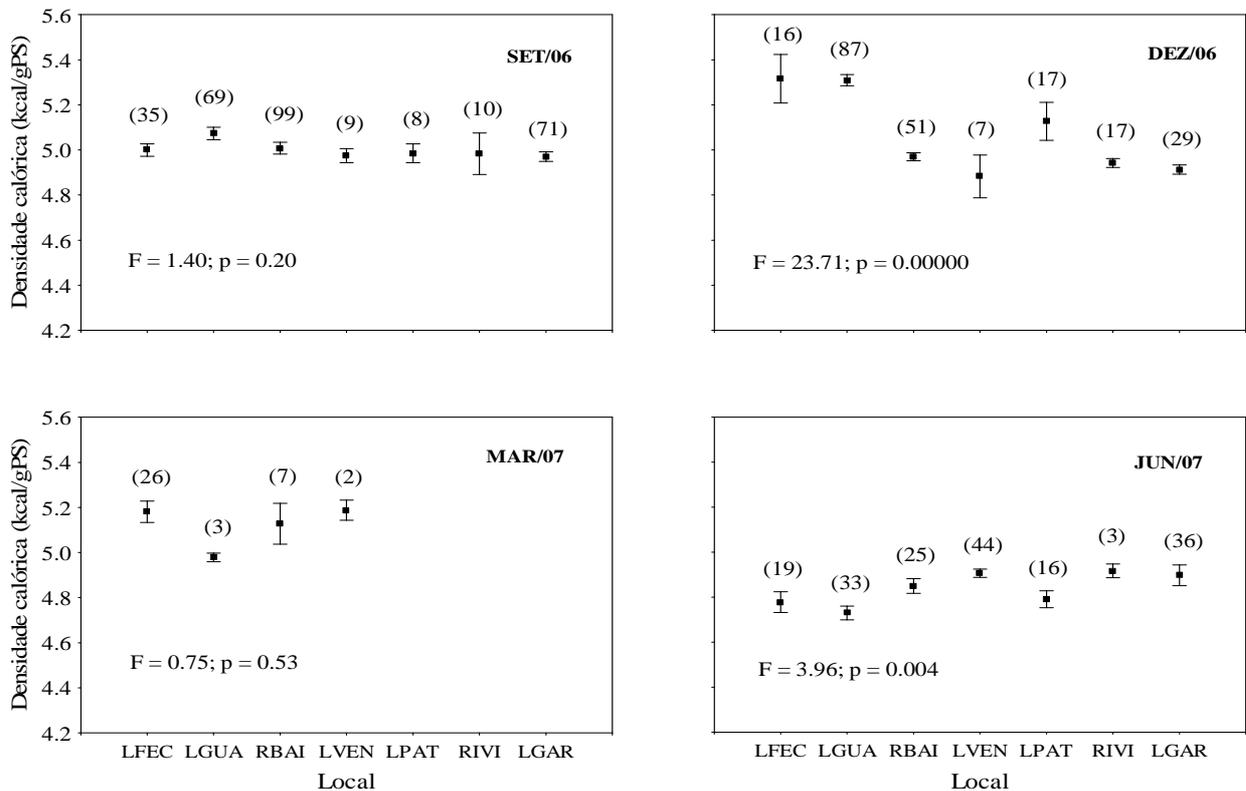
Estádio	Local													
	LFEC		LGUA		RBAI		LVEN		LPAT		RIVI		LGAR	
	nF	nM												
REP	3	1	17	2	21	12	11	2	8	0	5	2	14	1
INI	9	4	15	13	17	19	12	7	5	2	3	1	20	3
MAT	4	9	5	24	10	29	0	13	3	12	4	0	7	21
MAD	6	0	3	0	0	0	0	0	1	0	1	5	0	0
SES	39	17	49	51	27	28	3	10	4	4	9	0	49	16
ESG	1	0	12	0	17	0	3	0	2	0	0	0	5	0
REC	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	65	31	102	90	93	89	30	32	23	18	22	8	95	41
F; p (sexo)	0.01; 0.90		1.83; 0.18		2.60; 0.10		0.08; 0.79		3.43; 0.07		0.15; 0.73		2.34; 0.12	
F; p (estádios F)	0.61; 0.69		1.86; 0.09		1.98; 0.09		0.18; 0.94		0.60; 0.66		0.66; 0.60		1.16; 0.32	
F; p (estádios M)	1.19; 0.27		1.23; 0.29		0.07; 0.98		3.57; 0.03		1.40; 0.26		0.66; 0.49		0.74; 0.49	

Foi registrada diferença significativa entre as médias calóricas dos locais (variação espacial) nos meses de dezembro de 2006 e junho de 2007, sendo que nenhum padrão de variação espacial pode ser estabelecido. No mês de dezembro de 2006, foram verificadas as maiores médias calóricas em LFEC, LGUA e LPAT, entretanto, nestes mesmos locais, em junho de 2007, detectaram-se as menores médias (Fig. 2).

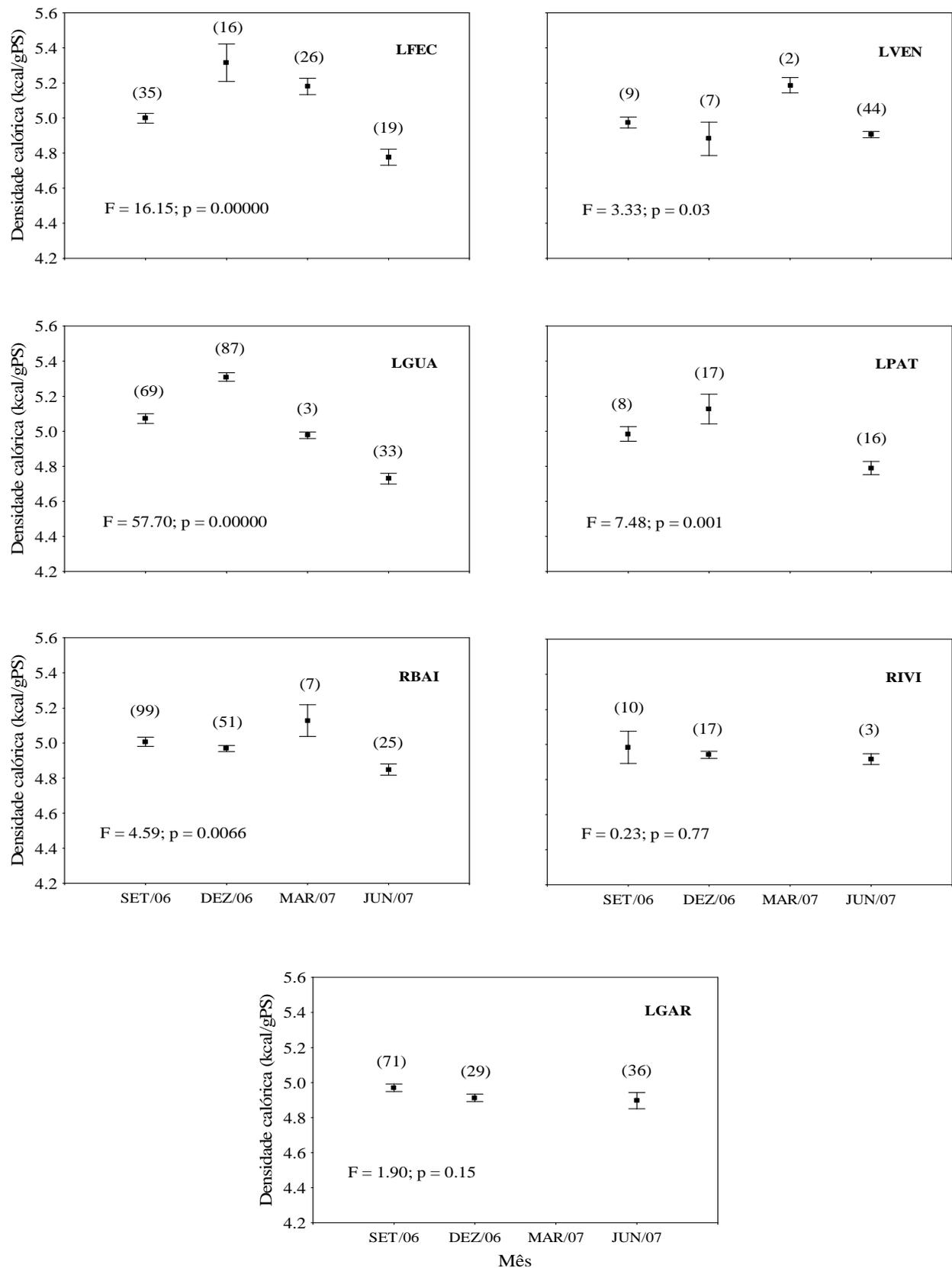
A diferença entre as médias calóricas dos meses foi significativa (variação sazonal) em LFEC, LGUA, RBAI e LPAT, não ocorrendo o mesmo em LVEN, RIVI e LGAR. Foram reconhecidas duas tendências de variação sazonal na densidade calórica de *L. platymetopon*, uma primeira em LFEC e

LGUA, na qual o pico de energia muscular ocorre em dezembro de 2006 e, uma segunda em RBAI e LVEN, cujo pico ocorre em março de 2007. Supõe-se que a tendência apresentada em LPAT seja a primeira, e em RIVI e LGAR, a segunda (Fig. 3).

A partir do resultado das análises de correlação por postos de Kendall-tau verificou-se que em LFEC, LGUA, RBAI e LPAT a densidade calórica dos músculos de *L. platymetopon* esteve correlacionada, de forma significativa, basicamente, as mesmas variáveis (temperatura da água, oxigênio dissolvido na água e porcentagem de matéria orgânica do sedimento), entretanto, as correlações significativas encontradas em RBAI foram fracas. A correlação foi positiva entre a densidade calórica e a temperatura da água em LFEC, LGUA, RBAI e LPAT, e o oxigênio dissolvido na água correlacionou-se sempre negativamente com a densidade calórica muscular de *L. platymetopon* nestes locais. A porcentagem de matéria orgânica do sedimento correlacionou-se a densidade calórica tanto positiva (LFEC e LGUA) quanto negativamente (RBAI e LPAT). O mesmo ocorreu com a variável abundância relativa numérica em LFEC (correlação negativa) e LGUA (correlação positiva). Em LVEN, RIVI e LGAR, a densidade calórica muscular não esteve correlacionada, significativamente, a nenhuma das variáveis consideradas neste estudo. A relação gonadossomática e o comprimento padrão não apresentaram correlação significativa com a densidade calórica, em nenhum dos locais de coleta (Tabela 3).



**Figura 2** - Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) da densidade calórica de *Loricariichthys platymetopon*, por local e mês de coleta, na planície alagável do alto rio Paraná (número de espécimes amostrados entre parênteses). LFEC = lagoa Fechada, LGUA = lagoa do Guaraná, RBAI = rio Baía, LVEN = lagoa do Zé Ventura, LPAT = lagoa dos Patos, RIVI = rio Ivinhema e LGAR = lagoa das Garças.



**Figura 3** - Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) da densidade calórica de *Loricariichthys platymetopon*, por mês e local de coleta, na planície alagável do alto rio Paraná (número de espécimes amostrados entre parênteses).

**Tabela 3** - Valores do coeficiente de correlação de Kendall-tau ( $\tau$ ), entre a densidade calórica e variáveis ambientais e biológicas, por local amostrado na planície alagável do alto rio Paraná. TEMP = temperatura da água, OD = oxigênio dissolvido, MO = porcentagem de matéria orgânica, CPUEnum = abundância relativa numérica, RGS = relação gonadossomática e Ls = comprimento padrão. (\*) =  $p \leq 0,008333$ .

Variável	Local						
	LFEC	LGUA	RBAI	LVEN	LPAT	RIVI	LGAR
TEMP	0.45*	0.57*	0.19*	0.19	0.50*	-0.12	0.05
OD	-0.21*	-0.57*	-0.19*	-0.19	-0.50*	0.12	0.08
MO	0.27*	0.60*	-0.18*	-0.20	-0.50*	0.23	-0.11
CPUEnum	-0.52*	0.61*	0.09	-0.10	0.22	-0.12	-0.05
RGS	0.17	0.12	0.09	-0.01	0.16	0.28	0.05
Ls	-0.09	-0.06	-0.04	0.07	-0.03	0.35	0.06

## DISCUSSÃO

No presente estudo foi registrado variação espacial na densidade calórica muscular *L. platymetopon*. Esta variação também foi verificada para a espécie neotropical *Serrassalmus maculatus*, entretanto, o mesmo não ocorreu para as peixes *Leporinus friderici*, *Acestrorhynchus pantaneiro*, *Schizodon borelli* e *Serrassalmus marginatus* (Santana *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2006).

Os estudos realizados com espécies de peixes de regiões temperadas indicam que locais com maior disponibilidade de alimento, maior conteúdo energético do recurso alimentar e menor competição intra-específica por este recurso, apresentam indivíduos com melhor condição energética corporal, ou seja, com maior densidade calórica. Sendo estes os fatores responsáveis pela variação espacial no conteúdo energético das espécies de peixes destas regiões (Hondorp *et al.*, 2005; Buchheister *et al.*, 2006; Pothoven *et al.*, 2006).

Entretanto, neste estudo, não foi possível explicar por que as médias calóricas de *L. platymetopon* foram as maiores em LFEC, LGUA e LPAT em relação aos demais locais amostrados, no dezembro de 2006 e foram as menores em junho de 2007, pois, a densidade calórica nem sempre esteve correlacionada da mesma forma (positiva ou negativamente) com as variáveis disponibilidade de alimento e abundância relativa numérica da espécie em estudo.

A variação sazonal na densidade calórica muscular de *L. platymetopon*, também foi registrada no presente estudo, na maioria dos locais de coleta. Para espécies de peixes de clima temperado e polar, variações sazonais no conteúdo energético corporal, ou de partes dos mesmos, são comuns, sendo que a variação temporal na disponibilidade e consumo de alimento, na dieta, no conteúdo energético das presas, na temperatura da água e o ciclo reprodutivo estão entre os fatores que explicam estas variações sazonais (Kelso, 1973; Encina & Granado-Lorencio, 1997; Hederson *et al.*, 2000; Tirelli *et al.*, 2006).

Supõe-se que a tendência de variação sazonal observada em LPAT, seja idêntica àquela da LFEC e LGUA. A mesma tendência e a maior proximidade entre as médias calóricas nestes três locais, provavelmente, sejam devidas a uma maior similaridade ambiental entre eles, pois, nestes a densidade calórica muscular *L. platymetopon*, esteve correlacionada basicamente às mesmas variáveis ambientais (temperatura, oxigênio dissolvido e porcentagem de matéria orgânica). Aquelas tendências identificadas em LVEN, RIVI e LGAR, possivelmente, sejam semelhantes àquela reconhecida em RBAI, pois, nestes locais as correlações entre a densidade calórica e as variáveis ambientais e biológicas não foram significativas, e em RBAI, foram fracas. A heterogeneidade espacial existente na planície alagável do alto rio Paraná, possivelmente, contribuiu para que se observassem essas duas tendências de variação sazonal.

Nas regiões tropicais as temperaturas, em geral, são mais homogêneas e mais altas que nas regiões temperadas, e as variações nas mesmas são mais amenas (Esteves, 1998). Entretanto, a densidade calórica muscular de *L. platymetopon* esteve fortemente correlacionada à temperatura, de forma positiva, em LGUA, LFEC e LPAT. Nestes locais em meses com temperaturas mais elevadas, esta espécie apresentou mais energia em seus músculos. Porém, a correlação entre a densidade calórica muscular e a temperatura da água foi fraca em RBAI e insignificante em LVEN, RIVI e LGAR.

A temperatura da água influencia os processos comportamentais e fisiológicos dos peixes, atuando de forma direta sobre suas taxas metabólicas (Wootton, 1990), a mesma exerce importante efeito sobre a ingestão do alimento pelos peixes (Padian & Vivekanadan, 1985). A diminuição na temperatura da água pode ocasionar um menor consumo de alimento (Hederson *et al.*, 2000) resultando em uma diminuição de energia dos músculos do peixe, pois, ocorre uma transferência de energia dos mesmos para que se mantenham as atividades metabólicas deste animal. Assim, pode-se explicar a menor qualidade energética muscular de *L. platymetopon* durante o inverno (junho de 2007), em LGUA, LFEC e LPAT.

As correlações negativas da densidade calórica muscular de *L. platymetopon* com o oxigênio dissolvido na água, em LGUA, LFEC, RBAI e LPAT indicaram que os indivíduos desta espécie apresentam melhor qualidade energética muscular quando sujeitos a menores concentrações de oxigênio dissolvido. Entretanto, o consumo de alimento pelos peixes é afetado pelos níveis de oxigênio dissolvido, havendo redução no consumo quando declina a quantidade de oxigênio na água (Jobling, 1994). Porém, esse declínio parece não interferir no consumo de alimento por *L. platymetopon*, possivelmente, por esta espécie apresentar um estômago que funciona como órgão respiratório acessório (Silva *et al.*, 1997).

*Loricariichthys platymetopon* alimenta-se principalmente de grandes partículas de detrito (matéria orgânica morta) em estágios iniciais de decomposição e, de certas quantidades de organismos bênticos associados ao detrito e ao sedimento (Fugi *et al.*, 2001). A correlação positiva entre a densidade calórica muscular e a disponibilidade de alimento, registrada em LFEC e LGUA, indicou que a condição energética dessa espécie melhora à medida que se aumenta a disponibilidade de alimento nestes locais. Entretanto, em RBAI e LPAT esta correlação foi negativa, ou seja, à medida que se aumentou a disponibilidade de alimento diminuiu-se a densidade calórica muscular.

A correlação negativa, acima mencionada, pode ser explicada se considerada a qualidade energética do detrito consumido nestes dois locais (RBAI e LPAT). Pois, a porcentagem de matéria orgânica do sedimento, utilizada neste estudo como indicativo da quantidade de alimento no ambiente, reflete não somente a quantidade de matéria orgânica morta (detrito), mas, também a viva (organismos bênticos), ou seja, o aumento na quantidade de alimento para *L. platymetopon* pode ser resultante de uma maior concentração de organismos no sedimento ou no detrito, os quais podem ter reduzido a qualidade energética do detrito consumido por esta espécie em RBAI e LPAT.

Segundo Pianka (1994) a competição ocorre quando dois ou mais indivíduos exploram a mesma gama de recursos limitados, sendo a intensidade da competição dependente da quantidade de alimento e de indivíduos que o consome, em determinado local e período (Brett & Groves, 1979; Jobling, 1994).

Neste estudo, a densidade calórica muscular de *L. platymetopon* correlacionou-se negativamente a sua abundância relativa numérica em LFEC, ou seja, à medida que se aumentou a quantidade de indivíduos desta espécie neste local, reduziu-se a qualidade energética muscular dos mesmos. O aumento nesta abundância pode resultar em uma diminuição na taxa de alimentação de cada indivíduo se acompanhado por uma diminuição ou manutenção na quantidade de alimento no ambiente. Portanto, em LFEC, supõe-se que a quantidade de alimento esteve correlacionada à abundância relativa numérica de *L. platymetopon*, também de forma negativa, intensificando a competição intra-específica por alimento, o que resultou em indivíduos com menos energia em seus músculos, em determinados períodos. Provavelmente, em LGUA ocorreu o inverso, uma correlação positiva entre a abundância e a quantidade de alimento, gerou menor competição intra-específica, resultando em uma correlação positiva entre a densidade calórica muscular e a abundância relativa numérica da espécie em questão.

No presente estudo, houve ausência de correlação significativa entre a densidade calórica muscular de *L. platymetopon* e a relação gonadossomática, o que permitiu inferir que a qualidade energética de seu músculo não foi afetada pelo ciclo reprodutivo, em nenhum dos locais de coleta, diferentemente do que acontece com algumas espécies de peixes tanto de região temperada (Foltz & Norden, 1977; Eliassen & Vahl, 1982; Encina & Granado-Lorencio, 1997; Hederson *et al.*, 2000) quanto tropical (Santos *et al.*, 2006; Monteiro *et al.*, 2007).

A diferença não significativa entre as médias calóricas musculares de diferentes estádios de desenvolvimento gonadal (em ambos os sexos) confirmou que os músculos de *L. platymetopon*, não atuaram como fonte acessória de energia para o crescimento e maturação das gônadas, durante o período de estudo. O mesmo foi observado para fêmeas *Schizodon borellii* e *Pimelodus maculatus* (Doria &

Andrian, 1997), fêmeas de *Brycon hilarii* e ambos os sexos de *Hypophthalmus edentatus* (Monteiro *et al.*, 2007).

Porém, Vismara *et al.* (2004) verificaram que, a maturação gonadal exerceu efeito sobre a alocação de energia nos músculos de *L. platymetopon* na planície alagável do alto rio Paraná, contrapondo-se assim ao registrado no presente estudo. Este efeito também fora verificado para os machos das espécies *Serrassalmus marginatus*, *S. maculatus* e *Brycon hilarii* no reservatório de Manso e área adjacente (Santos *et al.*, 2006; Monteiro *et al.*, 2007).

Quando a demanda de energia associada com a reprodução (crescimento e maturação gonadal, caracteres sexuais secundários e comportamento reprodutivo) excede a energia fornecida pelo alimento disponível, os peixes podem utilizar reservas presentes na carcaça e nas vísceras, as quais foram acumuladas quando houve alimento em abundância (Foltz & Norden, 1977; Eliassen & Vahl, 1982; Jonsson *et al.*, 1997).

As correlações entre a densidade calórica muscular de *L. platymetopon* e seu tamanho corpóreo não foram significativas. Alguns autores registraram uma correlação positiva entre essas duas variáveis, ou seja, peixes maiores apresentavam densidade calórica maiores do que peixes menores (Paul *et al.*, 1998; Tirelli *et al.*, 2006). Provavelmente, se tivesse sido amostrado um maior número de indivíduos de *L. platymetopon*, pertencentes as menores classes de comprimento padrão, a correlação acima mencionada, seria significativa. Pois, na fase imatura/juvenil a maior parte da energia assimilada é destinada ao metabolismo e produção somática (crescimento linear e desenvolvimento de estruturas somáticas), acarretando menor densidade energética de seu corpo em comparação com um peixe adulto. Já na fase adulta, mais energia é direcionada ao processo reprodutivo e metabólico (armazenamento de reservas e desenvolvimento das estruturas reprodutivas) com redução na alocação de energia para o crescimento somático (Calow, 1985; Vazzoler, 1996).

Sendo assim, o presente estudo permitiu verificar a ocorrência de variação espacial e sazonal na densidade calórica muscular da espécie neotropical *Loricariichthys platymetopon*, na planície alagável do alto rio Paraná, invalidando assim, o uso de valores constantes para esta espécie. A intensidade da correlação entre densidade calórica e as variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido na água, porcentagem de matéria orgânica e abundância relativa numérica) variou de acordo com o local de coleta, assim como, a forma de correlação (porcentagem de matéria orgânica e abundância relativa numérica). Isso, provavelmente, foi devido a maior complexidade na estrutura e funcionamento dos ecossistemas tropicais em comparação aos temperados e polares. Entretanto, o tamanho corpóreo e o ciclo reprodutivo dos indivíduos amostrados, não estiveram correlacionados à densidade energética muscular dos mesmos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CNPq/CAPES/UEM pelo suporte financeiro e logístico. As equipes de campo e laboratório do projeto PELD (UEM-NUPELIA) pela ajuda nas coletas dos materiais biológicos. Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA-UEM). A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado. A Jaime Luiz Lopes Pereira pela confecção do mapa. A Maria Salete Ribellato Arita, João Fabio Hildebrandt e Márcia Regina Paiva pelo auxílio na revisão bibliográfica. Ao Dr. Sidinei Magela Thomaz, a bióloga Maria do Carmo Roberto e Dr. Angelo Antonio Agostinho por disponibilizarem dados bióticos e abióticos.

## RESUMO

Neste estudo foi comparado o conteúdo energético muscular (densidade calórica) de *L. platymetopon* em diferentes locais da planície alagável do alto rio Paraná, e foram averiguadas as potenciais relações deste conteúdo com variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido na água, disponibilidade de alimento, abundância relativa numérica) e variáveis biológicas (tamanho corpóreo e ciclo reprodutivo). Coletas trimestrais, de setembro de 2006 a junho de 2007, em lagoas e rios,

resultaram na amostragem de 739 espécimes, cuja densidade calórica muscular foi determinada através de bomba calorimétrica. Diferenças entre as médias calóricas de machos e fêmeas, e dos estádios de desenvolvimento gonadal, não foram significativas. A densidade calórica variou espacial e sazonalmente, sendo verificadas duas tendências de variação sazonal. A intensidade da correlação entre densidade calórica e cada variável ambiental, assim como, a forma de correlação, variou com o local. O tamanho corpóreo e o ciclo reprodutivo não estiveram correlacionados à densidade calórica.

## REFERÊNCIAS

- Brett, J. R. & Groves, T. D. D. (1979), Physiological energetics. In - *Fish Physiology*, eds. W. S. Hoar, D. J. Randall & J. R. Brett. Academic Press, New York, pp. 280-352.
- Bryan, S. D. *et al.* (1996), Caloric densities of three predatory fishes and their prey in Lake Oahe, South Dakota. *J. Freshw. Ecol.*, **11**, 153-161.
- Bowen, S. H. (1983), Detritivory in neotropical fish communities. *Environ. Biol. Fishes*, **9**, 137-144.
- Buchheister, A. *et al.* (2006), Seasonal and geographic variation in condition of juvenile walleye pollock in the Western Gulf of Alaska. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **135**, 897-907.
- Calow, P. (1985), Adaptive aspects of energy allocation, In - *Fish energetics: news perspectives*, eds. P. Tytler & P. Calow. Croom Helm, Sydney, pp. 1-31.
- Cui, Y. & Wootton, R. J. (1988), Effects of ration, temperature and body size on the body composition, energy content and condition of the minnow *Phoxinus phoxinus* (L.). *J. Fish Biol.*, **32**, 749-764.
- Doria, C. R. & Andrian, I. F. (1997), Variation in energy content somatic and reproductive, tissues related to the reproductive cycle and feeding female *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borelli* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). *Rev. UNIMAR*, **9**, 421-437.
- Dourado, E. C. dos S. & Benedito-Cecilio, E. (2005), *Ecologia energética de peixes: influência de fatores abióticos e bióticos*. EDUEM, Maringá.
- Dourado, E. C. dos S. *et al.* (2005), O grau de trofia do ambiente influencia a quantidade de energia dos peixes? In - *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*, orgs. L. Rodrigues *et al.* RIMA, São Carlos, pp. 211-222.
- Economidis, P. S. *et al.* (1981), Caloric content in some freshwater and marine fishes from Greece. *Cybium*, **5**, 97-100.
- Eliassen, J. E. & Vahl, O. (1982), Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua* (L) from Balsfjorden, northern Norway. *J. Fish Biol.*, **20**, 707-716.
- Encina, L. & Granado-Lorencio, C. (1997), Seasonal variations in the physiological status and energy content of somatic and reproductive tissues of chub. *J. Fish Biol.*, **50**, 511-522.
- Esteves, F. A. (1988), *Fundamentos de Limnologia*. Interciência, Rio de Janeiro.
- Foltz, J. W. & Norden, C. R. (1977), Seasonal changes in food consumption and energy content of smelt (*Osmerus mordax*) in Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **106**, 230-234.
- Fugi, R. *et al.* (2001), Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. *Rev. Bras. Biol.*, **61**, 27-33.
- Gaspar da Luz, K. D. *et al.* (2004), Fish assemblages in the Upper Paraná River floodplain. In - *Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER – site 6*, eds. A. A. Agostinho *et al.* EDUEM: NUPELIA, Maringá, pp. 107-115.
- Gotelli, N. J. & Entsminger, G. L. (2007), EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. Disponível em <<http://garyentsminger.com/ecosim.htm>>. Acesso em 25 fev. 2008.
- Hansen *et al.* (1993), Applications of bioenergetics models to fish ecology and management: Where do we go from here? *Trans. Am. Fish. Soc.*, **122**, 1019-1030.
- Henderson, B. A. *et al.* (2000), Annual cycle of energy allocation to growth and reproduction of yellow perch. *J. Fish Biol.*, **57**, 122-133.
- Hondorp, D. W. *et al.* (2005), Influence of *Diporeia* density on diet composition, relative abundance, and energy density of planktivorous fishes in southeast Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **134**, 588-601.
- Isbrücker, I. J. H. & Nijssen, H. (1979), Three new south american mailed catfishes of the genera *Rineloricaria* and *Loricariichthys* (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Bijdr. Dierkd.*, **48**, 151-211.
- Jobling, M. (1994), *Fish bioenergetics*. Chapman & Hall, London.
- Jonsson, N. *et al.* (1997), Changes in proximate composition and estimates of energetic costs during upstream migration and spawning in Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Anim. Ecol.*, **66**: 425-436.
- Kelso, J. R. M. (1973), Seasonal energy changes in walleye and their diet in West Blue Lake, Manitoba. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **102**, 363-368.
- Monteiro, V. *et al.* (2007), Efeito da estratégia de vida sobre as variações no conteúdo de energia de duas espécies de peixes (*Brycon hilarii* e *Hypophthalmus edentatus*), durante o ciclo reprodutivo. *Acta Sci.*, **29**, 151-159.
- Paul, A. J. *et al.* (1998), Fall and spring somatic energy content for Alaskan Pacific herring (*Clupea pallasii* Valenciennes 1847) relative to age, size and sex. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **223**, 133-142.
- Pedersen, J. & Hislop, J. R. G. (2001), Seasonal variation in the energy density of fishes in the North Sea. *J. Fish Biol.*, **59**, 380-389.
- Pianka, R. E. (1994), *Evolutionary ecology*. Harper Collins, New York.
- Pothoven, S. A. *et al.* (2006), Energy density of lake whitefish *Coregonus clupeaformis* in Lakes Huron and Michigan. *Environ. Biol. Fishes*, **76**, 151-158.
- Reis, R. E. & Pereira, E. H. L. (2000), Three new species of the Loricariid catfish genus *Loricariichthys* (Teleostei: Siluriformes) from the Southern South America. *Copeia*, (4), 1029-1047.

- Rogers, S. I. (1988), The seasonal partitioning of energy in an estuarine fish, the common goby, *Pomatoschistus microps* Krøyer. *J. Fish Biol.*, **33**, 45-50.
- Santana, A. R. A. *et al.* (2005), Conteúdo energético de peixes do reservatório do rio Manso: variações espaciais e por grupo trófico. *Acta Sci. Biol. Sci.*, **27**, 391-395.
- Santos, M. H. dos *et al.* (2006), Efeito da maturação gonadal sobre a energia dos músculos de duas espécies de piranhas do reservatório do rio Manso, MT. *Acta Sci. Biol. Sci.*, **28**, 227-236.
- Silva, J. M. *et al.* (1997) A new accessory respiratory organ in fishes: morphology of the respiratory purses of *Loricariichthys platymetopon* (Pisces, Loricariidae). *Ann. Sci. Natur. Zool.*, **18**, 93-103.
- Tirelli, V. *et al.* (2006), Energy density of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Adriatic Sea. *J. Fish Biol.*, **68**, 982-989.
- Thomaz, S. M. *et al.* (1997), Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In - *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*, eds. A. E. A. M. Vazzoler *et al.* EDUEM: NUPELIA, Maringá, pp. 73-102.
- Thomaz, S. M. *et al.* (2004), Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In - *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*, eds. S. M. Thomaz *et al.* Backhuys Publishers, Leiden, pp. 75-102.
- Wootton, R. J. (1990), *Ecology of teleost fishes*. Chapman & Hall, London.
- Vazzoler, A. E. A. de M. (1996), *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM: NUPELIA, Maringá, SBI, São Paulo.
- Vismara, M. R. *et al.* (2004), Efeito da maturação gonadal sobre o conteúdo calórico e condição geral de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Sci.*, **26**, 189-199.