

# 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

Vanessa Monteiro<sup>1</sup>, Evanilde Benedito<sup>2\*</sup> e Wladimir Marques Domingues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia e Ambientes Aquáticos Continentais, Departamento de Biologia, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5.790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: eva@nupelia.uem.br

**RESUMO.** Com o objetivo de investigar diferenças no conteúdo de energia durante o ciclo reprodutivo, foram selecionados 54 exemplares de *Brycon hilarii* (*k*-estrategista) e 82 de *Hypophthalmus edentatus* (*r*-estrategista) em amostragens realizadas mensalmente, entre outubro de 2000 e março de 2004, no reservatório de Manso, Estado do Mato Grosso do Norte e em sua área de influência. Determinou-se, para cada indivíduo, o conteúdo calórico, em kcal g<sup>-1</sup> de peso seco, com auxílio da bomba calorimétrica (Parr 1261) e, realizaram-se comparações entre os valores calóricos obtidos, o fator de condição (K) e a relação gonadossomática. Observou-se que, em geral, os valores médios de K e do conteúdo calórico foram superiores nos machos das duas espécies analisadas, embora não tenham sido identificadas diferenças significativas entre os sexos. Constatou-se que os valores calóricos de *H. edentatus* foram superiores aos de *B. hilarii*, enquanto os valores do fator de condição foram contrários, apresentando-se superiores para *B. hilarii*. Diferenças significativas foram constatadas nas comparações realizadas entre o conteúdo energético e o fator de condição, de indivíduos de ambas as espécies. Enquanto *B. hilarii* apresentou as mais elevadas concentrações de energia nos músculos, durante o máximo desenvolvimento gonadal, em *H. edentatus*, isso ocorreu quando iniciava o processo de maturação gonadal. Os resultados descritos para cada espécie durante o ciclo reprodutivo permitem confirmar a hipótese de que as duas espécies de peixes, *B. hilarii* e *H. edentatus*, com diferentes estratégias de vida, acumulam e mobilizam energia de forma distinta durante o período de maturação gonadal.

**Palavras-chave:** *Brycon hilarii*, *Hypophthalmus edentatus*, energia, reprodução, reservatório de Manso.

**ABSTRACT.** Effect of life strategy on the variations of energy content of two fish species (*Brycon hilarii* e *Hypophthalmus edentatus*) during their reproductive cycle. The aim of this work was to investigate differences in the energy content during reproductive cycle of two species of fish with different life strategies: *Brycon hilarii* (*k*-strategist) and *Hypophthalmus edentatus* (*r*-strategist). Fifty-four samples of *B. hilarii* and 82 of *H. edentatus* monthly collected from October, 2000 to March, 2004, in Manso reservoir and its influence area were selected. The caloric content was determined for each individual, in kcal g<sup>-1</sup> of dry weight, through bomb calorimetry (Parr 1261). Comparisons among the obtained caloric values, the condition factor (K) and the Gonado Somatic Relation were reported. It was observed that, in general, the average values of the K and of the caloric content were higher among males than among females of both species. Significant differences were found in the comparisons accomplished between the energy content and the condition factor on individuals of both species. While *B. hilarii* presents the highest concentrations of energy in the muscles, during the maximum gonadal development, *H. edentatus* showed these values in the beginning of gonadal maturation. *B. hilarii* and *H. edentatus*, with different life strategies, build up and mobilize energy in different ways during reproductive cycle.

**Key words:** *Brycon hilarii*, *Hypophthalmus edentatus*, energy, reproduction, Manso reservoir.

## Introdução

A quantificação de parâmetros do balanço energético, envolvidos na alocação de energia,

possibilita a construção de cadeias tróficas que auxiliam a compreensão da estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Phillipson, 1975; Kitchell *et al.*, 1977; Karas e Thoresson, 1992; Doria

e Andrian, 1997; Marchand e Boisclair, 1998; Dourado e Benedito-Cecilio, 2005).

Os peixes são capazes de alocar sua energia por meio de uma gama de estratégias, convertendo-a ao crescimento e/ou reprodução, de modo a garantir o seu sucesso no ambiente (Vazzoler, 1996). Em uma mesma espécie, tais padrões de alocação podem variar de acordo com as condições do habitat, conduzindo a modificações do estado fisiológico dos peixes, os quais podem ser identificados por meio de indicativos, como o fator de condição e a relação gonadossomática (Chellappa *et al.*, 1995; Encina e Granado-Lorencio, 1997). Entre as espécies, existem diferenças na forma de obtenção, acúmulo e utilização dessas reservas, devendo ser considerados o habitat, a natureza e a origem do alimento, bem como suas táticas reprodutivas (Bennemann *et al.*, 1996; Huntingford *et al.*, 2001).

O conceito de seleção  $r$  e  $k$  proposto por MacArthur e Wilson (1967), desenvolvido por Pianka (1970) e modificado por Winemiller e Rose (1992), procura vincular as características da história de vida ao habitat das espécies. Os termos  $r$  e  $k$  referem-se aos parâmetros da curva logística de crescimento de populações, em que  $r$  é a inclinação que representa a taxa de crescimento da população; e  $k$ , a assíntota superior, que indica a capacidade de suporte do ambiente (Vazzoler, 1996). Atualmente, tem sido considerado um contínuo triangular de estratégias ( $r$ ,  $k$  e resistência ao estresse e à adversidade) na interpretação de padrões de história de vida de peixes, em diferentes ambientes (Sato *et al.*, 2003).

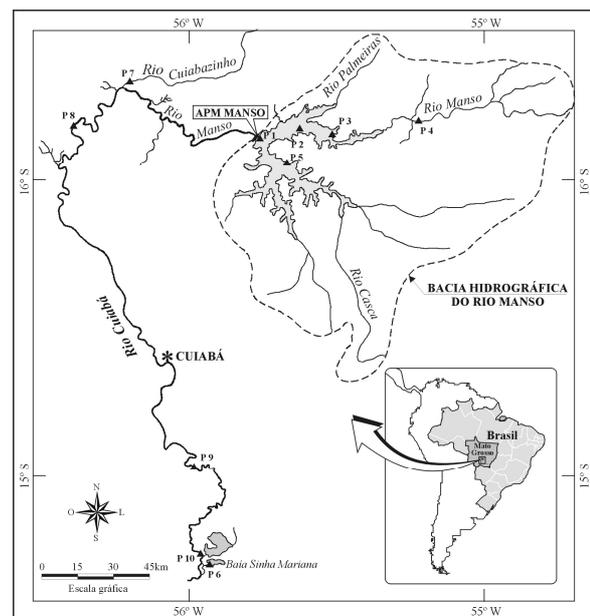
Em virtude disso, o presente trabalho teve por objetivo o entendimento da estratégia de alocação energética de duas espécies de peixes: *Brycon hilarii* e *Hypophthalmus edentatus*, que apresentam comportamentos diferentes, sendo a primeira considerada como  $k$ -estrategista, pois aloca energia para o investimento somático, enquanto que a segunda,  $r$ -estrategista, destina maior energia à reprodução (Vazzoler, 1996). Ambas as espécies são registradas para ambientes lóticos, embora *H. edentatus* também ocorra em lagoas e canais; enquanto que *B. hilarii* se alimenta, predominantemente, de insetos e vegetais (Britski *et al.*, 1999), não apresentando cuidado parental, e realiza longas migrações, *H. edentatus* é zooplancófaga (Lansac-Tôha *et al.*, 1991; Abujanra e Agostinho, 2002), sem cuidado parental (Suzuki *et al.*, 2004) e efetua curtas migrações, sendo estas, predominantemente, verticais (Agostinho *et al.*, 1994).

Como hipótese básica, supõe-se que as espécies *B. hilarii* e *H. edentatus*, com diferentes estratégias de vida, acumulam e mobilizam a energia de forma distinta durante o período de maturação gonadal.

Variações espaciais e sazonais também foram consideradas na análise dos conteúdos calóricos com o intuito de identificar respostas diferenciadas entre as referidas espécies num mesmo ambiente, o reservatório do rio Manso, Estado do Mato Grosso.

## Material e métodos

O reservatório de Manso, denominado APM Manso representa uma área de aproveitamentos múltiplos e localiza-se no Estado do Mato Grosso, entre os paralelos 14° 32' a 15° 40' de latitude sul e 54° 40' a 55° 55' de longitude oeste, próximo ao Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (Figura 1). De forma dendrítica, foi formado em novembro de 1999, pela inundação de 427 km<sup>2</sup>, entre os municípios da Chapada dos Guimarães e Nova Brasilândia, incluindo o trecho do rio Manso, localizado a montante da barragem, além das porções inferiores do rio Casca, Palmeiras e Quilombo (Cleber, 2000).



**Figura 1.** Área de estudo: Reservatório de Manso (P1, P2, P3, P4, P5), Baía marginal (P6) tributários (P7, P8, P9, P10). (APM = reservatório de Manso, com aproveitamentos múltiplos).

As amostragens de *Brycon hilarii* (Valenciennes, 1840) e *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1819) foram realizadas entre setembro de 2002 e março de 2004, em dez pontos de coleta, distribuídos no reservatório do Rio Manso (P1, P2, P3, P4, P5), baía marginal (P6) e nos tributários, situados nos trechos a montante e a jusante da barragem (P7, P8, P9, P10). Foram utilizadas redes de espera com malhagens entre 7 e 14 cm entre nós opostos, expostas por 24 horas com revistas a cada 8 horas.

As amostras constituíram-se de 54 exemplares (32

machos e 22 fêmeas) de *B. hilarii* e 82 (32 machos e 50 fêmeas) de *H. edentatus*, e deles foram obtidas informações sobre o local de captura, comprimento-padrão (Cp, em centímetros), peso total (Pt, em gramas), peso das gônadas (Pg, em gramas), sexo e estágio de maturação gonadal (**IMT** = imaturo, **REP** = repouso, **INI** = início de maturação, **MAT** = maturação, **MAD** = maduro, **ESG** = esgotado). Os referidos estádios foram identificados por meio de inspeção visual das gônadas, segundo critérios e classificação adaptada de Vazzoler (1996).

As amostras foram conservadas em gelo e transportadas ao Laboratório de Ecologia Energética do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Estado do Paraná. Para a determinação do conteúdo calórico, foram extraídas, de cada indivíduo, amostras de músculos, localizadas próximas à inserção da nadadeira dorsal. As amostras foram secas em estufa a 60°C até peso constante e, maceradas, individualmente, com auxílio de moimho de esferas até a obtenção de um pó fino e homogêneo. O valor em kcal g<sup>-1</sup> de peso seco de músculo foi obtido por meio da combustão da matéria orgânica em bomba calorimétrica (Parr 1261).

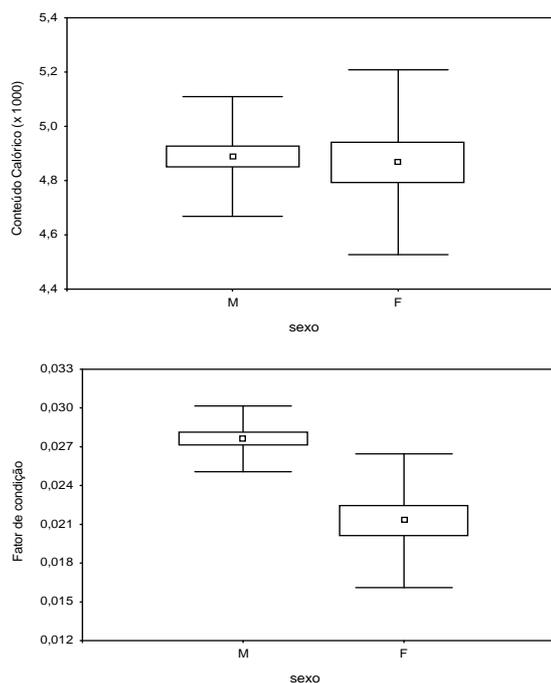
A quantificação da maturação gonadal foi determinada com auxílio da gonadossomática (RGS):  $RGS = (Pg/Pt) \times 100$ . O estado fisiológico da espécie foi avaliado por meio da distribuição dos valores médios do fator de condição (K):  $K = Pt / Cpb$  sendo b, o coeficiente angular da regressão linear entre Pt e Cp. Os valores de b para cada sexo e espécie foram obtidos a partir da regressão preditiva (método dos mínimos quadrados), entre Pt e Cp.

As médias do conteúdo calórico, da relação gonadossomática (RGS) e do fator de condição (K), determinadas para as duas espécies, foram analisadas graficamente para cada sexo, estágio de maturação gonadal e local amostrado, considerando os valores médios e desvio-padrão. Destaca-se que, na comparação entre os parâmetros analisados (conteúdo calórico, K e RGS), nem todos os estádios estiveram representados em virtude da ausência de Cp, Pt ou Pg para alguns dos indivíduos amostrados. Na identificação da existência de possíveis diferenças significativas entre as médias obtidas, foi utilizada a Análise de Variância do programa STATISTICA, com auxílio do método de ANOVA-unifatorial, e teste a posteriori de Tukey (Zar, 1996). O teste “t” de Student, para amostras pareadas, foi utilizado na investigação da existência de relação significativa ( $p < 0,05$ ), entre as espécies analisadas, para os valores de conteúdo calórico e o fator de condição.

## Resultados e discussão

### *Brycon hilarii*

As médias do conteúdo calórico não diferiram entre machos e fêmeas (ANOVA:  $F = 0,0760$ ;  $GL = 1$ ;  $p = 0,7838$ ) enquanto que, para o fator de condição, registraram-se diferenças significativas entre os sexos (ANOVA:  $F = 32,7654$ ;  $GL = 1$ ;  $p < 0,05$ ). Tanto para a energia quanto para o fator de condição (K), as fêmeas apresentaram as menores médias e maior variabilidade (Figura 2).



**Figura 2.** Valores médios (quadrado), erro (retângulo) e desvio-padrão (barras horizontais) do conteúdo calórico (A) e do fator de condição (B) de fêmeas (F) e machos (M) de *Brycon hilarii*.

Os baixos valores de K, registrados para fêmeas, podem estar relacionados à maior exigência fisiológica das fêmeas em relação aos machos. É conhecido que a demanda para as atividades reprodutivas é maior entre as fêmeas. O acúmulo de vitelo durante a fase de maturação das gônadas, aliada à migração para desova e ao próprio processo de desova, requerem das fêmeas reservas energéticas adicionais em relação aos machos (Benedito, 1989). Entretanto, quanto ao conteúdo calórico, os machos da espécie apresentam equivalência em seus valores comparados àqueles das fêmeas, refletindo, assim, ao contrário do fator de condição, exigências energéticas semelhantes. Isto indica que embora as fêmeas apresentem condição geral corpórea inferior, a energia armazenada em seus músculos é semelhante a dos machos.

Ao analisar, em cada sexo, os valores calóricos dos estádios de maturação gonadal, não se constatarem diferenças significativas para as fêmeas (ANOVA:  $F = 0,9334$ ;  $GL = 4$ ;  $p = 0,4694$ ), ao contrário, dos machos (ANOVA:  $F = 6,2494$ ;  $GL = 5$ ;  $p < 0,05$ ). Para estes, os valores calóricos do estágio **INI** diferiram significativamente de **MAD** e **REP** (Tukey:  $p < 0,05$ ) (Figuras 3A e B).

A maior variabilidade calórica observada para a espécie ocorreu no período que antecedeu a reprodução, sendo registrada para fêmeas no estágio **MAT**, enquanto que, para machos, esta foi constatada no estágio **INI**. O mesmo foi verificado para machos e fêmeas (**INI**) de *Serrasalmus maculatus*, por Santos et al. (2006). Estes autores encontraram, ainda, neste mesmo estágio, elevados valores calóricos e justificaram pelo fato de que é no período de preparação das gônadas para a reprodução que ocorrem as mais elevadas concentrações energéticas no organismo, visando suprir a demanda necessária à realização dos eventos reprodutivos. Por outro lado, as menores variabilidades foram encontradas no início e término do período reprodutivo (Figura 3A) Este padrão registrado para as duas espécies analisadas, no presente estudo, não foi constatado por Vismara et al. (2004), para *Loricariichthys platymetopon* e por Santos et al. (2006), para *Serrasalmus marginatus*. Maiores investigações devem ser conduzidas a fim de identificar quais os fatores fisiológicos ou ecológicos responsáveis por estas variações. Até o presente momento, a hipótese da existência de um padrão filogenético parece estar descartada.

Fêmeas e machos **MAD** apresentaram os maiores valores calóricos médios (Figuras 3A e 3B). Este estágio caracteriza-se por indivíduos que estão prontos para iniciar a desova. Assim, pode-se admitir, para a espécie *B. hilarii*, que o armazenamento de energia nos músculos ocorreu antes do processo de migração para a desova. Este fato também foi ressaltado por Prus (1970), ao observar, para várias espécies de invertebrados e vertebrados, que os altos valores calóricos são, geralmente, constatados no período reprodutivo ou mesmo quando há escassez de alimento no habitat.

Por outro lado, os menores valores do conteúdo calórico foram observados para fêmeas em estágio **MAT** e machos **INI** (Figuras 3A e B). Este declínio no conteúdo energético pode ser atribuído à diminuição no consumo de presas e à maior alocação de energia para as gônadas em desenvolvimento (Loren e James, 1985), resultando numa menor concentração de energia nos músculos, completando o processo de preparação das gônadas. Novo declínio é observado com a desova, pois machos e

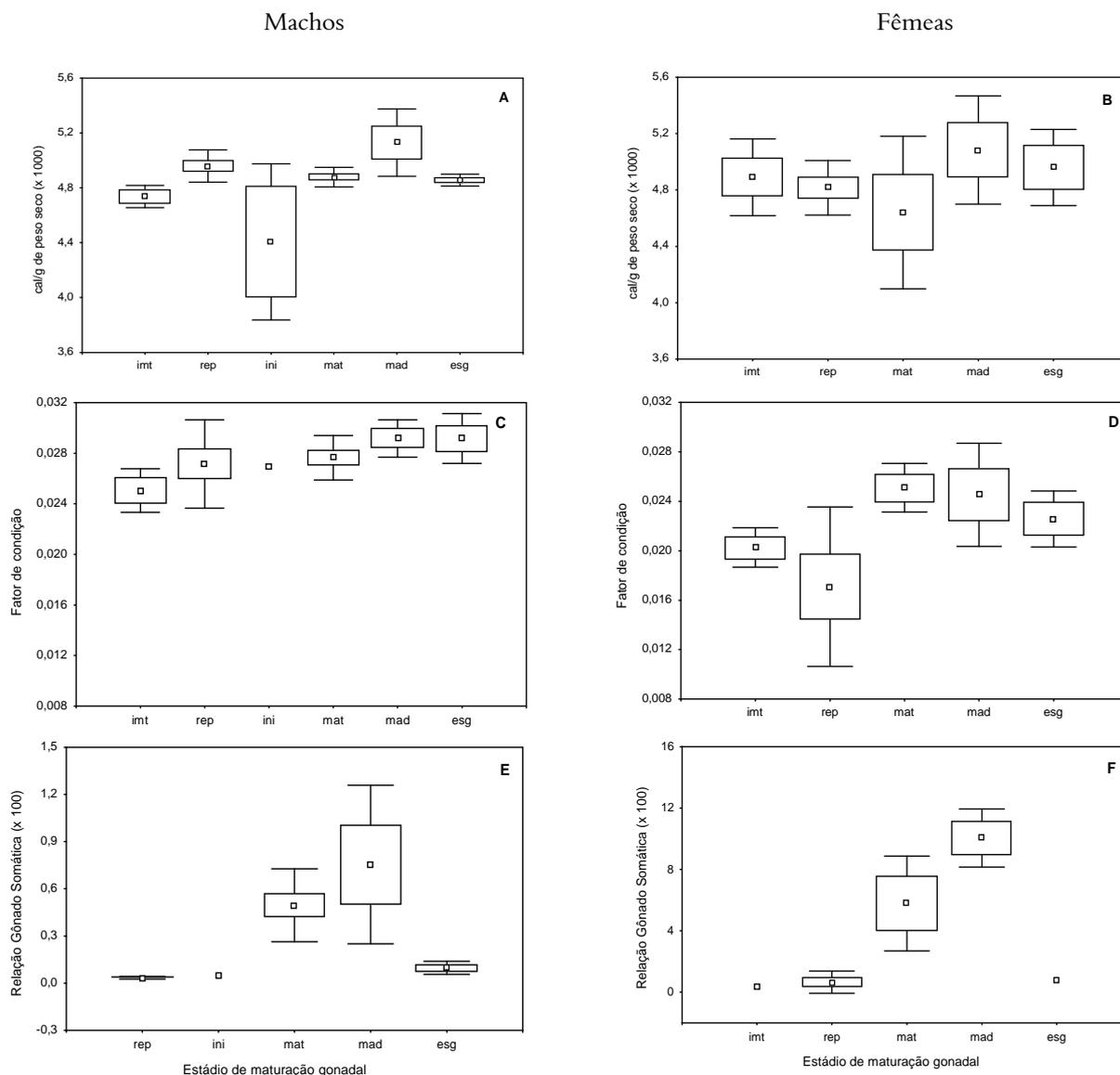
fêmeas sofrem expressivo decréscimo nos valores de energia contida em seus músculos.

Para o fator de condição (**K**), não foram encontradas diferenças significativas entre os estádios de maturação gonadal, para ambos os sexos (ANOVA fêmea:  $F = 2,4674$ ;  $GL = 4$ ;  $p = 0,0929$ ; ANOVA macho:  $F = 1,3518$ ;  $GL = 5$ ;  $p = 0,2771$ ). Contatou-se também que os mesmos apresentaram maior variabilidade no estágio **REP**. Esta variação pode estar associada à ocorrência de indivíduos, que tanto estão iniciando o processo reprodutivo pela primeira vez, quanto de exemplares que já passaram pelo período reprodutivo.

Os maiores valores de **K** foram registrados para os estádios **MAT**, em fêmeas, e **MAD**, em machos (Figuras 3C e D), isto é, antes da desova. Zuntini et al. (2003), estudando a mesma espécie, observaram que o período de maior atividade alimentar ocorre nos meses anteriores ao período de reprodução, aumentando, conseqüentemente, a quantidade de nutrientes necessária ao organismo para a maturação gonadal. Neste período, os ovários estão muito volumosos por causa do acúmulo de vitelo, ocasionando um incremento no peso dos ovários (Stancey, 1984). Para machos, este incremento é mais discreto neste período do ciclo reprodutivo (Benedito, 1989) (Figuras 3C e D), que justificam os valores de **MAT** inferiores ao de **MAD**.

Entretanto, para os indivíduos adultos, os menores valores de fator de condição foram apresentados para fêmeas e machos no estágio **REP** (Figuras 3C e D), os quais coincidem também com os resultados observados por Pereira (2001), para *Acestrorhynchus lacustris* na planície de inundação do alto rio Paraná. Quanto aos indivíduos imaturos, Meakins (1976) destacou que indivíduos **IMT** possuem menor tamanho e desenvolvimento gonadal em relação aos peixes maduros. Portanto, nos estádios **IMT** e **REP**, as gônadas em desenvolvimento possuem menor tamanho, refletindo menor fator de condição.

Para a relação gonadossomática de *B. hilarii*, foram verificadas diferenças significativas para ambos os sexos (ANOVA fêmea:  $F = 16,3866$ ;  $GL = 4$ ;  $p < 0,05$ ; ANOVA macho  $F = 4,3445$ ;  $GL = 4$ ;  $p < 0,05$ ), sendo fêmeas **MAD** significativamente diferentes de **IMT**, **REP** e **ESG** (Tukey:  $p < 0,05$ ), e machos **MAD**, distintos de machos **ESG** (Figuras 3E e F). Segundo as observações de Vazzoler (1996), é no período que antecede a desova que os maiores valores para essa relação são encontrados,



**Figura 3.** Valores médios (quadrado), erro (retângulo) e desvio-padrão (barras horizontais) do conteúdo calórico (A e B), do fator de condição (C e D) e da relação gônado-somática (E e F) para machos e fêmeas, de *B. hilarii* nos diferentes estádios de maturação gonadal (IMT = imaturo; REP = repouso; INI = início de maturação; MAT = maturação; MAD = maduro; ESG = esgotado).

não apenas em razão do avanço do processo de maturação e do aumento de volume gonadal, mas também da hidratação dos ovócitos, com isso, esta relação pode atingir valores entre 15 e 25% do corpo do animal. Os menores valores são, geralmente, constatados para os indivíduos no estágio **REP** (Benedito, 1989). Não foi possível registrar RGS para machos imaturos em virtude dos baixos valores de peso de gônadas.

Entretanto, para os indivíduos adultos, os menores valores de fator de condição foram apresentados para fêmeas e machos no estágio **REP** (Figuras 3C e D), os quais coincidem também com

os resultados observados por Pereira (2001), para *Aeostorhynchus lacustris* na planície de inundação do alto rio Paraná. Quanto aos indivíduos imaturos, Meakins (1976) destacou que indivíduos **IMT** possuem menor tamanho e desenvolvimento gonadal em relação aos peixes maduros. Portanto, nos estádios **IMT** e **REP**, as gônadas em desenvolvimento possuem menor tamanho, refletindo menor fator de condição.

Para a relação gonadossomática de *B. hilarii*, foram verificadas diferenças significativas para ambos os sexos (ANOVA fêmea:  $F = 16,3866$ ;  $GL = 4$ ;  $p < 0,05$ ; ANOVA macho  $F = 4,3445$ ;

GL = 4;  $p < 0,05$ ), sendo fêmeas **MAD** significativamente diferentes de **IMT**, **REP** e **ESG** (Tukey:  $p < 0,05$ ), e machos **MAD**, distintos de machos **ESG** (Figuras 3E e F). Segundo as observações de Vazzoler (1996), é no período que antecede a desova que os maiores valores para essa relação são encontrados, não apenas em razão do avanço do processo de maturação e do aumento de volume gonadal, mas também da hidratação dos ovócitos, com isso, esta relação pode atingir valores entre 15 e 25% do corpo do animal. Os menores valores são, geralmente, constatados para os indivíduos no estágio **REP** (Benedito, 1989). Não foi possível registrar RGS para machos imaturos em virtude dos baixos valores de peso de gônadas.

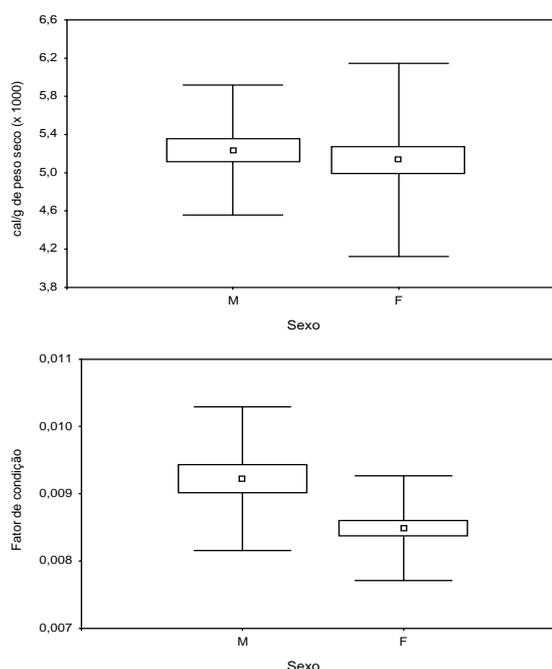
#### *Hypophthalmus edentatus*

As médias da densidade calórica não diferiram entre machos e fêmeas (ANOVA;  $F = 2,6472$ ; GL = 1;  $p = 0,6138$ ), enquanto que para o fator de condição, ocorreram diferenças significativas entre as médias de ambos os sexos (ANOVA:  $F = 10,6898$ ; GL = 1;  $p < 0,05$ ) (Figura 4), sendo os valores das fêmeas inferiores aos dos machos. Da mesma forma que registrado para *B. hilarii*, a condição geral entre machos e fêmeas de *H. edentatus* é distinta, enquanto que a energia presente nos músculos de ambos os sexos é equivalente.

Não foram observadas diferenças significativas para o conteúdo calórico entre os estádios de maturação gonadal de machos e fêmeas da espécie (ANOVA fêmea:  $F = 0,5654$ ; GL = 5;  $p = 0,7258$ ; ANOVA macho:  $F = 1,4577$ ; GL = 5;  $p = 0,2374$ ) (Figuras 5A e B). As maiores variabilidades calóricas foram observadas para fêmeas **INI** e **ESG**, além de machos **INI**.

Fêmeas apresentaram maior conteúdo calórico para os indivíduos **REP**; enquanto os machos, no estágio **INI** e **MAT**. Na literatura, não é descrito, para esta espécie, o estágio **REP** para machos (Benedito-Cecilio e Agostinho, 1991). Portanto, constata-se que, imediatamente após o período de reprodução e início de um novo ciclo, os indivíduos já ingressaram num processo de recuperação e armazenamento de energia, pois grupos ou cistos de espermatogônias e ovogônias organizam-se para reiniciar o processo de maturação gonadal (Vismara et al., 2004).

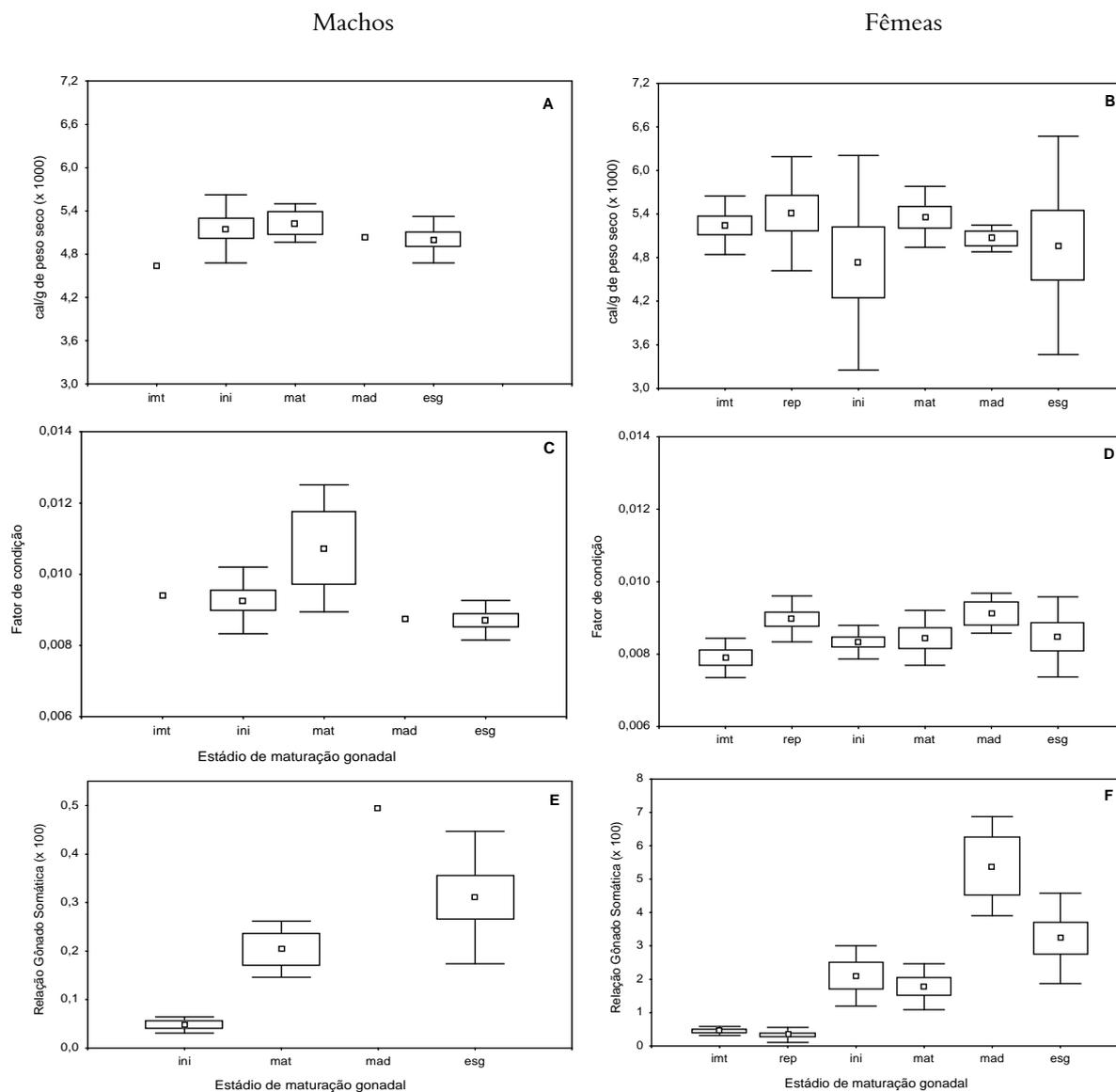
Por outro lado, os menores valores de cal g<sup>-1</sup> de peso seco dos músculos foram encontrados para ambos os sexos no estágio **ESG**. Este fato parece demarcar dois momentos de mobilização de energia: o primeiro causado pela maturação gonadal e o segundo promovido pela desova.



**Figura 4.** Valores médios (quadrado), erro (retângulo) e desvio-padrão (barras horizontais) do conteúdo calórico (cal g<sup>-1</sup> de peso seco) e fator de condição para machos (M) e fêmeas (F) de *H. edentatus*.

Em relação ao fator de condição (K), não foram registradas diferenças significativas entre os estádios de maturação gonadal para ambos os sexos (ANOVA fêmeas:  $F = 2,1014$ ; GL = 5;  $p = 0,0548$ ; ANOVA machos:  $F = 2,6753$ ; GL = 4;  $p = 0,0548$ ). As fêmeas apresentaram maior variabilidade do fator de condição (K) no estágio **ESG**, enquanto os machos a exibiram no estágio **MAT**. Já, a menor variabilidade foi encontrada para fêmeas **INI** e machos **ESG**. As maiores médias para o K foram constatadas para machos **MAT** e fêmeas **MAD**, em virtude do maior aumento das gônadas e da maior demanda de nutrientes para a maturação dos ovócitos (Moreira, 2004). Assim, segundo o mesmo autor, a elevação do fator de condição pode refletir o aumento de peso das gônadas durante a maturação. Considerando que a espécie apresenta desova parcelada (Benedito, 1989; Vazzoler, 1996) (Figuras 5C e D), o desgaste fisiológico imposto por este tipo de desova à espécie também é marcado pelos menores valores de K, no estágio **ESG** de ambos os sexos.

Foram identificadas diferenças significativas para a relação gonadossomática, de ambos os sexos de *H. edentatus*, (ANOVA fêmea:  $F = 24,1644$ ; GL = 5;  $p < 0,05$ ; ANOVA macho:  $F = 7,2503$ ; GL = 3;  $p < 0,05$ ), sendo que fêmeas **MAT** apresentaram diferenças significativas em relação à **MAD**; **REP** de **INI**; e **IMT** de **INI** e **MAD** (Tukey:  $p < 0,05$ ). Entre os machos, **INI** difere de **ESG** e **MAD** (Tukey:  $p < 0,05$ ).



**Figura 5.** Valores médios (quadrado), erro (retângulo) e desvio-padrão (barras horizontais) conteúdo calórico (A e B) do fator de condição (C e D) e da relação gônado somática (E e F) para machos e fêmeas de *H. edentatus*, nos diferentes estádios de maturação gonadal (IMT = imaturo; REP = repouso; INI = início de maturação; MAT = maturação; MAD = maduro; ESG = esgotado).

Os maiores valores de RGS foram registrados para fêmeas e machos **MAD** (Figuras 5E e F). Assim como verificado para a espécie *B. hiliarii*, os maiores valores para esta relação foram influenciados pelo avanço do processo de maturação e o aumento do volume gonadal. Para fêmeas **IMT**, **REP** e machos **INI**, os valores observados foram menores, possivelmente por apresentarem menor volume gonadal e pelo fato de os indivíduos estarem preparando-se para um novo ciclo reprodutivo.

#### ***Brycon hiliarii* x *Hypophthalmus edentatus***

Machos e fêmeas de cada uma das espécies

exibiram valores muito semelhantes de conteúdo calórico, tornando possível a utilização de um único valor médio para cada espécie estudada. Por outro lado, constatou-se que os valores calóricos de *H. edentatus* foram superiores aos de *B. hiliarii*. Este fato é justificado pela posição trófica ocupada pelas espécies (Dourado *et al.*, 2005); enquanto que a primeira é zooplânctófaga, a última é piscívora e, segundo Odum (1988), à medida que se degrada a quantidade de energia, eleva-se a qualidade energética dos componentes da cadeia trófica. Assim, os menores valores calóricos registrados para *B. hiliarii* refletem sua posição trófica mais elevada em relação à *H. edentatus*.

Diferenças significativas foram constatadas nas comparações realizadas entre o conteúdo energético (kcal g<sup>-1</sup> de peso seco) ( $t = -2,33746$ ;  $p < 0,05$ ) e o fator de condição ( $t = -2,7859$ ;  $p < 0,05$ ), de indivíduos de *B. hilarii* e *H. edentatus*. Embora não tenham sido identificadas diferenças significativas entre os estádios de maturação gonadal para machos de *B. hilarii* e para ambos os sexos de *H. edentatus*, constatou-se que a primeira espécie apresentou as mais elevadas concentrações de energia nos músculos, durante o máximo desenvolvimento gonadal, enquanto *H. edentatus* a exibiu quando iniciava o ciclo reprodutivo. Alguns trabalhos têm destacado que maior concentração calórica nos músculos parece refletir eminente demanda energética do organismo (Vismara et al., 2004; Dourado e Benedito-Cecilio, 2005; Dourado et al., 2005). Portanto, para as espécies em análise, a necessidade de energia ocorre em períodos distintos do ciclo reprodutivo.

Destaca-se, ainda, que os valores de K foram maiores para *B. hilarii* e menores para *H. edentatus*. Este resultado pode estar associado às diferenças da estratégia reprodutiva das espécies, hipótese do presente estudo. Os resultados descritos para cada espécie durante o ciclo reprodutivo permitem confirmar a hipótese de que as duas espécies de peixes, *B. hilarii* e *H. edentatus*, com diferentes estratégias de vida, acumulam e mobilizam energia de forma distinta durante o período de maturação gonadal.

### Agradecimentos

À equipe de campo do Projeto Manso, pelo auxílio na obtenção das amostras de peixes; aos amigos do Laboratório de Ecologia Energética, pelo auxílio na preparação das amostras; e ao Nupélia e Furnas Centrais Elétricas, pelo apoio logístico e financeiro. Ao CNPq pela bolsa de produtividade concedida ao segundo autor.

### Referências

- ABUJANRA, F.; AGOSTINHO, A.A. Dieta de *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829) (Osteichthyes, Hypophthalmidae) e variações de seu estoque no reservatório de Itaipu. *Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 24, n. 2, p. 401-410, 2002.
- AGOSTINHO, A.A. et al. Spatial and temporal distribution of sardela, *Hypophthalmus edentatus* (Pisces, Siluroidei), in the area of influence of the Itaipu reservoir (Paraná, Brazil). *Rev. Unimar*, Maringá, v. 16, supl. 3, p. 27-40, 1994.
- BENEDITO, E. *Estrutura da população de Hypophthalmus*

*edentatus* (Spix, 1829) (Osteichthyes, Hypophthalmidae) no reservatório de Itaipu – PR. 1989. Dissertação (Mestrado em Zoologia)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

BENEDITO-CECILIO, E.; AGOSTINHO, A.A. Biologia reprodutiva de *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829) (Osteichthyes, Hypophthalmidae) no reservatório de Itaipu-PR. I. Estrutura dos testículos e escala de maturidade. *Rev. Unimar*, Maringá, v. 13, n. 2, p. 195-209, 1991.

BENNEMANN, S.T. et al. Atividade alimentar das espécies de peixes do rio Tibagi, relacionada com o desenvolvimento de gordura das gônadas. *Rev. Bras. Zool.*, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 501-512, 1996.

BRITSKI, H.A. et al. *Peixes do Pantanal: manual de identificação*. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999.

CLEBER J.R. et al. *Fauna silvestre da região do rio Manso, MT*. Edições Ibama. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Centrais Elétricas do Norte do Brasil, 2000.

CHELLAPPA, S. et al. Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. *J. Fish Biol.*, London, v. 47, p. 775-787, 1995.

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). *Rev. Unimar*, Maringá, v. 19, n. 2, p. 421-437, 1997.

DOURADO, E.C.S.; BENEDITO-CECILIO, E. *Ecologia energética de peixes: influência de fatores abióticos e bióticos*. Maringá: Eduem, 2005.

DOURADO, E.C. S. et al. O grau de trofia do ambiente influencia a quantidade de energia dos peixes?. In: RODRIGUES, L. et al. (Org.). *Produtividade em reservatórios e bioindicadores*. São Carlos: RIMA, 2005. p. 211-222.

ENCINA, L.; GRANADO-LORENCIO, C. Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation an energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river. *Env. Biol. Fishes*, The Hague, v. 50, p. 75-84, 1997.

HUNTINGFORD, F.A. et al. Energy reserves and reproductive investment in male three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *Ecol. Fresh. Fish*, Madrid, v. 10, p. 111-117, 2001.

KARAS, P.; THORESSON, G. An application of bioenergetics model to Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.). *J. Fish Biol.*, London, v. 41, p. 217-230, 1992.

KITCHELL, J.F. et al. Estimation of caloric content for fish biomass. *Env. Biol. Fish.* The Hague, v. 2 n. 2, p. 185-189, 1977.

LANSAC-TÔHA, F.A. et al. Composição da dieta alimentar de *Hypophthalmus edentatus* Spix, 1829 (Pisces, Hypophthalmidae) no reservatório de Itaipu e no rio Ocoí. *Rev. Unimar*, Maringá, v. 13, n. 2, p. 147-162, 1991.

LOREN, E.F.; JAMES, S.D. Seasonal energy dynamics of the alewife in southeastern Lake Michigan. *Am. Fish. Soc.*, Bethesda, v. 114, p. 328-337, 1985.

MacARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. *The theory of island*

- biogeography*. New Jersey: Princeton University Press, 1967.
- MARCHAND, F.; BOISCLAIR, D. Influence of fish density on the energy allocation pattern of juvenile brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v. 55, p. 796-805, 1998.
- MEAKINS, R.H. Variations in the energy content of freshwater fish. *J. Fish. Biol.*, London, v. 8, p. 221-224, 1976.
- MOREIRA, S.S. *Relações entre o ciclo hidrológico, atividade alimentar e táticas reprodutivas de peixes piscívoros e detritívoros na área do Catalão, Amazônia Central*. 2004. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais)–INPA, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2004.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. São Paulo: Guanabara, 1988.
- PEREIRA, A.L. *Determinação do conteúdo calórico de *Acestrorhynchus lacustris* (Characiformes, Characidae) e de suas principais presas no alto rio Paraná*. 2001. Relatório final (PIBIC – Iniciação Científica – Ciências Biológicas)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.
- PHILLIPSON, J. Introduction to ecological energetics. In: GRODZINSKY, W. et al. (Ed.). *Methods for ecological bioenergetics*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1975.
- PIANKA, E.R. On r- and k-selection. *Am. Nat.*, Chicago, v. 40, p. 592-597, 1970.
- PRUS, T. Calorific value of animals as an element of bioenergetical investigations. *Pol. Arch. Hydr.*, Lomianki, v. 17, n. 30, p. 183-199, 1970.
- SANTOS, M.H. et al. Efeito da maturação gonadal sobre a energia dos músculos de duas espécies de piranhas do reservatório do rio Manso, Estado do Mato Grosso. *Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 227-236, 2006.
- SATO, Y. et al. Padrões reprodutivos de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H.P.; GODINHO, A.L. (Org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco de Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 229-274.
- STANCEY, N.E. Control of the timing of ovulation by exogenous and endogenous factors. In: POTTS, G.W.; WOOTTON, R.J. (Ed.). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London: Academic Press, 1984. p. 207-222.
- SUZUKI, H.I. et al. Reproductive ecology of the fish assemblage. In: THOMAZ, S.M. et al. (Ed.). *The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers, 2004. p. 271-292.
- VAZZOLER, A.E.A.M. *Biologia da reprodução de peixes teleostei: teoria e prática*. Maringá: Eduem; São Paulo: SBI, 1996.
- VISMARA, M.R. et al. Efeito da maturação gonadal sobre o conteúdo calórico e condição geral de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 189-199, 2004.
- WINEMILLER, K.O.; ROSE, K.A. Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v. 49, n. 10, p. 2196-2218, 1992.
- ZAR, J.H. *Biostatistical analysis*. 3<sup>rd</sup> ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1996.
- ZUNTINI, D. et al. *Alimentação natural da Piraputanga, *Brycon hilarii* (Teleostei - Characidae) no Rio Miranda, Município de Jardim, MS: Projeto Piracema*. Dourados: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2003.

Received on January 18, 2007.

Accepted on June 25, 2007.