

Crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxãs (*Brycon cephalus*) submetidos à restrição alimentar e realimentação durante um ano

Growth, gonadal development and composition of white and red muscles of matrinxã, *Brycon cephalus* submitted to food restriction and refeeding during a year

Elisa Garcia Carvalho¹ Elisabeth Criscuolo Urbinati¹

RESUMO

Neste trabalho, avaliou-se o efeito da restrição de ração alternada com realimentação no crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxãs (*Brycon cephalus*) adultos, de ambos os sexos, durante um ano (janeiro de 1998 a janeiro de 1999). Foram utilizados 135 peixes, separados em dois grupos: controle, alimentado diariamente até aparente saciação, e experimental, submetido ininterruptamente a ciclos de três dias de alimentação/2 dias de restrição de ração (40% de restrição ao mês). Foram realizadas 7 amostragens, nas quais foram utilizados 8 a 10 peixes por grupo. Após anestesia, os peixes foram pesados e as gônadas foram retiradas para determinação do IGS, sexo e fase do ciclo reprodutivo. Porções dos músculos branco e vermelho foram retiradas para determinação da porcentagem de lipídio total, proteína bruta, matéria seca e umidade. Os resultados mostraram que a estratégia alimentar utilizada não afetou o crescimento, o desenvolvimento gonadal e a composição muscular do matrinxã. A restrição de ração seguida por realimentação parece ter desencadeado mecanismos de ajuste metabólico para melhor utilização do alimento e aporte suficiente de energia para o crescimento, processo de maturação gonadal e composição corporal. É possível estabelecer formas de manejo alimentar mais econômicas para o matrinxã sem que processos fisiológicos importantes sejam afetados.

Palavras-chave: *Brycon cephalus*, restrição alimentar, composição muscular e desenvolvimento gonadal.

ABSTRACT

This work determined the effect of food restriction and refeeding on the body weight, gonadal maturation and

muscle composition of matrinxã, *Brycon cephalus*, throughout a year (Jan 1998 to Jan 1999). A total of 135 fish, males and females, were split out into two groups. The control group received ration daily up to apparent satiation and the experimental group was alternately fed for 3 days and starved for 2 days (40% of restriction monthly). Seven samplings were carried out, during the experimental period, and at each sampling, after 18-24 hours starving, 8-10 fish were weighed, anesthetized and sacrificed for collection of gonads (gonadosomatic index (GSI), fish sex and reproductive stages) and white and red muscles (determination crude protein, total lipid, dry matter and moisture). The alternate food restriction and refeeding did not affect body weight, gonadal maturation and centesimal composition of muscles of matrinxã. Total lipid, crude protein, dry matter and moisture values remained unchanged face to the lower ration offer. The data showed that the restriction strategy might have triggered mechanisms of metabolic adjustment to improve the utilization of the feeding and to sustain the body homeostasis. The study suggest it is possible to establish economically advantageous feeding schemes for *Brycon cephalus* without affecting growth, reproduction and carcass composition.

Key words: *Brycon cephalus*, food restriction, gonadal development and muscle composition.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre o uso de ciclos de restrição alimentar/realimentação no manejo de peixes cultivados, podem indicar estratégias mais econômicas para diminuir o custo da produção. Entretanto, tem sido demonstrado que a privação alimentar pode resultar em diminuição dos estoques corporais de nutrientes, utilizados para

¹Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (CAUNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14.884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. Fones: (16) 3203-2110/ 3209-2615. E-mail: bethurb@caunesp.unesp.br.

manutenção do peixe (QUINTON & BLAKE, 1990; BASTROP et al., 1991; PÉREZ-SANCHEZ et al., 1995; SOUZA et al., 2000). Assim é importante conhecer a dinâmica dos nutrientes e avaliar se estratégias de restrição alimentar/realimentação afetam a composição corporal ou processos fisiológicos importantes como crescimento e reprodução.

Trutas arco-íris alimentadas apenas uma e três vezes por semana apresentaram diminuição do conteúdo de lipídio e aumento da porcentagem de água na carcaça (FARBRIDGE et al., 1992) e pacus juvenis, sob restrição alimentar, por dois meses, apresentaram aumento da porcentagem de água e diminuição da porcentagem de proteína corporal (SOUZA et al., 2000). No entanto, não houve alteração da composição da carcaça de trutas arco-íris após 3 semanas de alimentação e 3 de jejum (QUINTON & BLAKE, 1990). Tilápias nilóticas foram alimentadas na proporção de 2, 3 e 4% do peso corporal por dia, e não houve alteração do conteúdo da proteína da carcaça e a conversão alimentar foi melhor quando os animais foram alimentados na proporção de 2% (XIE et al., 1997). Em fêmeas de *Gasterosteus aculeatus*, alimentadas com quantidades diárias de ração correspondentes a 1, 2, 4 e 8% do peso corporal, de janeiro a dezembro, observou-se aumento da carcaça proporcional à porcentagem de ração e o grau de hidratação inversamente correlacionado com a mesma (ALLEN & WOOTTON, 1982). No bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*), a diminuição da quantidade de ração (0,5% do peso corporal), durante 6 a 9 meses antes da desova, não resultou em diferenças nas porcentagens de proteína, água e cinzas no fígado, músculo branco e ovários (KJESBU et al., 1991).

O matrinxã (*Brycon cephalus*) é uma espécie da Bacia Amazônica (HOWES, 1982) de importância econômica em várias regiões do país, onívora e muito apreciada como alimento e peixe esportivo (WENDER & SAINT PAUL, 1978; GRAEF et al., 1987; SCORVO-FILHO et al., 1998).

No presente trabalho, avaliaram-se os efeitos da restrição de ração alternada com realimentação, durante um ano, em exemplares adultos, machos e fêmeas de matrinxã, na composição centesimal da musculatura branca e vermelha, no crescimento e no desenvolvimento gonadal.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 135 peixes, de ambos os sexos, com idade de 1 ano e 9 meses, doados pelo Centro Nacional de Pesquisas de Peixes Tropicais (CEPTA/IBAMA), Pirassununga, SP, distribuídos em 2 tanques (profundidade média de 1,20m e área de

180m²), no Centro de Aqüicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21° 15' 22" de latitude sul, 48° 18' 58" de longitude oeste). Os peixes passaram por um período inicial de três meses de adaptação e, em seguida, foram estabelecidos dois grupos: grupo controle (Gc) e experimental (Ge), com pesos iniciais semelhantes (855,5 ± 18,9g e 878,2 ± 19,6g, respectivamente).

De janeiro de 1998 a janeiro de 1999, os peixes do grupo controle (Gc) receberam ração diariamente, enquanto os do grupo experimental (Ge) foram submetidos à restrição de ração, alternada com realimentação, numa seqüência de três dias de alimentação e dois dias de restrição, de modo que, em cada mês, os peixes do Ge receberam ração em 18 dias e permaneciam 12 em restrição, possibilitando economizar-se 40% da quantidade de ração. O arraçoamento foi feito duas vezes por dia, de manhã e à tarde, com ração comercial (28% de proteína bruta), utilizando-se um pequeno pote plástico, o qual era totalmente preenchido com ração, contendo aproximadamente 200g da mesma. A quantidade de ração oferecida ao grupo controle foi até a aparente saciação. Para o grupo experimental, nos dias em que foi alimentado, foi dada a mesma quantidade de ração distribuída para o grupo controle. Assegurou-se que as quantidades recebidas por ambos os grupos foram as mesmas, contando-se o número de vezes que o pote foi preenchido com ração, evitando-se a ingestão compensatória por parte do Ge. A quantidade de ração consumida aumentou e diminuiu ao longo do período experimental, de acordo com a temperatura da água dos tanques.

A temperatura da água dos tanques foi medida, diariamente entre 9:00 - 10:30h e 16:00 - 17:30h. As menores temperaturas foram registradas em julho (manhã: tanque Gc= 19,0 ± 0,29 e tanque Ge= 19,4 ± 0,20; tarde: tanque Gc = 20,3 ± 0,24 e tanque Ge = 21,1 ± 0,17) e as mais altas temperaturas foram em dezembro (manhã: Gc = 28,7 ± 0,26 e Ge = 28,6 ± 0,22; tarde: Gc = 31,4 ± 0,32 e Ge = 31,4 ± 0,28).

Os peixes foram amostrados em março, maio, julho, setembro, novembro e dezembro de 1998, e janeiro de 1999. Em cada amostragem, utilizaram-se de 8-10 peixes de cada grupo (Gc e Ge), que foram mantidos em jejum por 18-24 horas e, depois, anestesiados com benzocaína e pesados. Em seguida, a cavidade abdominal foi aberta para retirada das gônadas, que foram pesadas para determinação do IGS (índice gonadossomático), calculado pela fórmula [(peso da gônada/peso corporal) x 100]. Porções medianas das gônadas foram fixadas em Bouin por 24 horas, processadas histologicamente para

observação do sexo e fase do desenvolvimento gonadal. Na seqüência, foram retiradas porções dos músculos (5 a 10g) branco e vermelho da região próxima a nadadeira caudal, imediatamente abaixo da linha lateral do peixe. As amostras foram congeladas em gelo seco e estocadas a -20°C e posteriormente utilizadas para determinação da porcentagem de proteína bruta, matéria seca e umidade (AOAC, 1984) e determinação da porcentagem dos lipídios totais (BLIGH & DYER, 1959). Os resultados dos valores da composição centesimal dos músculos, o IGS e peso corporal foram analisados por testes não paramétricos. O teste Mann-Whitney foi realizado para comparações entre os grupos (controle e experimental) e o teste Kruskal-Wallis para as comparações dentro de cada grupo, ao longo do tempo. Todas as análises foram feitas utilizando-se o software Statistical Analysis System (SAS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em dezembro de 1998, o número de animais que apresentaram gônadas em estágio de maturação final não diferiu (5 e 6 para Gc e Ge, respectivamente). Porém, em janeiro de 1999, havia mais animais maduros no grupo controle (5 peixes) que no grupo experimental (2 peixes), mas, neste último grupo, havia maior número de peixes em regressão gonadal (8 peixes), sugerindo que a maturação nestes animais ocorreu em dezembro após a amostragem daquele mês. Isto pode ser observado pelo IGS (Tabela 1) que só diferiu, entre os dois grupos, em janeiro de 1999, sendo menor no Ge. Houve, em ambos os grupos de peixes, aumento do IGS, ao longo do período experimental, evidenciando a maturação das gônadas, como já descrito para a mesma espécie na natureza (ZANIBONI-FILHO & RESENDE, 1988) e a restrição não afetou este processo.

Do mesmo modo, a redução em 40% na quantidade de ração afetou muito pouco o crescimento do matrinxã (Tabela 1), pois o Ge apresentou peso levemente menor ao Gc apenas em novembro de 1998 e em janeiro de 1999. Isso mostra que a redução moderada de ração, da forma como foi realizada, não alterou substancialmente o ganho de peso, como ocorreu no pacu juvenil submetido à restrição de ração por dois meses (SOUZA et al., 2000).

Na composição centesimal dos músculos branco e vermelho, foram detectadas poucas alterações ocasionadas pela redução de ração. No músculo branco, a porcentagem de lipídio total não diferiu entre os dois grupos, mas, no músculo vermelho, o Ge apresentou menores valores em março e maiores em novembro (Tabela 1), havendo portanto pequenas alterações. A

restrição alimentar durante 60 dias, em pacu juvenil, também não ocasionou alteração do conteúdo muscular de lipídio (SOUZA et al., 2000). Nos dois grupos, não houve diferença do conteúdo de lipídio do músculo branco, ao longo dos meses e, no controle, também não houve variação significativa da porcentagem de lipídio no músculo vermelho, durante o período experimental. Porém, no Ge, a porcentagem de lipídio, neste músculo, em novembro foi maior que em janeiro. Ambos os grupos apresentaram menores valores em janeiro e essa queda (embora não significativa para o controle) pode estar relacionada com as altas temperaturas e a época do ano (OLIVEIRA et al., 1997). Apesar de ter sido demonstrado que, no salmão (*Oncorhynchus keta*), houve diminuição da porcentagem de lipídio no músculo vermelho na ocasião da desova (REID et al., 1993), o lipídio muscular parece ter pouca ou nenhuma relação com o aumento do conteúdo de lipídio gonadal. De acordo com KJESBU et al. (1991), o fornecimento de lipídios para as gônadas, durante o processo de maturação gonadal, é proveniente do fígado. Corroborando esses resultados, durante a fase de desova do peixe migratório *Oncorhynchus nerka* (IDLER & BITNERS, 1960) e em peixes de água doce não migratórios, como *Clarias batrachus* (SINGH & SINGH, 1983) e *Cirrhinus mrigala* (SINGH & SINGH, 1984), observou-se diminuição do conteúdo total do lipídio hepático concomitantemente com o aumento do conteúdo de lipídio ovariano. Mudanças na concentração plasmática de lipídios também foram descritas para outras espécies de teleosteos (IDLER & BITNERS, 1960; SHATUNOVSKY, 1971; LAPIN, 1973; PETERSSEN & EMMERSEN, 1977).

A porcentagem de proteína bruta (Tabela 1) no músculo branco não diferiu entre os grupos, exceto no mês de janeiro de 1999. Tanto no Gc como no Ge, os maiores valores ocorreram em março. No músculo vermelho (Tabela 1), a porcentagem de proteína foi semelhante nos dois grupos, em todos os meses. No Gc, verificaram-se menores médias a partir de dezembro e, no Ge, em novembro. A restrição de alimento por 10 semanas, durante fase não reprodutiva de *Channa punctatus*, ocasionou maior mobilização de proteínas do fígado que dos músculos (AYUB & CHEEMA, 1985). Por outro lado, na truta arco-íris, houve queda na taxa de síntese de proteína no músculo branco, após 3 dias de jejum, enquanto que, no músculo vermelho, esta redução ocorreu somente após 14 dias de jejum (LOUGHNA & GOLDSPIK, 1984). Durante o desenvolvimento gonadal, ocorre maior demanda de proteína, proveniente dos músculos (KJESBU et al., 1991) e a restrição alimentar parece não ter alterado ou afetado pouco a dinâmica deste nutriente nos tecidos musculares do matrinxã.

Tabela 1 - Peso corporal (PC), índice gonadossomático (IGS), lipídio total do músculo branco (LMB) e músculo vermelho (LMV), proteína do músculo branco (PBMB) e músculo vermelho (PBMV), matéria seca do músculo branco (MSMB) e músculo vermelho (MSMV), umidade do músculo branco (UMB) e músculo vermelho (UMV) \pm erro padrão da média. Grupos controle (Gc) e experimental (Ge).

Grupos		Meses						
		Março	Mai	Julho	Setembro	Novembro	Dezembro	Janeiro
PC (kg)	Gc	1,115 \pm 31,7ab	1,126 \pm 9,2ab	1,090 \pm 40,0b	1,037 \pm 32,1b	1,298 \pm 38,3.a	1,186 \pm 38,7ab	1,355 \pm 51,9a
	Ge	1,017 \pm 32,9bc	1,054 \pm 32,6abc	1,004 \pm 26,1bc	0,963 \pm 21,3c	1,168 \pm 24,9ab*	1,231 \pm 37,0a	1,193 \pm 35,5a*
IGS (%)	Gc	0,05 \pm 0,02c	0,07 \pm 0,03bc	0,14 \pm 0,05bc	0,06 \pm 0,02bc	0,26 \pm 0,17bc	2,2 \pm 0,84ab	3,1 \pm 0,97a
	Ge	0,08 \pm 0,02b	0,08 \pm 0,02b	0,06 \pm 0,03b	0,12 \pm 0,05ab	1,26 \pm 0,96ab	3,7 \pm 1,8a	1,2 \pm 0,54a*
LMB (%)	Gc	3,7 \pm 0,8a	2,8 \pm 0,5a	1,9 \pm 0,1a	2,1 \pm 0,2a	3,5 \pm 0,4a	2,5 \pm 0,4a	2,7 \pm 0,4a
	Ge	3,3 \pm 0,7a	2,4 \pm 0,2a	1,9 \pm 0,1a	2,1 \pm 0,2a	3,9 \pm 0,5a	2,6 \pm 0,4a	2,3 \pm 0,1a
LMV (%)	Gc	19,3 \pm 1,0a	16,7 \pm 0,8a	17,7 \pm 1,3a	17,2 \pm 0,7a	17,0 \pm 0,8a	16,8 \pm 1,2a	14,3 \pm 1,1a
	Ge	16,6 \pm 1,1ab*	16,3 \pm 1,0ab	17,5 \pm 1,1ab	16,0 \pm 0,9ab	20,0 \pm 0,9a*	16,8 \pm 0,9ab	14,2 \pm 0,7b
PBM (%)	Gc	24,0 \pm 0,3a	21,9 \pm 0,5b	21,3 \pm 0,4b	21,1 \pm 0,5b	21,2 \pm 0,6ab	20,8 \pm 0,5b	20,0 \pm 0,3b
	Ge	23,9 \pm 0,2a	21,6 \pm 0,3b	22,2 \pm 0,3ab	21,1 \pm 0,5b	21,1 \pm 0,1b	20,7 \pm 0,1b	21,0 \pm 0,2b*
PBMV (%)	Gc	21,5 \pm 0,5ab	21,1 \pm 0,5ab	22,0 \pm 0,9a	20,0 \pm 0,7ab	17,9 \pm 0,8bc	17,7 \pm 0,5c	17,3 \pm 0,3c
	Ge	20,5 \pm 0,6ab	20,0 \pm 0,7ab	21,7 \pm 0,6a	18,4 \pm 0,8bc	16,4 \pm 0,6c	18,3 \pm 0,5abc	18,5 \pm 0,6bc
MSM (%)	Gc	27,8 \pm 0,5a	24,7 \pm 0,4abc	24,5 \pm 1,3bc	24,1 \pm 0,5bc	27,0 \pm 1,2ab	24,8 \pm 0,5abc	23,9 \pm 0,4c
	Ge	27,5 \pm 0,5a	24,5 \pm 0,3b	25,1 \pm 0,4ab	23,9 \pm 0,6b	25,8 \pm 0,5ab	24,9 \pm 0,4b	25,2 \pm 0,3ab*
MSMV (%)	Gc	43,3 \pm 1,2a	40,7 \pm 2,2ab	44,5 \pm 2,9a	39,8 \pm 1,4abc	36,6 \pm 0,8abc	33,9 \pm 1,6c	34,1 \pm 1,1bc
	Ge	39,5 \pm 1,1ab*	38,7 \pm 1,8ab	42,8 \pm 2,3a	35,0 \pm 1,5ab*	33,3 \pm 1,2b*	36,6 \pm 1,6ab	33,6 \pm 0,7b
UMB (%)	Gc	72,2 \pm 0,5c	75,3 \pm 0,4abc	75,5 \pm 0,7ab	75,9 \pm 0,5ab	73,0 \pm 1,2bc	75,2 \pm 0,5abc	76,1 \pm 0,4a
	Ge	72,4 \pm 0,5b	75,5 \pm 0,3a	74,9 \pm 0,4ab	76,1 \pm 0,6a	74,2 \pm 0,5ab	75,0 \pm 0,4a	74,7 \pm 0,3ab*
UMV (%)	Gc	56,7 \pm 1,2c	59,2 \pm 1,2bc	55,4 \pm 2,9c	60,1 \pm 1,4abc	63,4 \pm 0,8abc	66,1 \pm 1,6a	65,9 \pm 1,1ab
	Ge	60,4 \pm 1,1ab*	61,3 \pm 1,8ab	57,2 \pm 2,3b	65,0 \pm 1,5ab*	66,7 \pm 1,2a*	63,4 \pm 1,6ab	66,4 \pm 1,0a

Dentro de cada grupo, médias contendo pelo menos uma letra igual não apresentam diferenças significativas e médias com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). O símbolo * representa a diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois grupos. N-8 a 10 animais.

A matéria seca e a umidade, no músculo branco, foram respectivamente maior e menor no Ge que no Gc, em janeiro de 1999. No entanto, no músculo vermelho, a matéria seca foi menor e a umidade foi maior no Ge que no Gc, nos meses de março, setembro e novembro. Embora a diferença seja pequena (Tabela 1), afetando pouco o conteúdo de matéria seca nesse tecido, esse resultado corrobora com resultados encontrados em outras espécies de peixes, após períodos longos de jejum, nos quais a porcentagem de água dos músculos aumenta a medida que outros constituintes do tecido diminuem (DAWSON & GRIMM, 1980; JOBLING, 1980; SOUZA et al., 2000). No músculo branco, em ambos os grupos, em março, foram encontrados, respectivamente, os maiores e os menores valores da porcentagem de matéria seca e umidade. No músculo vermelho, em ambos os grupos, houve diminuições dos valores da matéria seca, nos últimos meses estudados. As mudanças encontradas no teor de matéria seca e umidade nos músculos mostram que a diminuição da porcentagem de matéria seca e aumento da umidade acompanharam a diminuição da porcentagem de proteína, mas não apresentou relação com o conteúdo de lipídios.

Os resultados encontrados permitem sugerir que a restrição de ração, da forma como foi administrada, não acarretou alterações substanciais na composição centesimal dos músculos branco e vermelho, não ocasionando prejuízo na qualidade da carcaça, peso corporal e desenvolvimento gonadal. Portanto, sugere-se que o matrinxã apresenta habilidade para ajustes metabólicos que permitem manter a homeostase. Um dos mecanismos prováveis para explicar esta adaptação metabólica é o aumento do fluxo gliconeogênico, que é favorecido pela diminuição dos níveis circulantes de insulina e aumento relação insulina/glucagon presentes em condições de restrição alimentar (MOMMSEN & PLISETSKAYA, 1991). Por outro lado, durante a restrição de alimento, ocorre diminuição da responsividade dos hepatócitos aos hormônios catabólicos e aumento aos hormônios anabólicos (FOSTER & MOON, 1987). Adicionalmente, frente à redução alimentar, o matrinxã poderia apresentar melhor conversão alimentar. Em truta arco-íris, a restrição alimentar em semanas alternadas, por períodos de 18 semanas, resultou em maior conversão alimentar (QUINTON & BLAKE, 1990). Do mesmo

modo, demonstrou-se, para o *Sparus aurata* (PÉREZ-SÁNCHEZ et al., 1995) e para tilápia nilótica, melhor conversão alimentar por quantidade ingerida de proteína, em experimento de restrição alimentar (XIE et al., 1997).

No presente estudo, o grupo de peixes sujeitos à restrição alimentar recebeu o equivalente a 60% da quantidade de ração ingerida pelos que se alimentavam diariamente. Com este manejo, o peso corporal, a maturação gonadal e a composição centesimal dos músculos não foram afetados. Este fato sugere que a quantidade de ração oferecida para o grupo controle pode ter excedido a necessidade nutricional exigida pela espécie, nesta ocasião do ciclo de vida, indicando que a ração recebida diariamente pode resultar em prejuízo econômico. Essa sugestão é apoiada no fato de que, na natureza, a disponibilidade de alimento é menor que em cativeiro.

CONCLUSÃO

É possível encontrar formas de manejo alimentar mais econômicas para a espécie *Brycon cephalus* sem que processos fisiológicos importantes como o crescimento, a composição estrutural da carcaça e a reprodução sejam afetados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Sra. Damares P. Roviero pelo apoio técnico; ao CEPTA (Centro Nacional de Pesquisas em Peixes Tropicais), pela doação dos peixes; e ao Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal-SP por fornecer a infra-estrutura para o desenvolvimento deste trabalho. Agradecem também aos professores Dr. Gener Tadeu Pereira e Dr. Gerson Muccillo pelo auxílio nas análises estatísticas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, J.R.M.; WOOTTON, R.J. Effect of food on the growth of carcass, liver and ovary in female *Gasterosteus aculeatus* L. **Journal of Fish Biology**, v.21, p.537-547, 1982.
- AOAC. Association of Official Agriculture Chemists, Washington. **Official methods of analysis of the association agricultural chemists**. 14.ed. Arlington, 1984. 336p.
- AYUB, M; CHEEMA, I.R. Effects of starvation in a fresh water teleost *Channa punctatus*: some biochemical aspects. **Pakistan Journal of Zoology**, v.17, n.1, p.1-9, 1985.
- BASTROP, R. et al. Biochemical adaptation of juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.98A, n.1, p.143-149, 1991.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- DAWSON, A.S.; GRIMM, A.S. Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy content of the carcass, ovaries and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa* L. **Journal of Fish Biology**, v.16, p.493-504, 1980.
- FARBRIDGE et al. Temporal effects of restricted diet and compensatory increased dietary intake on thyroid function, plasma growth hormone levels and tissue lipid reserves of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.104, p.157-174, 1992.
- FOSTER, G.D.; MOON, T.W. Metabolism in sea raven (*Hemirhamphus intermedius*) hepatocytes: the effects of insulin and glucagon. **General and Comparative Endocrinology**, v.66, p.102-109, 1987.
- GRAEF, E.W. et al. Policultivo de matrinxã (*Brycon sp*) e jaraqui (*Semaprochilodus sp*) em pequenas represas. **Acta Amazonica**, v.17, p.33-42, 1987.
- HOWES, G. Review of genus *Brycon* (Teleostei, Characoidei). **Bulletin of the British Museum Natural History and Zoology**, v.43, n.1, p.1-47, 1982.
- IDLER, D.R.; BITNERS, I. Biochemical studies on sockeye salmon during migration. IX. Fat, protein and water in the major internal organs and cholesterol in liver and gonads of the standard fish. **Journal of the Fish Research Board of Canada**, v.17, p.113-122, 1960.
- JOBLING, M. Effects of starvation on proximate chemical composition and energy utilization of plaice, *Pleuronectes platessa* L. **Journal of Fish Biology**, v.17, p.325-334, 1980.
- KJESBU, O.S. et al. Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences**, v.48, p.2333-2343, 1991.
- LAPIN, V.I. Seasonal variation in the biochemical composition of the organ and tissues of the white sea flounder, *Platichthys flesus bogdanoui* (Sandberg). **Journal of Ichthyology**, v.13, p.262-274, 1973.
- LOUGHNA, P.T.; GOLDSPIK, G. The effects of starvation upon protein turnover in red and white myotomal muscle of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. **Journal of Fish Biology**, v.25, p.223-230, 1984.
- MOMMSEN, T.P.; PLISETSKAYA, E.M. Insulin in fishes and agnathans: history, structure, and metabolic regulation. **Reviews in Aquatic Sciences**, v.4, n.2-3, p.225-259, 1991.
- OLIVEIRA et al. Índice gordura-víscero-somático e níveis de lipídios totais em diferentes tecidos de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24 (especial), p.89-95, 1997.
- PÉREZ-SÁNCHEZ et al. Ration size and protein intake affect circulating growth hormone concentration, hepatic growth hormone binding and plasma insulin-like growth factor-I immunoreactivity in a marine teleost, the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Journal of Nutrition**, v.125, p.546-552, 1995.

- PETERSSEN, I. M.; EMMERSEN, B.K. Changes in serum glucose and lipids, and liver glycogen and phosphorilase during vitellogenesis in nature in the flounder (*Platichthys flesus* L.). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.58B, p.167-171, 1977.
- QUINTON, J.C; BLAKE, R.W. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Fish Biology**, v37, p.33-41, 1990.
- REID, R.A. et al. Structural and chemical changes in muscle of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during spawning migration. **Food Research International**, v.26, p.1-9, 1993.
- SHATUNOVSKY, M.I. Alteration in the qualitative composition of lipid in the organs and tissues of Baltic cod. *Gadus morhua callarias* (L.) as gonads mature. **Journal of Ichthyology**, v.11, p.790-797, 1971.
- SCORVO-FILHO et al. Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra de 1996/1997. **Informações Econômicas**, v.28, p.41-60, 1998.
- SINGH, I.J.; SINGH, T.P. Annual changes in the total gonadotrophic potency in relation to gonadal activity in the freshwater catfish, *Clarias batrachus* (L). **Journal Interdisciplinary Cycle of Research**, v.14, p.227-239, 1983.
- SINGH, I.J.; SINGH, T.P. Changes in gonadotropin, lipid and cholesterol levels during annual reproductive cycle in the fresh water teleost, *Cirrhinus mrigala* (Ham.). **Annual Endocrinology**, v.45, p.131-136, 1984.
- SOUZA, V.L. et al. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v.15, n.4, p.371-379, 2000.
- WENDER, U.; SAINT-PAUL, U. Feeding trials with herbivorous and omnivorous Amazonian fishes. **Aquaculture**, v.15, p.175-177, 1978.
- XIE, S. et al. 1997. Energy budget of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to ration size. **Aquaculture**, v.154, p.57-68, 1997.
- ZANIBONI-FILHO, E.; RESENDE, E. Anatomia de gônadas, escala de maturidade e tipo de desova de matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei: Characidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.48, n.4, p.833-844, 1988.