

Estudos para Composição de uma Dieta Referência Semipurificada para Avaliação de Exigências Nutricionais em Juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)¹

Wálter Vásquez-Torres², Manoel Pereira Filho³, José Alfredo Arias-Castellanos²

RESUMO - Foram realizados dois experimentos com o objetivo de definir uma dieta referência para estudos de exigências nutricionais em *Piaractus brachypomus*. No primeiro experimento, foram testadas quatro dietas com ingredientes semipurificados (H-440 com 47% PB, C-102 com 41% PB, NRC com 37% PB e IALL-1 com 32% de PB) e uma dieta controle (32% de PB) com ingredientes comuns. No segundo experimento, foi usada a dieta IALL-1, como base para a formulação de três dietas experimentais. A dieta 2 foi suplementada com vitamina C e uma pré-mistura de macrominerais, enquanto na dieta 3 o óleo vegetal foi substituído por óleo de peixe. O ganho de peso foi usado como critério básico para medir os efeitos das dietas, sendo também considerados consumo de alimento, taxa específica de crescimento (SGR), conversão alimentar aparente (FCR), eficiência de utilização da proteína (PER) e retenção de proteína (%PPV) e de energia (%RE). Entre as dietas semipurificadas, o melhor desempenho de crescimento e de utilização dos nutrientes foi observado para as dietas NRC e IALL-1, que não diferiram entre si. No segundo experimento, o grupo de peixes alimentados com a dieta 2 apresentou crescimento 42% maior que o observado com as dietas sem suplementação. As outras variáveis analisadas, FCR, SGR, PER e %PPV, também foram significativamente melhoradas. Os resultados em conjunto indicam que a dieta IALL-1 suplementada com macrominerais e vitamina C pode ser considerada adequada como dieta referência semipurificada para estudos de nutrição de *Piaractus brachypomus*.

Palavras-chave: dieta referência, nutrição de peixes, peixe de água doce, pirapitinga, *Piaractus brachypomus*

Studies for Composition of Semipurified Reference Diet for Nutritional Requirements Evaluation of Juvenile Pirapitinga *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)

ABSTRACT - Two trial experiments were conducted to determine a reference diet for nutrient requirement studies of *Piaractus brachypomus*. In the 1st experiment four diets elaborated with purified ingredients (H-440 with 47% PB, C-102 with 41% PB, NRC, with 37% PB and IALL-1 with 32% of PB) and a diet control (32% of PB) with common ingredients, were tested. In the 2nd experiment the diet IALL-1 was used as base for the formulation of three experimental diets. Diet 2 contained vitamin C and macrominerals premix supplement, while in diet 3 vegetable oil was substituted by fish oil. Weight gain, taking also into account the relative food intake, specific growth rate (SGR), food conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), protein retention (%PPV) and energy retention (%RE), was used as the basic approach for measuring the effects of the diets. The best growth performance and nutrient use among semipurified diets was observed for diets NRC and IALL-1. In the 2nd experiment, fish fed diet 2 presented a growth (42%) greater than those fed non supplemented diets. Other analyzed variables FCR, SGR, PER and %PPV were also significantly improved. The added results indicate that macro minerals and vitamin C supplemented- diet IALL-1 can be effectively used as a reference diet for nutrition studies on juvenile *P. brachypomus*.

Key Words: reference diet, fish nutrition, fresh water fish, pirapitinga, *Piaractus brachypomus*

Introdução

Produto do recente desenvolvimento e aperfeiçoamento nas técnicas de cultivo de peixes, particularmente de manejo dos plantéis de reprodutores, reprodução induzida, incubação de ovos, criação de larvas e alevinos e cultivo em condições controladas, a produção mundial da aquicultura aumentou de 13,13 milhões de tonela-

das em 1990 para 28,27 em 1997 (FAO, 1999). No mundo são cultivadas mais de 300 espécies de peixes utilizando estratégias de alimentação e dietas completas que visam atender, da forma mais precisa, suas necessidades de nutrientes para máximo crescimento. Para a fabricação de dietas nutricionalmente balanceadas, é fundamental completo conhecimento sobre as exigências de nutrientes e de energia de cada espécie em particular.

¹ Parte da tese de doutorado apresentada pelo primeiro autor ao Programa de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA - Universidade do Amazonas.

² Professor titular do Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos, Km 12 Via Puerto López, Villavicencio, Colômbia. E-mail: iall@villavicencio.cetcol.net.co

³ Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, CPAQ-INPA. Avenida André Araújo, 2936. Manaus, Brasil. E-mail: pmanoel@inpa.gov.br

Metodologicamente, a determinação de exigências nutricionais em peixes é realizada a partir de curvas de dose-resposta obtidas de estudos de alimentação realizados em condições experimentais rigorosamente controladas (Chiu, 1989). Para tal fim, são utilizadas dietas referência desenvolvidas especialmente para uma espécie ou grupo de peixes com hábitos alimentares similares, elaboradas com ingredientes purificados para facilitar máximo controle sobre sua composição química. Segundo Lovell (1998) e Shearer et al. (1991), para estes propósitos, a caseína e a gelatina, disponíveis em formas purificadas, são uma excelente combinação de fontes protéicas. Igualmente são utilizadas a dextrina como fonte de carboidratos, óleos de peixe que fornecem ácidos graxos n-3 e de vegetais que provêm n-6, celulose purificada como fonte de fibra bruta, carboximetilcelulose (CMC) como aglutinante para aumentar a estabilidade na água e, pré-misturas de vitaminas e minerais. Para diferentes espécies marinhas e de água doce têm sido desenvolvidos diversos modelos de dietas referência. Para salmão e trutas, dietas com 40% de proteína (Ogata et al., 1983; Cho et al., 1985) ou ainda com 42 a 50% (Shearer et al., 1991; Tibaldi & Lanari, 1991), para channel catfish (*Ictalurus punctatus*) e peixes de águas quentes, dietas com 36% de PB (Li & Lovell, 1985), para tilápias, com 30% de PB (El-Sayed, 1989), além de algumas dietas com modificações das anteriores, descritas pela NRC (1993) e Lovell (1998). Contudo, não há informações disponíveis sobre este assunto para espécies neotropicais de água doce e hábito alimentar tipicamente onívoro, como os serrasalmídeos dos gêneros *Piaractus* (pirapitinga e pacu) e *Colossoma* (tambaqui), de grande importância econômica para cultivo em escala comercial na Colômbia, Brasil, Peru, Venezuela e América Central.

O objetivo do presente estudo foi definir as características de uma dieta referência semipurificada para experimentação sobre assuntos nutricionais da pirapitinga, *Piaractus brachyomus*.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nas instalações da "Estación Piscícola del Instituto de Acuicultura de la Universidad de Los Llanos -IALL" em Villavicencio/Colômbia. Foram utilizados 24 tanques de 500 L de capacidade (unidades experimentais) num sistema fechado com fluxo contínuo de

água (2 L/min) e aeração permanente para conservar níveis de oxigênio próximos à saturação. A água foi reciclada por intermédio de um sistema central de quatro filtros biológicos em série para remover partículas em suspensão e reduzir as concentrações de amônia, nitritos e nitratos. Sua qualidade foi controlada para mantê-la dentro de intervalos de conforto, semelhantes às condições do seu ambiente natural, segundo os parâmetros descritos para a espécie por Arias & Vásquez (1988): temperatura $26 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$, pH $7,3 \pm 0,2$, dureza >40 ppm e concentração de nitritos e amônio $<0,02$ ppm.

Foram realizados dois experimentos; no primeiro foram estudadas cinco dietas, consistindo de três formulações de dietas referência utilizadas para diferentes espécies de peixes, H-440, C-102 e NRC, descritas por Tacon (1988), mais uma dieta formulada tomando como base os níveis de nutrientes recomendados por esse mesmo autor em rações práticas para peixes onívoros tropicais de água doce, denominada IALL-1. Como controle para as comparações foi utilizada a ração padrão do Laboratório de Nutrição de Peixes CPAQ/INPA. As quatro primeiras dietas foram elaboradas com ingredientes purificados, enquanto a ração 5 era constituída de matérias-primas usuais (Tabela 1). O segundo experimento, projetado para melhorar a dieta com melhor desempenho no primeiro experimento, foi constituído de três dietas: a dieta 1 igual à dieta IALL-1 (Tabela 1), a dieta 2 suplementada com uma pré-mistura de macrominerais e vitamina C e, a dieta 3, que além da pré-mistura de macrominerais e da vitamina C, o óleo vegetal foi substituído por óleo de peixe (óleo de fígado de bacalhau). Os ingredientes foram misturados, umedecidos e extrusados em moinho de carne para formar grânulos de consistência mole (35 - 45% de umidade), de 3 mm de diâmetro e 6-10 mm de comprimento. As rações foram produzidas em quantidades suficientes para cada 15 dias do período experimental, estocados em sacolas plásticas fechadas a vácuo, mantendo-as sob refrigeração até o dia anterior ao uso. Os peixes foram alimentados à vontade duas vezes por dia (8 e 16 h) durante 60 dias, registrando-se o consumo diário por unidade experimental. No primeiro experimento foram utilizados 300 peixes de $11,43 \pm 1,6$ g de peso médio inicial, distribuídos ao acaso em grupos de 20 indivíduos por unidade experimental (cinco tratamentos com três repetições); no segundo experimento trabalhou-se com 180 peixes de $11,31 \pm 1,1$ g de peso médio inicial,

Tabela 1 - Composição de ingredientes das dietas (g/100 de dieta) testadas nos experimentos 1 e 2 para determinação da dieta referência para pesquisas em nutrição de *P. brachypomus*Table 1 - Diet ingredients composition (g/100g diet) examined in the experiments 1 and 2 for determining the reference diet for nutrient research studies on *P. brachypomus*

Dietas <i>Diets</i>	NIA ⁶ <i>IFN</i>	Experimento 1 <i>Experiment 1</i>					Experimento 2 <i>Experiment 2</i>		
		H-440	C-102	NRC	IALL-1	CPAQ	1	2	3
Ingredientes <i>Ingredients</i>									
Caseína ¹ <i>Casein</i>	5-01-162	38,0	40,0	32,0	30,0		30,0	30,0	30,0
Gelatina ² <i>Gelatin</i>	5-14-503	12,0	5,0	8,0	5,0		5,0	5,0	5,0
Amido de milho <i>Corn starch</i>	*		15,0						
Dextrina <i>Dextrin</i>	4-08-023	28,0	9,0	30,0	30,0		30,0	30,0	30,0
D-glicose <i>D-glucose</i>	*		5,0						
Celulose <i>Cellulose</i>	*		3,0	18,0	18,0		18,0	18,0	18,0
CMC <i>CMC</i>	*	12,8	12,8	5,85	10,8		10,8	10,8	10,8
Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	5-02-000					29,0			
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	5-04-612					10,0			
Farinha de trigo <i>Wheat bran</i>	4-05-199					5,0			
Fubá de milho <i>Corn, yellow</i>	4-02935					55,0			
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	4-07-983			3,0	3,0			3,0	3,0
Óleo de milho <i>Corn oil</i>	4-07-882	6,0							
Óleo de peixe <i>Fish oil</i>	7-01-994	3,0	10,0	3,0	3,0		3,0	3,0	6,0
Pré-mistura minerais ⁴ <i>Mineral premix</i>	*	0,05	0,05	0,05	0,05	0,4	0,05	0,05	0,05
Pré-mistura macrominerais ⁵ <i>Macrominerals premix</i>	*						-	4,0	4,0
Vitamin C (StayC-35) <i>Vitamin C</i>	*						-	0,03	0,03

¹ Composição analisada: MS 93%; PB 86,42%; Lipídios 2,29%, cinzas 3,66%; AAE (% PB): Met 2,91, Lys 8,06, Thr 4,14, Arg 3,43, I-leu 5,02, Leu 9,34, Val 6,54, His 3,10, Phe 5,02.

² Composição analisada: MS 91%; PB 94,02%; AAE (% PB): Met 0,92, Lys 3,81, Thr 1,87, Arg 8,25, I-leu 1,52, Leu 3,02, Val 2,37, His 0,72, Phe 2,07.

³ Rovimix Vitaminas® Lab. Roche S.A.: Vit. A 8,0x10⁶ UI, Vit. D₃ 1,8x10⁶ UI, Vit. E 66,66 g, Vit. B₁ 6,66 g, Vit. B₂ 13,33 g, Vit. B₆ 6,66 g, Pantotenato 33,33 g, Biotina 533,3 mg, Ac. fólico 2,66 g, Ac. ascórbico 400,0 g, Ac. nicotínico 100,0 g, Vit. B₁₂ 20,0 mg, Vit. K₃ 6,66 g, veículo qsp 1,0 kg.

⁴ Pré-mistura minerais® Lab. Roche S.A.: Composição por 100 g: Mg 1,0, Zn 16,0, Fe 4,0, Cu 1,0, I 0,5, Se 0,05, Co 0,01.

⁵ Composição por 100 g de mistura: Ca(H₂PO₄) 13,6 g; Lactato de Ca 34,85 g; 2MgSO₄.7 H₂O, 13,2 g; KH₂PO₄ 24 g; NaCl 4,5 g; AlCl₃ 0,015 g, CMC 9,835 g.

⁶ Número Internacional do Alimento (* Número Internacional de Alimento não assinalado, NRC [1993]).

¹ Composition: DM 93%, CP 86.42%, Lipid 2.29%, Ash 3.66%; EAA (%CP): Met 2.91, Lys 8.06, Thr 4.14, Arg 3.43, I-leu 5.02, Leu 9.34, Val 6.54, His 3.10, Phe 5.02.

² Composition: DM 91%, CP 94.02%; EAA (%CP): Met 0.92, Lys 3.81, Thr 1.87, Arg 8.25, I-leu 1.52, Leu 3.02, Val 2.37, His 0.72, Phe 2.07.

³ Vitamin Rovimix® Lab. Roche S.A.: Vit. A 8x10⁶ UI; Vit. D₃ 1.8x10⁶ UI, Vit. E 66,66 g, Vit. B₁ 6,66 g, Vit. B₂ 13.33 g, Vit. B₆ 6.66 g, Panthotenic acid 33.33 g, Biotin 533.3 mg, Folic acid 2.66 g, Ascorbic acid 400.0 g, Nicotinic acid 100.0 g, Vit. B₁₂ 20.0 mg, Vit. K₃ 6.66 g, filler eqf 1.0 kg).

⁴ Mineral mix® Lab. Roche S.A.: Composition for 100 g: Mg 1.0, Zn 16.0, Fe 4.0, Cu 1.0, I 0.5, Se 0.05, Co 0.01).

⁵ Composition for 100 g premix : Ca(H₂PO₄) 13.6 g; Ca Lactate 34.85 g; 2MgSO₄.7 H₂O, 13.2 g; KH₂PO₄ 24 g; NaCl 4.5 g; AlCl₃ 0.015 g, CMC 9.835 g.

⁶ International Feed Number (*An International Feed Number is not assigned, NRC [1993]).

também distribuídos ao acaso em grupos de 20 peixes por tanque (três tratamentos com três repetições).

Do grupo inicial de peixes foram sacrificados 20 indivíduos, e no final, entre 8-10 de cada repetição, para a realização dos análises de composição proximal. Os peixes inteiros foram triturados e homogeneizados em moinho de carne e estocados a temperatura de -20°C até a realização das análises. A composição centesimal das diferentes dietas e amostras de tecidos corporais dos peixes foram analisadas, conforme as metodologias padrão descritas pela AOAC (1984), nos laboratórios de Nutrição de Peixes do "Instituto de Acuicultura de Unillanos" e da Coordenação de Pesquisas em Aqüicultura do INPA, Manaus (CPAQ/INPA). A composição de aminoácidos da caseína e da gelatina foi determinada pelo método de oxidação, no laboratório comercial Degussa-Hüls AG IC FA-AT, Frankfurt, Alemanha.

O critério básico para avaliar os efeitos das dietas foi o ganho de peso dos peixes $GP = Pf - Pi$ (Pi e Pf , pesos inicial e final, respectivamente).

Também foram avaliados:

Consumo de alimento = $MSi(g) / Pf(g)$ (ingestão total de matéria seca (MSi) por indivíduo durante os 60 dias de experimentação com relação à biomassa corporal final).

- Taxa de conversão alimentar aparente $FCR = MSi / GP$.
- Taxa específica de crescimento $SGR = 100 * [Ln(Pf) - Ln(Pi)] / tempo(dia)$.
- Eficiência de utilização de proteína $PER = GP / PBc$ ($PBc = g$ de PB consumida).
- Retenção de proteína $\%PPV = 100 * GP / PBc$ (GP = Ganho de PB corporal).
- Retenção de energia $\%RE = 100 * GEB / EBc$ ($GEB =$ Ganho de energia bruta corporal, $EBc =$ Energia bruta consumida (kcal/g)).

Os resultados dos dois experimentos foram analisados por intermédio de ANOVA, usando-se o modelo:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + e_{ik}$$

em que Y_{ik} = o valor observado do i -ésimo tratamento e k -ésima repetição; μ média geral da característica; T_i = efeito do tratamento i , sendo $i =$ as diferentes dietas testadas nos experimentos 1 e 2; e e_{ik} = o erro aleatório associado a cada observação. As médias das variáveis estudadas foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SYSTAT for Windows, v7.0.

Resultados e Discussão

Os resultados de consumo de alimento, ganho de peso, taxa específica de crescimento (SGR), conversão alimentar aparente (FCR), eficiência de utilização de proteína (PER) e percentagem de retenção de proteína (%PPV) e de energia (%RE) dos experimentos 1 e 2, são descritos nas Figuras 1 e 2.

No primeiro experimento, a taxa de consumo de alimento (Figura 1-A) foi significativamente diferente entre os tratamentos ($P < 0,05$). O consumo diário das dietas H-440 e C-102 ($14,0 \pm 0,56$ e $13,6 \pm 0,33$ g/kg de peixe, respectivamente) foi menor que o observado com as dietas NRC e IALL-1 ($16,8 \pm 0,59$ e $17,0 \pm 0,49$ g/kg/dia). O consumo foi máximo quando os peixes receberam a dieta controle ($20,4 \pm 1,1$ g/kg), provavelmente por ser a mais palatável. As dietas H-440 e C-102 tinham 50% mais lipídios do que as outras, o que significou maior quantidade de energia não-protéica disponível. Segundo Cho et al. (1985), dietas com níveis de energia muito altos podem afetar negativamente o consumo de matéria seca dos peixes submetidos a essas rações.

Por outro lado, a dieta C-102 que produziu os menores valores absolutos de consumo e de crescimento, continha amido e glicose como fontes de carboidratos, contrastando com as outras que somente tinham dextrina. Apesar dos carboidratos serem importante fonte de energia (Peragón et al., 1994; Erfanullah & Jafri, 1998), nem todas as diferentes classes deste composto podem ser igualmente utilizadas pelos peixes (Pieper & Pfeffer, 1980; Garcia-Gallego et al., 1994). Segundo Lovell (1998), nos peixes, diferentemente dos mamíferos e das aves, a remoção da glicose da corrente sanguínea, após a ingestão de uma dieta rica em glicose ou amido, acontece de forma muito lenta, possivelmente devido a uma aparente dificuldade para metabolizar a glicose. No caso dos peixes do tratamento 2, os altos níveis circulantes de glicose, produto da ingestão de amido, poderiam ter exercido efeito inibidor do apetite, conforme ao modelo glicostático discutido por Cuenca & Garcia-Gallego (1987).

No segundo experimento, os consumos de $14,4 \pm 0,8$ e $14,9 \pm 0,7$ g MS/kg/d, das dietas 1 e 2 foram significativamente menores ($P < 0,05$) que os da dieta 3 ($16,6 \pm 0,3$ g MS/kg/d). Esses valores, também menores que os observados para a dieta IALL-1 do primeiro experimento, mostraram que a adição da pré-mistura de macrominerais e vitamina C não

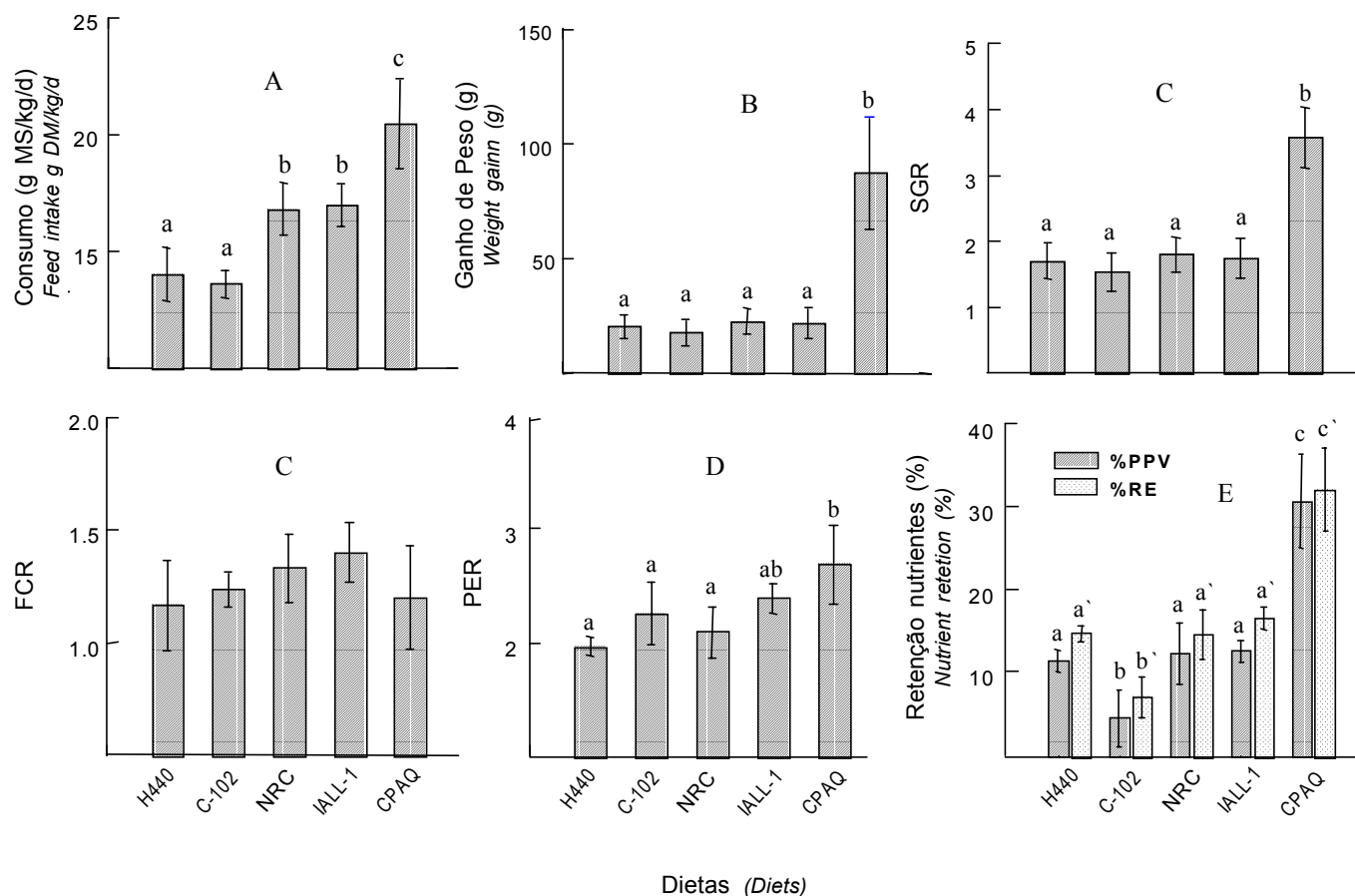


Figura 1 - Efeito das dietas do primeiro experimento sobre o consumo de alimento (A), ganho de peso (B), SGR (C), FCR (D), PER (E) e retenção de nutrientes (F) em *Piaractus brachypomus*. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferenças significativas entre tratamentos ($P < 0,05$). Os valores representam as médias de três grupos de peixes \pm SEM.

Figure 1 - Effect of the 1st experiment diets on the food intake (A), weight gain (B), SGR (C), FCR (D), PER (E) and nutrient retention (F) on *Piaractus brachypomus*. Different letters over the column point out significant differences between treatments ($P < 0.05$). Values express the average of three fish groups \pm SEM.

incrementou o consumo de matéria seca (Figura 2-A).

O ganho de peso (Figura 2-B) obtido com as dietas 2 e 3 ($30,5 \pm 1,3$ e $28,0 \pm 3,3$ g, respectivamente) foi estatisticamente maior que o observado no tratamento 1 ($16,3 \pm 1,4$). Comparando estes resultados com os do primeiro experimento, observa-se que houve diferença de 9,1 g, equivalente a um incremento de aproximadamente 42% no ganho de peso com a dieta IALL-1. Os resultados de SGR $2,16 \pm 0,05$ e $2,05 \pm 0,14$ com estas mesmas dietas, foram estatisticamente maiores que os da dieta 1 ($1,47 \pm 0,09$). Novamente estes valores foram superiores aos observados no primeiro experimento (Figura 2-C).

Em termos de porcentagem de incremento em peso (%IP) e de SGR, os maiores valores conse-

guidos com a dieta 2 do segundo experimento (270% e 2,16, respectivamente), são comparáveis com os obtidos em pesquisas realizadas em condições experimentais similares com diferentes espécies de peixes. Trabalhos com híbridos de tilápia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) realizados por Shiao et al. (1988) mostraram, em média, 230% de IP com dietas contendo 28% de PB. Com *Tilapia zillii*, EL-Sayed (1989) obteve IP de 200 a 288% e SGR entre 2,30 e 3,23 com dietas de 30% de PB. Os resultados dos experimentos 1 e 2 indicaram que as diferentes dietas continham nutrientes, em quantidade e qualidade, suficientes para promover um aceitável crescimento dos juvenis de pirapitinga.

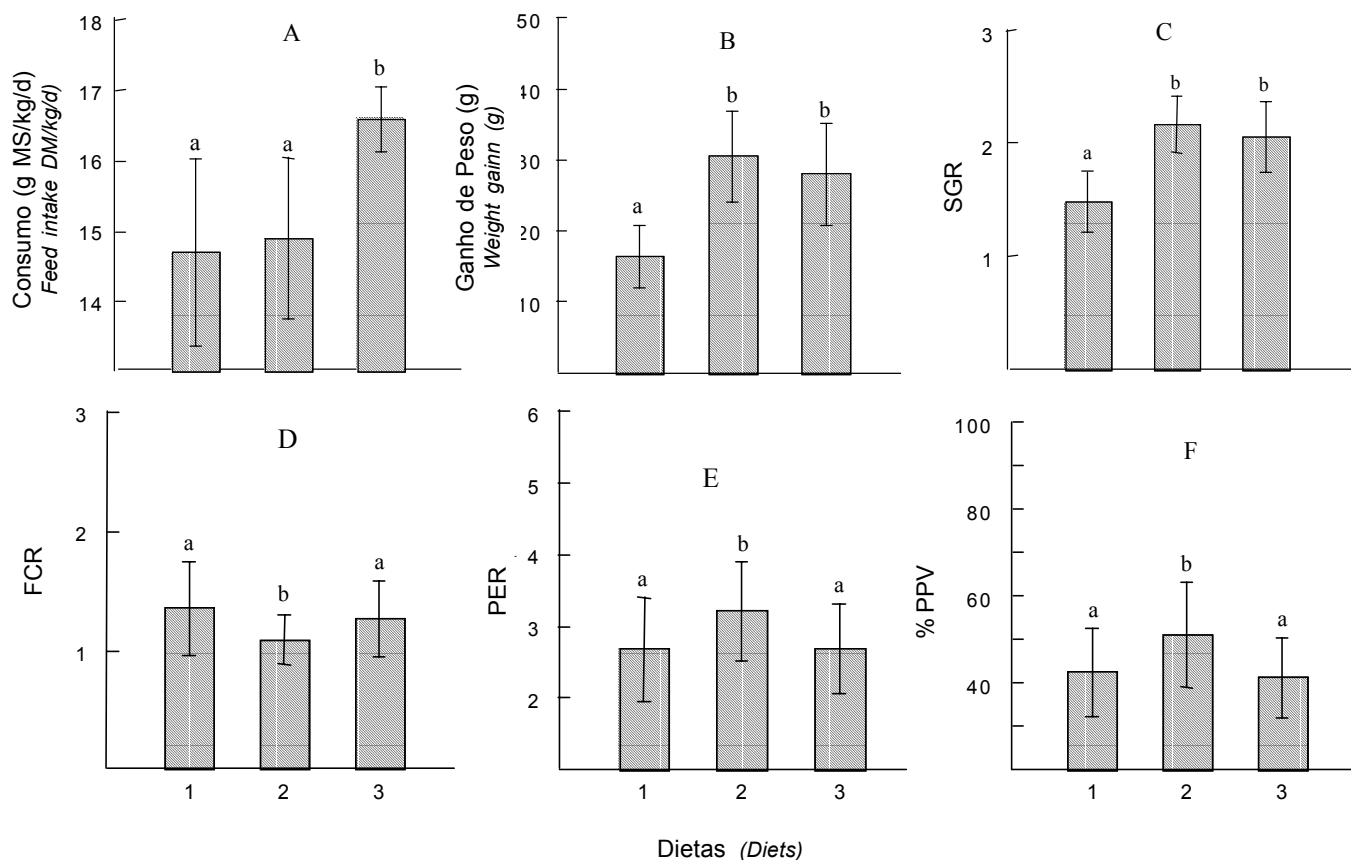


Figura 2 - Efeito das dietas do segundo experimento sobre o consumo de alimento (A), ganho de peso (B), SGR (C), FCR (D), PER (E) e %PPV (F) em *Piaractus brachypomus*. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferenças significativas entre tratamentos ($P < 0,05$). Os valores representam a média de três grupos de peixes \pm SEM.

Figure 2 - Effect of diets of the 2nd experiment on the food intake (A), weight gain (B), SGR (C), FCR (D), PER (E) and %PPV (F) in *Piaractus brachypomus*. Different letters over the columns point out significant differences between treatments ($P < .05$). Values express are the average of three fish groups \pm SEM.

O FCR (Figura 1-D) mostrou tendência de melhorar, à medida que os níveis protéicos das dietas semipurificadas diminuíram. Porém, essas diferenças não foram significativas. No segundo experimento (Figura 2-D), houve significância estatística entre as médias de conversão de alimento, sendo melhor a observada com a dieta 2 ($1,08 \pm 0,04$). Elangovan & Shim (1997) relataram melhoras de 1,92 para 1,43 de FCR em *Barbodes altus* com níveis de proteína de 20 até 40%, enquanto com níveis maiores não houve melhora. Em *Tilapia zillii*, Mazid et al. (1979) observaram que a conversão melhorava proporcionalmente com o nível de proteína da dieta até 37% (1,28) e piorava com níveis maiores. Reis et al. (1989) observaram em channel catfish correlação positiva entre níveis de proteína e FCR, o mesmo sendo constatado por Kim et al. (1991), para truta, e por Twibell & Brown (1998), para híbridos de tilápia.

Para *P. brachypomus*, Baras et al. (1996) relataram valores de conversão entre 1,18 e 1,89 utilizando dietas práticas com 45% de PB e diferentes regimes de alimentação. Para esta mesma espécie Gutierrez et al. (1996) determinaram valores entre 2,4 e 6,9 utilizando dietas práticas com diferentes níveis de PB e de ED. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que as dietas testadas apresentaram eficiência de conversão dentro das faixas consideradas normais para peixes, entre 1,2 e 2,0 (Parker, 1987; De Silva & Anderson, 1995).

Com relação à taxa de eficiência de proteína (PER) (Figura 1-E), observou-se variação no aproveitamento, que foi inversamente proporcional aos níveis de proteína, sendo menor nas dietas H-440 ($1,94 \pm 0,08$), C-102 ($2,28 \pm 0,24$) e NRC ($2,11 \pm 0,24$) com alta concentração de proteína, e máximo com as dietas IALL-1 ($2,39 \pm 0,09$) e controle ($2,69 \pm 0,27$).

Quanto às porcentagens de retenção de nutrientes, foi observado que os peixes alimentados com a dieta C-102 apresentaram a menor %PPV (4,6%) comparada com as observadas nos tratamentos H-440, NRC e IALL-1, iguais entre si ($P>0,05$) com média de 12,2%. Com relação às %RE, observou-se comportamento semelhante (Figura 2.2-E). Entre os tratamentos do segundo experimento, a dieta 2 teve PER de $3,21\pm 0,15$ e %PPV de 49,6%, melhores que as demais dietas testadas (Figura 2-E e F), incluídas aquelas do primeiro experimento. No organismo, a proteína ingerida é utilizada para crescimento e também como fonte de energia. Os níveis ótimos de PB requeridos para tais processos variam nas diferentes espécies e dependem, entre outros fatores, dos níveis de nutrientes não protéicos (Samantaray & Mohanty, 1997) e da relação proteína bruta/energia (De Silva & Anderson, 1995). Britz & Hecht (1997) demonstraram que desequilíbrios nesta relação por altas concentrações de PB conduzem a processos catabólicos de

deaminação, isto é, à utilização dos aminoácidos como fonte de energia. No presente experimento, quando o nível de proteína aumentou de 32% nas dietas IALL-1 e controle para 45% na dieta H-440, tanto o PER quanto a %PPV e a %RE diminuíram, corroborando assim o argumento de que a proteína foi degradada e usada como fonte de energia quando ingerida em excesso. Padrões similares têm sido descritos para *Tilapia zillii* (Mazid et al., 1979; El-Sayed, 1989) e para carpa herbívora (Dabrowski, 1977).

As análises de composição proximal das dietas experimentais e das amostras de tecidos corporais são apresentadas nas Tabelas 2 e 3. No primeiro experimento, os conteúdos de proteína das dietas H-440, C-102 e NRC apresentaram-se em níveis acima de 37%; a dieta IALL-1 e a dieta controle tinham 32,3% e 32,6%, respectivamente. No segundo experimento as dietas eram isoprotéicas, com composição similar à dieta IALL-1 (Tabela 3). Nas amostras de tecidos corporais observou-se tendência, não

Tabela 2 - Composição proximal das dietas elaboradas com ingredientes diferentes e de amostras de tecidos corporais de juvenis de *P. brachypomus* no primeiro experimento realizado para determinar a dieta de referência para pesquisas em nutrição

Table 2 - Proximate composition of diets containing varying ingredients and whole-body tissue of juvenile *P. brachypomus* in the 1st experiment, for determining the reference diet for nutrition research studies

Dietas <i>Diets</i>	MS	% da matéria seca				EB ¹
	<i>DM</i>	% of wet weight basis				kcal/100 g
	%	PB	EE	Cinza	ENN	GE
		<i>CP</i>	<i>EE</i>	<i>Ash</i>	<i>NFE</i>	(kcal/100 g)
H-440	65,0	47,3	7,8	3,3	41,6	477,1
C-102	55,3	41,5	9,2	3,4	45,9	492,0
NRC	57,8	37,5	4,3	1,7	56,5	476,8
IALL-1	57,6	32,3	5,0	2,6	60,1	433,7
CPAQ-INPA	68,0	32,6	5,1	6,0	56,3	442,6
Carcaça						
<i>Whole-body tissue</i>						
Do grupo inicial	27,0	59,9	23,5	15,9	0,7	486,2
<i>Initial group</i>						
Tratamento 1	25,4	59,6	32,0	9,0	0,0	598,7
<i>Treatment 1</i>						
Tratamento 2	22,1	57,8	30,4	9,7	2,1	567,0
<i>Treatment 2</i>						
Tratamento 3	25,1	56,6	35,6	7,8	0,0	620,8
<i>Treatment 3</i>						
Tratamento 4	25,0	53,6	37,3	7,9	1,2	627,7
<i>Treatment 4</i>						
Tratamento 5	28,8	47,7	38,4	9,5	4,4	634,2
<i>Treatment 5</i>						

¹Energia bruta (EB) determinada em bomba calorimétrica (PARR 121 EA, USA).

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; ENN = extrato não-nitrogenado.

GE = gross energy determined using ballistic bomb calorimeter, PARR 121 EA, USA).

DM = dry matter; CP = crude protein; EE = ether extract; NFE = nitrogen free extract.

Tabela 3 - Composição proximal das dietas experimentais e de amostras de tecidos corporais de juvenis de *P. brachypomus* no segundo experimento, realizado para determinar a dieta de referência para pesquisas em nutrição

Table 3 - Proximate composition of experimental diets and whole-body tissue of juvenile *P. brachypomus* in the 2nd experiment for determining the reference diet for nutrition research studies

Dietas <i>Diets</i>	MS <i>DM</i>	% da matéria seca <i>% of wet weight basis</i>			
	%	PB <i>CP</i>	EE <i>EE</i>	Cinza <i>Ash</i>	ENN <i>NFE</i>
Dieta 1 <i>Diet 1</i>	52,9	29,9	6,2	1,6	62,3
Dieta 2 <i>Diet 2</i>	55,1	30,0	6,9	3,9	59,2
Dieta 3 <i>Diet 3</i>	50,9	31,3	5,9	3,8	59,0
Amostras de tecidos corporais <i>Whole-body tissue</i>					
Do grupo inicial <i>Initial group</i>	19,6	65,9	18,7	14,7	0,7
Tratamento 1 <i>Treatment 1</i>	25,6	57,5	31,3	9,9	1,3
Tratamento 2 <i>Treatment 2</i>	28,9	51,8	33,1	12,8	2,3
Tratamento 3 <i>Treatment 3</i>	27,7	52,8	34,8	9,9	2,6

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; ENN = extrato não-nitrogenado.

DM = dry matter; CP = crude protein; EE = ether extract; NFE = nitrogen free extract.

significativa, ao aumento da proteína, proporcional aos níveis nas dietas experimentais. Os conteúdos de energia tiveram comportamento oposto, menor nos peixes dos tratamentos 1 e 2 quando comparados com os tratamentos 3 a 5; essa tendência foi similar para os lipídios corporais. No segundo experimento, a composição corporal foi homogênea entre tratamentos para os nutrientes analisados.

Na formulação das dietas do primeiro experimento, a principal fonte de variação entre tratamentos foi as proporções de caseína e gelatina usadas; dessa forma, as diferenças observadas nas variáveis resposta analisadas dependeram, em grande parte, destes dois compostos. Nutricionalmente, a caseína é considerada alimento protéico de alto valor biológico e, por essa razão, é amplamente utilizada na fabricação de dietas semipurificadas em estudos de exigências nutricionais em peixes. Apesar de ser deficiente em arginina, em muitas pesquisas tem sido utilizada como única fonte protéica (Dabrowski, 1977; Mazid et al., 1979; Winfree

& Stickney, 1981; Ogata et al., 1983; Shiao et al., 1988; Herold & Hung, 1995), porém com maior frequência em combinação com a gelatina (Santiago & Lovell, 1988; El-Sayed, 1989; Kim et al., 1991; Elangovan & Shim, 1997; Gomes & Gonzáles-Peña, 1997; Shiao, 1997; Erfanullah & Jafri, 1998; Adhan et al., 2000; Ruyter et al., 2000). A composição de aminoácidos da gelatina mostra que ela é desbalanceada em AAE, sendo relativamente abundante em arginina (NRC, 1993). Segundo Lovell (1998), a combinação de caseína e gelatina, por um efeito de complementação, é considerada uma fonte ideal de proteína para uso em dietas semipurificadas. No presente estudo, a mistura de caseína/gelatina nas diferentes proporções em que foram utilizadas, demonstrou ser suficiente para sustentar um aceitável crescimento da pirapitinga, embora as dietas com a menor quantidade desses dois ingredientes tenham sido as que tiveram melhor desempenho quanto às variáveis resposta analisadas.

Nas dietas do segundo experimento, a proporção caseína/gelatina foi constante, sendo então a adição da pré-mistura de macrominerais e de vitamina C a principal fonte de variação entre tratamentos. A troca de óleo vegetal por óleo de peixe na dieta 3, aparentemente teve influência sobre o consumo e sobre o crescimento aumentando-os, mas quanto ao aproveitamento e uso de nutrientes foi igual à dieta base (IALL-1). Os efeitos da suplementação com macrominerais a dieta 2 foram além dos achados com a dieta 3, sendo melhores para todas as variáveis de crescimento e eficiência de uso dos nutrientes analisadas, inclusive comparando-os com os resultados do primeiro experimento. Embora não tenha sido desenvolvida uma mistura de minerais padrão para uso em dietas semipurificadas para peixes, como afirma Lovell (1998), no presente estudo a pré-mistura utilizada aparentemente contribuiu para otimizar o aproveitamento dos nutrientes em termos de um melhoramento dos processos metabólicos (homeóstase, ativação de enzimas e hormônios, entre outros) e fornecimento de materiais básicos para os principais elementos estruturais tais como: esqueleto, sangue e músculo, que se refletiram em maior crescimento e aproveitamento dos nutrientes.

Conclusões

Foi verificado que todas as dietas semipurificadas testadas mostraram aceitável desempenho quanto à palatabilidade, conversão alimentar, crescimento e

eficiência de utilização dos nutrientes ingeridos, porém, a dieta IALL-1, com 32% de proteína bruta e suplementada com macrominerais e vitamina C, produziu os melhores resultados quanto às variáveis de resposta analisadas; dessa forma, a dieta IALL-1 pode ser considerada uma formulação indicada para utilização como dieta referência em estudos de nutrição com *Piaractus brachyomus* e espécies afins.

Agradecimento

À "Universidad de los Llanos" e à COLCIENCIAS, pelo apoio financeiro para sustentar esta pesquisa; ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, pela oportunidade oferecida para a realização do curso de doutorado; ao CNPq, pela bolsa concedida; e ao Dr. Álvaro Wills do laboratório Roche S.A. da Colômbia, pela assessoria e doação das pré-misturas de vitaminas e minerais utilizadas neste experimento.

Literatura Citada

- ARIAS, J.A.; VÁSQUEZ-TORRES, W. **Ampliación del conocimiento biológico de *Colossoma sp.* (Characidae) en ambientes naturales de la cuenca del Río Meta.** Villavicencio, Universidad de los Llanos-Colciencias (Meta). 1988. 121p. (Informe de Campo)
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods for analysis.** 14.ed. Arlington: 1984. 1108p.
- ADHAN, K.G.; GASHEM, H.O.; ABU-SHAABANA, M.B. et al. Vitamin C deficiency in the catfish *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Nutrition**, v.6, p.129-139, 2000.
- BARAS, E.; MÉLARD, C.; GRINGNARD, J.C. et al. Comparison of food conversion by pirapitinga *Piaractus brachyomus* under different feeding times. **The Progressive Fish-Culturist**, v.58, p.59-61, 1996.
- BRITZ, P.J.; HECHT, T. Effect of dietary protein and energy level on growth and body composition of Sout African abalone, *Haliotis midae*. **Aquaculture**, v.156, p.195-210, 1997.
- CHIU, Y.N. Considerations for feeding experiments to quantify dietary requirements of essential nutrients in fish. In: FISH NUTRITION RESEARCH IN ASIA. ASIAN FISH NUTRITION NETWORK MEETING, 3., 1989, Manila, Philippines. **Proceedings...** Manila: 1989. p.46-57. (Asian Fish. Soc. Espec.)
- CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. **Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development.** Ottawa: IDRC, 1985. 154p.
- CUENCA, M.; GARCIA-GALLEGO, M. Ingesta y conducta alimentaria. In: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAYCIT). **Nutrición en acuicultura I.** Madrid: 1987. p.1-65.
- DABROWSKI, K. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). **Aquaculture**, v.12, p.63-73, 1997.

- DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture.** London: Chapman & Hall. London, 1995. 319p.
- ELANGOVA, A.; SHIM, K.F. Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. **Aquaculture**, v.158, p.321-329, 1997.
- EL-SAYED, A.-F.M. Evaluation of semipurified test diets for *Tilapia Zillii* fingerlings. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.20, n.4, p.240-244, 1989.
- ERFANULLA, H.; JAFRI, A.K. Growth rate, feed conversion, and body composition of *Catla catla*, *Labeo rohita*, and *Cirrhinus mrigala* fry fed diets of various carbohydrate-to-lipid ratios. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.29, n.1, p.85-91, 1998.
- FAO. The state of world fisheries and aquaculture 1998. Rome: 1999. 136p.
- GARCIA-GALLEGO, M.; BAZOCO, H.J.; AKHARBACH, H. et al. Utilization of different carbohydrates by the European eel (*Anguilla anguilla*). **Aquaculture**, v.124, p.99-108, 1994.
- GOMES, S.Z.; GONZÁLEZ-PEÑA, M.C. Dieta de referência para estudo de nutrição com o camarão de água doce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.853-857, 1997.
- GUTIERREZ, W. et al. Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachyomus* (Pisces Characidae). **Folia Amazônica**, v.8, n.2, p.35-45, 1996.
- HEROLD, M.A.; HUNG, S.S.O. Apparent digestibility coefficients of carbohydrates for white sturgeon. **The Progressive Fish-Culturist**, v.57, p.137-140, 1995.
- KIM, K.-I.; KAYES, T.B.; AMUDDSON, C.H. Purified diet development and re-evaluation of the dietary protein requirement of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.96, p.57-67, 1991.
- LI, Y.; LOVELL, R.T. Elevated level of dietary vitamin C increases immune responses in channel catfish. **Journal of Nutrition**, v.115, p.123-131, 1985.
- LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish.** Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 267p.
- MAZID, M.A.; TANAKA, Y.; KATAYAMA, T. et al. Growth response of *Tilapia zillii* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. **Aquaculture**, v.18, p.115-122, 1979.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of fish.** Washington. D.C.: National Academic Press, 1993. 115p.
- OGATA, H.; ARAI, S.; NOSE, T. Growth responses of Cherry Salmon *Oncorhynchus masou* and Amago Salmon *O. rhodurus* fry fed purified casein diets supplemented with amino acid. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.49, n.9, p.1381-1385, 1983.
- PARKER, N.C. Feed conversion indices: controversy or convention. **The Progressive Fish-Culturist**, v.49, n.3, p.161-166, 1987.
- PERAGÓN, J. Dietary protein effects on growth and fractional protein synthesis and degradation rates in liver and white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.124, p.35-46, 1994.
- PIEPER, A.; PFEFFER, E. Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R.). **Aquaculture**, v.20, p.323-332, 1980.
- REIS, L.M.; REUTEBUCH, E.M.; LOVELL, R.T. et al. Protein-to-energy ratios in production diets and growth, feed conversion and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.77, p.21-27, 1989.

- RUYTER, B.; ROSJO, C.; EINEM, O. et al. Essential fatty acids in Atlantic salmon: time course of changes in fatty acids composition of liver, blood and carcass induced by a diet deficient in n-3 and n-6 fatty acids. **Aquaculture Nutrition**, v.6, p.109-117, 2000.
- SAMANTARAY, K.; MOHANTY, S.S. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Chana striata*. **Aquaculture**, v.156, p.241-249, 1997.
- SANTIAGO, C.B.; LOVEL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1998.
- SHEARER, K.; CHIRSTIANSEN, R.; DAAE, B. et al. **Evaluation of four semi-purified test diets for juvenile atlantic salmon (*Salmo salar*)**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FISH NUTRITION IN PRACTICE, 4., 1991, Biarritz (France). **Proceedings...** Biarritz: Institut National de la Recherche Agronomique, 1991. p.913-921.
- SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. **Aquaculture**, v.151, p.79-96, 1997.
- SHIAU, S.Y.; LING YU, H.; HWA, S. et al. The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. **Aquaculture**, v.70, p.345-354, 1988.
- TACON, A.G.J. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. - A training manual. 3. Feeding methods**. Brasília: FAO, 1988. 208p.
- TIBALDI, D.; LANARI, D. Optima dietary lysine levels for growth and protein utilization of fingerling sea bass (*Discentrarchus labrax* L.) fed semipurified diets. **Aquaculture**, v.95, p.297-304, 1991.
- TWIBELL, R.G.; BROWN, P.B. Optimal dietary protein concentration for hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* fed all-plant diets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.29, n.1, p.9-16, 1998.
- WINFREE, R.; STICKNEY, R.R. Effect of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, v.111, n.6, p.1001-1101, 1981.

Recebido em: 24/11/00

Aceito em: 01/10/01