

Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)¹

João Batista Kochenborger Fernandes², Dalton José Carneiro³, Nilva Kazue Sakomura⁴

RESUMO - Este experimento foi conduzido, por um período de 100 dias, com o objetivo de estudar diferentes fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu. Foram utilizados 252 juvenis de pacu, distribuídos em 36 caixas de cimento amianto com volume de 150 litros, sendo estocados sete peixes em cada unidade. Durante o período experimental, a temperatura média da água permaneceu em 28°C e os demais parâmetros limnológicos (oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade e condutividade) apresentaram-se dentro dos níveis adequados para o desenvolvimento desta espécie. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, no qual foram avaliados nove tratamentos em esquema fatorial 3 x 3, sendo três níveis de substituição da fonte protéica de origem animal (farinha de peixe), pela fonte de origem vegetal (farelo de soja), aos níveis de 0, 50 e 100% e três níveis de proteína bruta (18, 22 e 26%). Os resultados obtidos indicaram que o nível de 22% de proteína bruta foi mais adequado e a farinha de peixe pode ser substituída parcial ou totalmente pelo farelo de soja. A substituição da farinha de peixe por farelo de soja proporcionou os melhores coeficientes de digestibilidade, sem afetar ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência protéica dos juvenis. Esta substituição também não afetou a composição corporal dos peixes, como a eficiência de retenção de nitrogênio, nitrogênio corporal, gordura corporal e nitrogênio e gordura no ganho de peso.

Palavras-chave: digestibilidade, fontes de proteína, pacu, peixes, níveis de proteína

Sources and Levels of Crude Protein in Diets for Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Fingerlings

ABSTRACTS - The experiment was carried out, during 100 days, to study different crude protein sources and levels of diets for pacu fingerlings. Two hundred and fifty two pacu fingerlings were assigned to 36 aquariums, containing seven fishes, with 150 liters of water. During the experimental period, the average temperature of the water was 28°C and other limnology parameters (dissolved oxygen, pH, alkalinity and conductivity) remained within the levels adopted for the good development of this specie. The experimental design consisted of randomized blocks, with nine treatments in a 3 x 3 factorial arrangement with three sources of animal protein (fish meal) replaced by vegetable protein (soybean meal) at the level of 0, 50 and 100% and three protein levels (18, 22 and 26%). The results showed that 22% of crude protein was better and the fish meal can be partially or totally replaced for soybean meal showing the best digestibility coefficients without affecting fishes performance concerning weight gain, feed:gain ratio conversion, specific growth rate and protein efficiency rate. The protein source replacement did not affect the body composition, nitrogen retention efficiency, body nitrogen, body fat and nitrogen and fat in the weight gain.

Key Words: fish, pacu, protein levels, protein sources, digestibility

Introdução

Na natureza, o pacu tem uma dieta muito diversificada, variando em função da sazonalidade e, conseqüentemente, da disponibilidade de alimento. SILVA (1985) relatou que o tipo de alimento observado no estômago do pacu é constituído principalmente de folhas, resíduos vegetais, assim como de restos e esqueletos de peixes, podendo ser caracterizado como um peixe onívoro.

A farinha de peixe, devido a seu elevado valor nutritivo e palatabilidade, tem sido tradicionalmente

utilizada nas rações comerciais para peixes. Contudo, devido ao alto custo das fontes protéicas, associado à poluição ambiental em função do uso excessivo das fontes nitrogenadas nas dietas, há a necessidade de reavaliação tanto das fontes como dos níveis de proteína a serem utilizadas em formulações comerciais (SILVA e ANDERSON, 1995). Assim, o farelo de soja pode ser um sucedâneo para a farinha de peixe, uma vez que apresenta o perfil de aminoácidos mais favorável e palatabilidade para a maioria dos peixes. Além disso, está disponível na maioria dos mercados mundiais a um custo inferior ao da farinha de peixe.

¹ Parte da tese de Doutorado em Aqüicultura do primeiro autor apresentada ao Centro de Aqüicultura da UNESP.

² Zootecnista, técnico especializado em piscicultura do Centro de Aqüicultura da UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, km 5, 14870-000, Jaboticabal, SP. E.mail: jbatista@caunesp.unesp.br

³ Zootecnista, professor do Centro de Aqüicultura da UNESP. E.mail: daltonjc@caunesp.unesp.br

⁴ Zootecnista, professora do Departamento de Zootecnia da FCAV-UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, km 5, 14870-000, Jaboticabal, SP. E.mail: sakomura@fcav.unesp.br

Dessa forma, são necessários mais estudos sobre as exigências e fontes protéicas na alimentação do pacu, visando otimizar o seu desempenho. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a substituição da farinha de peixe por farelo de soja, a digestibilidade e os níveis de proteína em dietas para juvenis desta espécie.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, do Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal-SP, por um período de 100 dias. Foram utilizados 252 alevinos de pacu, distribuídos em 36 caixas de cimento amianto, com capacidade volumétrica de 150 litros, na proporção de 7 peixes/caixa. Foi realizado o monitoramento da qualidade da água dos aquários experimentais por intermédio de análises físicas e químicas, com leituras de temperatura diárias e, semanalmente, foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH), a alcalinidade total (mg de CaCO_3/L), a condutividade elétrica (mSiemens/cm) e o oxigênio dissolvido (mg O_2/L), de acordo com o recomendado por POMEROY e KIRSCHIMAN (1945) e GOLTERMAN et al (1978).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro blocos, para controlar as diferenças dos pesos iniciais que estavam entre 79,99

e 144,31 gramas. Cada repetição foi constituída por sete peixes. Foram testados nove tratamentos em esquema fatorial 3 x 3, sendo três níveis de proteína bruta (18, 22 e 26%) e três níveis de substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja (0, 50 e 100%). De acordo com as análises prévias da composição química dos ingredientes (Tabela 1), foram formuladas nove dietas isocalóricas (4200 kcal EB/kg) com três níveis de proteína bruta e três níveis de substituição da farinha de peixe por farelo de soja, conforme composição das rações apresentadas na Tabela 2.

Para avaliar a eficiência das dietas experimentais, foram determinados alguns parâmetros de desempenho dos peixes, como o consumo, o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica. Também foram realizadas avaliações na composição corporal dos peixes (água, nitrogênio e gordura), assim como a taxa de eficiência de retenção de nitrogênio, porcentagem de nitrogênio e gordura no ganho de peso. Foi determinada a digestibilidade da fração protéica das rações experimentais, por intermédio da metodologia descrita por FURUKAWA e TSUKAHARA (1966).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ESTAT, desenvolvido na FCAV/UNESP-Jaboticabal, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = B_i + F_j + P_k + F.P_{jk} + E_{ijk}$$

em que Y_{ijk} = variável estudada referente ao bloco i,

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados nas rações experimentais
Table 1 - Chemical composition of ingredients used in the experimental diets

Composição química <i>Chemical composition</i>	Unidade <i>Unit</i>	Ingrediente <i>Ingredient</i>							
		Far. peixe <i>Fish meal</i>	Far. soja <i>Soybean meal</i>	Far. arroz <i>Rice bran</i>	Far. trigo <i>Wheat bran</i>	Milho <i>Corn</i>	Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	Sal <i>Salt</i>
Matéria seca <i>Dry matter</i>	%	91,45	87,22	86,94	85,71	87,21	-	-	-
Proteína bruta <i>Crude protein</i>	%	55,21	47,29	13,16	16,19	8,81	-	-	-
Energia bruta <i>Gross energy</i>	kcal/kg	4012	4303	4638	4165	3930	9100	-	-
Extrato etéreo <i>Ether extract</i>	%	7,77	2,39	15,17	3,57	4,47	100	-	-
Extrato não-nitrogenado <i>Nitrogen free extract</i>	%	2,74	26,1	38,08	54,31	71,18	-	-	-
Matéria mineral <i>Ashes</i>	%	25,73	6,32	10,22	4,35	1,26	-	-	-
Ca	%	6,10	0,36	0,11	0,12	0,02	-	23,30	-
P	%	3,00	0,55	1,59	0,87	0,27	-	18,50	-
Cl	%	0,99	0,04	0,08	0,04	0,05	-	-	60,66
Na	%	0,30	0,09	0,04	0,04	0,02	-	-	39,34

Tabela 2 - Composição percentual e calculada das dietas experimentais
 Table 2 - Percentual and calculated composition of experimental diets

Ingredientes <i>Ingredients</i>	FP ³ 18	FP 22	FP 26	FP/ FS ⁴ 18	FP+FS 22	FP+FS 26	FS ⁵ 18	FS 22	FS 26
Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	14,40	22,00	33,11	7,79	13,25	17,65	-	-	-
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	-	-	-	8,86	14,90	20,70	17,36	29,43	41,60
Farelo de arroz <i>Rice bran</i>	1,78	29,40	28,40	12,14	18,14	10,05	20,00	15,00	10,00
Farelo de trigo <i>Wheat bran</i>	37,49	24,30	10,00	26,01	10,40	12,00	25,00	20,00	14,46
Milho <i>Corn</i>	42,05	22,80	26,64	41,70	40,21	36,00	34,99	32,30	30,00
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	3,58	0,50	1,00	2,50	2,00	2,50	1,20	1,49	1,81
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	-	-	-	-	-	-	0,40	0,75	1,11
Sal (NaCl) <i>Salt</i>	-	0,30	0,15	0,30	0,40	0,40	0,35	0,33	0,32
Sup. vitamínico ¹ <i>Vitamin premix</i>	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Sup. mineral ² <i>Mineral premix</i>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada/Analisada <i>Calculated/Analyzed composition</i>									
Matéria seca <i>Dry matter</i>	91,08	91,11	91,65	91,62	91,34	91,21	92,00	90,60	90,29
Proteína bruta <i>Crude protein</i>	18,00	21,97	26,00	18,01	22,00	26,00	18,00	22,00	26,00
Extrato etéreo <i>Ether extract</i>	8,18	8,61	9,49	7,97	8,34	7,95	7,10	6,66	6,20
ENN ⁶ <i>Nitrogen free extract</i>	51,37	41,22	36,11	50,95	45,43	41,85	50,63	47,24	43,87
Cálcio <i>Calcium</i>	0,93	1,41	2,07	0,74	0,90	1,18	0,21	0,32	0,44
Fósforo <i>Phosphorus</i>	0,90	1,40	1,60	0,81	0,97	1,00	0,80	0,80	0,80Y
Energia bruta (kcal/kg) <i>Gross energy</i>	4200	4200	4200	4200	4200	4207	4200	4200	4207
Fibra bruta <i>Crude fiber</i>	3,55	4,68	3,64	4,03	3,70	3,37	4,94	4,73	4,47
Metionina+Cistina <i>Methionine+Cystine</i>	0,69	0,85	1,03	0,64	0,78	0,91	0,59	0,69	0,79
Lisina <i>Lysine</i>	1,01	1,40	1,84	0,94	1,31	1,64	0,84	1,13	1,41
Treonina <i>Threonine</i>	0,69	0,88	1,09	0,68	0,87	1,03	0,66	0,81	0,97
Triptofano <i>Tryptophan</i>	0,23	0,28	0,32	0,23	0,28	0,34	0,24	0,30	0,35

¹ Suplemento vitamínico (*Vitamin premix*): Vit. A - 12.000 UI; Vit.D₃ - 2000 UI; Vit.E - 20 UI; Vit.K₃ - 5 mg; Vit.B₁₂ - 25 mg; Tiamina (*Tiamin*) (Vit.B₁), 2 mg; Riboflavina (*Riboflavin*) (Vit. B₂), 8 mg; Piridoxina (*Pyridoxin*) (Vit. B₆), 2 mg; Biotina (*Biotin*) 100 mg; Ácido fólico (*Folic acid*), 0,5 mg; Ácido pantotêmico (*Pantotenic acid*), 15 mg; Niacina (*Niacin*), 40 mg; Colina (*Coline*), 350 mg.

² Suplemento mineral (*Mineral premix*): Fe, 40 mg; Cu, 8 mg; Mn, 70 mg; Co, 0,5 mg; I, 2 mg; Se, 0,2 mg e Zn, 50 mg.

³ Farinha de peixes (*Fish meal*).

⁴ Farinha de peixe+farelo de soja (*Fish meal + soybean meal*).

⁵ Farelo de soja (*Soybean meal*).

⁶ Extrato não-nitrogenado (*Nitrogen free extract*).

fonte j , nível k e interação $F \times P$; B_i = efeito do bloco $i = 1, 2, 3, 4$; F_j = efeito da fonte de proteína, $j = 1, 2, 3$; P_k = efeito do nível de proteína, $k = 1, 2, 3$; $F.P_{jk}$ = efeito do nível da interação da fonte j e nível k ; E_{ijk} = erro aleatório associado à observação do i -ésimo bloco, j -ésimo fonte de proteína e k -ésimo nível de proteína, $i=1-4$, $j=1-3$ e $k=1-3$.

As médias das variáveis estudadas foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).

Resultados e Discussão

Parâmetros limnológicos da água dos aquários experimentais

O teor médio de oxigênio dissolvido, durante o período experimental, foi de 3,91 mg/L. Segundo BOYD (1982), os valores obtidos atendem perfeitamente as exigências dos peixes. Da mesma forma, o potencial hidrogeniônico (pH) manteve-se dentro dos padrões recomendados pelo mesmo autor e por CASTAGNOLLI e CYRINO (1986), ou seja, valores entre 6,90 e 7,56. Os níveis de alcalinidade total e

condutividade elétrica da água ficaram entre 91,33 e 94,66 mg de CaCO_3/L e entre 180,00 e 192,22 mS/cm, respectivamente. Os valores de alcalinidade apresentaram-se dentro dos limites preconizados por TAVARES (1995). Contudo, os resultados da condutividade elétrica foram elevados, provavelmente em função da alta presença de íons de cálcio na água de abastecimento dos aquários experimentais. A temperatura da água dos aquários experimentais apresentou-se adequada para os peixes tropicais, ficando as médias entre 27,20 e 28,44°C. Estes valores foram semelhantes aos obtidos por TORLONI et al. (1984) e CARNEIRO (1990), que observaram os melhores parâmetros de desempenho para alevinos de pacu com temperaturas entre 26,7 e 28,8°C e 28 e 32°C, respectivamente.

Desempenho produtivo dos juvenis

Os resultados de desempenho de juvenis de pacu são apresentados na Tabela 3. Observa-se que as fontes e os níveis de proteína avaliados não interferiram no consumo de ração ($P > 0,05$). Isto pode ser

Tabela 3 - Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas no desempenho do pacu
Table 3 - F values, coefficient of variation (CV) and performance means of pacu

Estatística Statistic	Parâmetros Parameters				
	Consumo Intake	GP WG	TCE SGR	Peso Weight	CA FC
F Bloco Block F	3,2425*	0,8390 ^{ns}	5,2319**	29,0339**	0,9212 ^{ns}
Fonte de proteína (FP) Protein source	1,3873 ^{ns}	2,3249 ^{ns}	1,7060 ^{ns}	1,7773 ^{ns}	0,7291 ^{ns}
Nível de proteína (NP) Protein level	0,5610 ^{ns}	1,1599 ^{ns}	1,2185 ^{ns}	0,9026 ^{ns}	1,2451 ^{ns}
Interação FP x NP Interaction FP x NP	1,9707 ^{ns}	0,18433 ^{ns}	0,2429 ^{ns}	0,9630 ^{ns}	0,2656 ^{ns}
CV (%)	10,27	31,74	28,67	9,50	35,35
Fontes Sources	Média Mean				
Farinha de peixe Fish meal	148,30	38,97	0,31	151,21	3,93
Far. peixe + Far. soja Fish meal + Soybean meal	158,97	51,75	0,38	162,67	3,31
Farelo de soja Soybean meal	154,79	43,75	0,33	162,67	3,74
Níveis Levels					
18% PB (CP)	157,93	39,68	0,31	152,48	4,14
22% PB (CP)	152,53	48,39	0,36	159,98	3,51
26% PB (CP)	151,60	46,38	0,34	159,09	3,34

^{ns} não-significativo (not significant); * ($P < 0,05$); ** ($P < 0,01$).

GP - ganho de peso (WG - weight gain); TCE - taxa de crescimento específico (SGR - specific growth rate); CA - conversão alimentar (F/G - feed:gain ratio).

explicado pelo fato de que as rações eram isoenergéticas, uma vez que o nível energético da dieta pode limitar o consumo dos peixes (CARNEIRO, 1990). VIDAL JR. (1995), avaliando as exigências protéicas de tambaqui (*Colossoma macropomum*), também não detectou diferenças no consumo de ração com o aumento do nível proteína na dieta desta espécie.

Apesar de não ocorrerem diferenças estatísticas entre as fontes protéicas testadas, os peixes que receberam a farinha de peixe (FP) como principal fonte protéica, apresentaram ganho de peso numericamente inferior (38,97 g) em relação àqueles que receberam farelo de soja (43,75 g), enquanto a mistura farinha de peixe mais farelo de soja (FP+FS) possibilitou tendência de melhores resultados (51,75 g). Isto pode ser explicado pelo fato de a ração FP+FS apresentar melhor perfil de aminoácidos essenciais e também pela melhora dos níveis de cálcio e fósforo permitindo, desta forma, melhor atendimento das exigências nutricionais e, conseqüentemente, maior ganho de peso dos peixes. Resultados semelhantes foram obtidos por VIOLA et al. (1982), que, substituindo a farinha de peixe por farelo de soja até o nível de 45%, não encontraram prejuízos no desempenho de carpas (*Cyprinus carpio*). Posteriormente, VIOLA et al. (1988) conseguiram resultados semelhantes com tilápias híbridas (*Oreochromis niloticus x O. aureus*). GOMES et al. (1995) obtiveram os melhores resultados de ganho de peso com trutas, substituindo em até 66% a farinha de peixe das dietas pelo farelo de soja. Em relação aos níveis protéicos avaliados, não foi observada diferença estatística entre os ganhos de peso. Todavia, houve tendência de o nível de 22% PB apresentar os melhores ganhos, corroborando os resultados obtidos por ROUBACH e SAINT-PAUL (1994), que, ao testarem o uso de frutas e sementes na dieta de tambaqui, verificaram que os melhores resultados foram obtidos com as dietas que apresentaram 21,3% PB. A redução do ganho de peso verificada com o aumento do nível protéico da dieta pode estar relacionada à baixa quantidade de energia não protéica ou então à redução de energia disponível para o crescimento, devido ao maior requerimento energético para deaminação e excreção do excesso de aminoácidos presentes nas dietas com altos níveis protéicos.

Apesar de não apresentar diferenças significativas, a ração com FP+FS também tendeu a apresentar os melhores resultados para a taxa de crescimento específico (TCE). Da mesma forma, EYO e NGUGU

(1990) obtiveram os melhores resultados da TCE, quando a farinha de peixe foi substituída em até 50% pelo farelo de soja, em pesquisas com *Clarias anguillares*. Segundo estes autores, isto ocorre em função de as rações apresentarem adequado perfil de aminoácidos e melhor palatabilidade nas dietas que apresentam a farinha de peixe em sua composição. Também não houve diferenças significativas entre os níveis protéicos testados sobre a TCE. Apesar de o perfil de aminoácidos das dietas estar muito semelhante aos recomendados para peixes tropicais onívoros (NRC, 1983), em todos os níveis protéicos avaliados o índice mais baixo apresentou os piores resultados, sendo que o melhor resultado numérico foi o de 22% PB.

Ao analisar a Tabela 3, verifica-se que, mesmo não apresentando diferenças significativas entre as fontes protéicas avaliadas para peso dos peixes, observa-se nítida tendência de que os melhores resultados foram para as dietas contendo farelo de soja na sua composição. As dietas compostas pelo farelo de soja apresentaram maiores teor de fibras e concentração de carboidratos. O pacu, por ser onívoro, apresenta grande capacidade no aproveitamento destes nutrientes, refletindo, desta forma, no seu desempenho.

Os níveis de proteína testados não proporcionaram diferenças significativas ($P>0,05$) nos pesos dos peixes. Entretanto, o nível de 18% PB proporcionou pesos numericamente inferiores. Para os níveis de 22 e 26% PB, os pesos obtidos foram muito semelhantes. Estes resultados sugerem que o nível de 18% PB não foi suficiente para atender as exigências do pacu nesta fase e o nível de 22% PB foi adequado para a espécie. MACEDO et al. (1981) também constataram que os melhores resultados para o tambaqui foram obtidos com o nível de 22% PB, em dietas isocalóricas (3600 kcal/kg). Entretanto, CARNEIRO (1983) concluiu que os pacus alimentados com uma dieta contendo 3200 kcal/kg de energia metabolizável e 26% PB tiveram os melhores resultados de crescimento.

Estes resultados corroboram os obtidos no presente experimento para ganho de peso e taxa de crescimento específico que o nível de 22% de proteína bruta foi suficiente para atender as exigências do pacu nesta fase.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 3, pode-se constatar que as fontes e níveis de proteína estudados não afetaram estatisticamente a conversão alimentar ($P>0,05$). Isto pode ser atribuído à grande variação entre as repetições, indicada pelos elevados coeficientes de variação. Convém salientar que a mistura FP+FS proporcionou melhor conversão

alimentar, confirmando os resultados obtidos para o ganho de peso. SHIAU et al. (1989), trabalhando com machos de tilápia, observaram valores de conversão alimentar menores para uma substituição de até 67% da proteína da farinha de peixe por farelo de soja em dietas com 24% PB.

Quanto aos níveis protéicos estudados, observa-se que os níveis mais elevados proporcionaram conversões alimentares numericamente inferiores, indicando que, nos níveis de 22 e 26%PB, o aproveitamento das rações foi mais eficiente. CARNEIRO et al. (1995) obtiveram os melhores resultados de conversão alimentar nas dietas com 22% PB, para os juvenis de pacu. Também BERGER e HALVER (1986), DEGANI et al. (1989) e EL-SAYED e TESHIMA (1992) constataram piores na conversão alimentar, à medida que se elevou o nível protéico nas rações dos peixes.

Composição corporal e eficiência de utilização da proteína bruta pelos peixes

As fontes de proteína avaliadas não proporcionaram diferenças significativas na taxa de eficiência protéica (TEP) nesta investigação (Tabela 4). WEBSTER et al. (1992) também não constataram diferenças para as taxas de eficiência protéica, quando testaram os níveis de 48, 55, 62 e 69% de substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para o catfish. Apesar de apresentar TEP mais baixa em relação aos alevinos, os juvenis de pacu mostram-se também aptos em aproveitar a fração protéica dos alimentos, visto que na natureza esta espécie é muito oportunista, alimentando-se dos mais variados alimentos, como folhas, frutos, sementes, insetos, crustáceos e até mesmo pequenos peixes (PAULA et al., 1986).

Os níveis de proteína testados também não afetaram significativamente a TEP, porém, houve tendência

Tabela 4 - Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas na utilização de proteína e composição corporal de pacu

Table 4 - F values, coefficients of variation (CV) and means of protein utilization and body composition of pacu

Estatística Statistic	Parâmetros Parameters						
	TEP PER	Água Water	Proteína Protein	Gordura Fat	ERN NER	NGP WGN	GGP WGF
F Bloco Block F	0,1784 ^{ns}	0,7822 ^{ns}	2,0327 ^{ns}	0,4881 ^{ns}	9,0854 ^{**}	12,1488 ^{**}	7,5648 ^{**}
Fonte de proteína (FP) Protein source	0,9695 ^{ns}	0,1072 ^{**}	3,2415 ^{ns}	0,6325 ^{ns}	2,9696 ^{ns}	2,0421 ^{ns}	0,0785 ^{ns}
Nível de proteína (NP) Protein level	0,4898 ^{ns}	0,3802 ^{**}	8,6342 ^{**}	0,4584 ^{ns}	0,2369 ^{ns}	2,8193 ^{ns}	1,9560 ^{ns}
Interação FP x NP Interaction FP x NP	0,3069 ^{ns}	0,2499 ^{ns}	2,0483 ^{ns}	1,7776 ^{ns}	0,4899 ^{ns}	0,7630 ^{ns}	1,1881 ^{ns}
CV (%)	30,73	6,58	3,72	11,49	33,27	22,07	28,55
Fontes Sources	Média Mean						
Farinha de peixe Fish meal	1,32	68,86	55,84	32,05	19,55	2,59	12,88
Far. peixe + Far. soja Fish meal + Soybean meal	1,52	69,60	53,79	32,80	26,60	2,78	13,49
Farelo de soja Soybean meal	1,31	68,86	55,30	31,12	26,35	3,10	13,18
Níveis Levels							
18% PB (CP)	1,43	70,02	53,34 ^b	32,82	23,83	2,58	14,81
22% PB (CP)	1,44	68,83	54,79 ^{ab}	31,62	25,43	2,74	12,94
26% PB (CP)	1,29	68,48	56,80 ^a	31,54	23,24	3,16	11,80

^{ns} não-significativo (not significant); ^{**} (P<0,01).

TEP - taxa de eficiência protéica (PER - protein efficiency rate); ERN - eficiência de retenção de nitrogênio (NER - nitrogen retention efficiency); NGP - nitrogênio no ganho de peso (WGN - weight gain nitrogen); GGP - gordura no ganho de peso (WGF - weight gain fat).

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Means, within a column, followed by different letters are different (P<0.05) by Tukey test.

de o nível de 22% PB apresentar os melhores resultados da TEP, indicando que os peixes aproveitaram melhor a proteína da dieta, quando adicionadas neste nível. BRENNER (1988) e VIDAL JR. (1995), da mesma forma, verificaram que os peixes apresentaram valores mais elevados da TEP, quando receberam dietas com menor conteúdo de proteína bruta. Paparaskeva-Papoutsoglou e Alexis (1986), citados por BRENNER (1988), observaram que a TEP melhorou com o aumento do nível de amido da dieta, indicando que a proteína foi poupada, para o crescimento, mediante utilização dos carboidratos como energia, o que pode ter ocorrido neste estudo.

As fontes de proteína estudadas não ocasionaram interferências significativas na composição de água, proteína e gordura corporal ($P>0,05$). Da mesma forma, SMITH et al. (1988), avaliando a composição de carcaça e sabor da truta arco-íris, alimentadas com dietas contendo fontes de proteína animal e vegetal, não observaram diferenças na composição de água corporal dos peixes (em média 69%). Os valores obtidos no presente estudo foram semelhantes aos determinados por estes autores.

Outros pesquisadores também não encontraram diferenças significativas na proteína corporal, quando estudaram a substituição parcial ou total da farinha de peixe pelo farelo de soja (VIOLA et al., 1982; BALOGUN e OLOGHOBO, 1989 e DAVIES et al., 1989).

Com relação aos níveis de proteína bruta testados, os valores de água corporal obtidos neste trabalho, foram um pouco inferiores aos observados por DEGANI et al. (1989), que, analisando o efeito de diferentes níveis de proteína para o bagre africano (*Clarias gariepinus*), encontraram valores de 72,79 a 74,57%. Da mesma forma, como ocorrido nesta investigação, estes autores não detectaram diferenças significativas entre os níveis estudados.

Por outro lado, os níveis de proteína testados na dieta proporcionaram diferenças significativas sobre a proteína corporal. Os aumentos dos níveis protéicos da dieta proporcionaram elevação dos teores de proteína corporal. Resultados semelhantes foram obtidos por VAN DER MEER et al. (1996), que, estudando o efeito dos níveis de proteína da dieta sobre o crescimento do tambaqui, observaram que, à medida que o nível de PB na dieta se elevou, houve aumento da proteína bruta corporal. Também ocorreu tendência de decréscimo de gordura corporal, com o aumento da PB da dieta, provavelmente em função da utilização da gordura da dieta como fonte energética, provocando ação economizadora das pro-

teínas para esta finalidade, habilidade que o pacu tem capacidade de realizar com sucesso. HERNANDES et al. (1995), ao investigarem os efeitos das fontes de energia sobre a utilização de proteína, pelo tambaqui, observaram diminuição da gordura corporal, à medida que o nível de proteína dietária aumentou. Segundo HAELVER (1976), não são todas as espécies de peixes que conseguem metabolizar eficientemente as várias fontes lipídicas, por não possuírem capacidade específica de transformar ácidos graxos de cadeia curta em ácidos graxos de cadeia longa presente nos tecidos dos peixes. Estes resultados indicam que a proteína da dieta foi utilizada para a deposição de proteína corporal, e não como fonte energética para deposição de gordura corporal.

Com relação à eficiência de retenção de nitrogênio (ERN), à porcentagem de nitrogênio no ganho de peso (NGP) e à porcentagem de gordura no ganho de peso (GGP) dos juvenis de pacu, ao final do experimento, verificou-se que as fontes de proteína testadas não proporcionaram diferenças significativas ($P>0,05$). No entanto, observa-se tendência de FP+FS apresentarem os maiores índices de ERN. Estes resultados reforçam os obtidos para o desempenho, mostrando que os peixes tiveram melhor aproveitamento da proteína das dietas formuladas com farelo de soja e a mistura FS+FP, podendo estar relacionado com o melhor balanceamento de aminoácidos nestas rações, uma vez que houve excesso destes ingredientes na ração formulada apenas com a farinha de peixe. Em estudo sobre a substituição total da FP pelo FS suplementado com metionina, KUBITZA (1990) observou que os valores mais elevados de ERN ($P<0,05$) foram obtidos na dieta controle, composta por FP+FS, diferindo das demais dietas compostas por FS, suplementadas ou não com metionina. Os níveis de PB da dieta não afetaram ($P>0,05$) a ERN, embora, aparentemente, as rações contendo 22% de PB proporcionaram os melhores índices. Segundo HERNANDEZ et al. (1995), a ERN tende a apresentar melhores resultados nas dietas com menor nível de PB. VIDAL JR. (1995) relatou que o decréscimo da ERN, com o aumento do nível protéico das dietas, pode estar associado à falta de energia de fonte não-protéica (baixa relação EM:PB), nos níveis mais elevados de proteína bruta, nas dietas teste.

Também não ocorreram diferenças significativas entre fontes e níveis de proteína para a porcentagem de nitrogênio no ganho de peso (NGP) e porcentagem de gordura no ganho de peso (GGP). No entanto, nota-se que a ração formulada com o FS apresentou taxa de NGP

numericamente maior. Isto ocorreu, provavelmente, em função desta dieta proporcionar melhor balanceamento dos aminoácidos. Os níveis de proteína avaliados também não apresentaram efeitos estatísticos sobre a porcentagem de nitrogênio no ganho de peso. Entretanto, observa-se que, à medida que o nível protéico da dieta foi elevado, houve aumento no NGP. Os mesmos efeitos foram verificados para a composição da proteína corporal.

Ao contrário, observa-se tendência de redução nos níveis de GGP, à medida que o nível protéico da dieta é aumentado. CARNEIRO (1990), estudando níveis de proteína e energia sob diferentes temperaturas, para o pacu, observou também redução no GGP com aumento da proteína dietária.

Digestibilidade aparente da proteína bruta das rações

As análises (Tabela 5) revelam que os dois fatores estudados, assim como a sua interação, apresentaram efeitos estatisticamente significativos ($P < 0,01$). Analisando a Tabela 6, constata-se que a interação das fontes e níveis protéicos mostrou que houve comportamento diferente dos níveis protéicos, dentro de cada fonte testada. As dietas contendo farinha de peixe como principal fonte protéica não tiveram os coeficientes de digestibilidade acrescidos com a elevação do

Tabela 5 - Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas nos coeficientes de digestibilidade (%) das rações experimentais do pacu

Table 5 - F values, coefficients of variation (CV) and means on the coefficients of digestibility (%) for experimental diets of pacu

Estadística <i>Statistic</i>	Valores <i>Values</i>	
F Bloco <i>Block F</i>	1,3888 ^{ns}	
Fonte de proteína (F) <i>Protein source</i>	24,8136 ^{**}	
Nível de proteína (N) <i>Protein level</i>	6,6117 ^{**}	
Interação F x N <i>Interaction FP x NP</i>	8,5118 ^{**}	
CV (%)	5,46	
	Média <i>Mean</i>	
	Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	63,12
Fontes <i>Sources</i>	Farinha de peixe + Farelo de soja <i>Fish meal + Soybean meal</i>	66,99
	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	73,65
Níveis <i>Levels</i>	18% PB (CP)	64,91
	22% PB (CP)	68,54
	26% PB (CP)	70,30

^{ns} não-significativo (*not significant*).

^{**} ($P > 0,01$).

Tabela 6 - Desdobramento da interação (FP x NP) para digestibilidade (%) das rações experimentais do pacu

Table 6 - Interaction (FP x NP) on digestibility (%) for experimental diets of pacu

Níveis de proteína <i>Protein levels</i>	Fontes de proteína <i>Protein sources</i>		
	Farelo de peixe <i>Fish meal</i>	Farelo de peixe + Farelo de soja <i>Fish meal + Soybean meal</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
18%	67,00 ^{Aa}	62,00 ^{Ab}	65,74 ^{Ab}
22%	61,39 ^{Ca}	68,26 ^{Bab}	75,98 ^{Aa}
26%	60,97 ^{Ca}	70,70 ^{Ba}	79,24 ^{Aa}

Médias na linha/coluna, seguidas de letras maiúsculas/minúsculas diferentes são diferentes ($P < 0,05$).

Means, within a row/column, followed by capital/small different letters are different ($P < 0,05$).

nível protéico ($P > 0,05$). Também não houve alterações nos coeficientes de digestibilidade, entre as fontes protéicas para o nível mais baixo de proteína. Por outro lado, nas rações contendo 22 e 26% PB, foi evidenciada melhoria gradativa na qualidade de sua fração protéica, mostrando maiores coeficientes ($P < 0,05$), com a substituição parcial ou total da proteína originada da farinha de peixe pela de farelo de soja. As rações contendo apenas a FP tiveram os menores coeficientes de digestibilidade da proteína, provavelmente, em função da qualidade desse alimento comercializado no país, uma vez que sua composição é variável, devido à utilização de resíduos de peixe e a contaminações com materiais de baixa digestibilidade, como exemplo, de escamas. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por INABA et al. (1963), que observaram, em ensaios com truta arco-íris, maiores valores para digestibilidade da proteína em dietas com maior conteúdo protéico. Resultados semelhantes com trutas foram confirmados posteriormente por NOSE (1966). Mais recentemente, CARNEIRO e CASTAGNOLLI (1984) também observaram a mesma relação com juvenis de pacu.

Os coeficientes de digestibilidade obtidos neste estudo foram relativamente baixos, comparados a outros. Isto se deve ao método de coleta de fezes empregado, em que os animais foram sacrificados e o intestino, retirado, sendo que no ato de coleta do material as excretas não tiveram contato com a água, não ocasionando perda de nutriente por lixiviação.

Conclusões

A farinha de peixe, tradicionalmente utilizada nas dietas de peixes, pode ser substituída parcial ou totalmente pelo farelo de soja, sem afetar o desempenho e prejudicar a composição corporal dos juvenis de pacu.

O nível de 22% de proteína bruta na dieta foi suficiente para atender as exigências e proporcionar bom desempenho, sem comprometer a composição corporal dos peixes.

Referências Bibliográficas

- BALLOGUN, A.M., OLOGHOBO, A.D. 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerling *Clarias gariepinus* (Burchell) fed raw and cooked soybean diets. *Aquaculture*, 76:199-206.
- BERGER, A., HALVER, J.E. 1986. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate content on the growth, feed efficiency and carcass composition of striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum), fingerlings. *Aquac. Fish. Manag.*, 17:130-142.
- BOYD, C.E. 1982. *Water quality management for pond fish culture, development in aquaculture and fisheries science*. New York: Elsevier. v.9. 730p.
- BRENNER, M. *Determinação da exigência de proteína do pacu, Colossoma mitrei* (Berg, 1895). Viçosa, MG: UFV, 1988. 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- CARNEIRO D.J. *Níveis de proteína e energia na alimentação do Pacu, Colossoma mitrei* (Berg, 1895). Jaboticabal, SP:UNESP, 1983. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 1983.
- CARNEIRO, D.J., CASTAGNOLLI, N. Nutrição do Pacu, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895), Pisces, Characidae. I. Níveis de energia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3, 1984, São Carlos. *Anais*. São Carlos: UFSCar, 1984. p.105-123.
- CARNEIRO, D.J. *Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887). São Carlos, SP: UFSCAR, 1990. 55p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, 1990.
- CARNEIRO, D.J., WAGNER, P.M., DIAS, T.C.R. *Efeito da densidade de estocagem e do nível de proteína bruta da dieta, no desempenho de produção do pacu, (Piaractus mesopotamicus)*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, 1992, Peruíbe. *Anais*...Jaboticabal: CAUNESP, 1995. p.52-61.
- CASTAGNOLLI, N., CYRINO, J.E.P. 1986. *Piscicultura nos Trópicos*. São Paulo: Ed. Manole. 152p.
- DAVIS, S.J., THOMAS, N., BASTESON, R.L. 1989. The nutritional value of a processed soya protein concentrate in diets for tilapia fry (*Oreochromis mossambicus*, Peters). *Israeli J. Aquac.*, 41:3-11.
- DEGANI, G., BEM-ZUI, Y., LEVANON, D. 1989. The effect of different protein levels and temperatures on feed utilization, growth and composition of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture*, 76:293-701.
- EL-SAYED, A.F.M., TESHIMA, S. 1992. Protein and energy requirements of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 103:55-63.
- EYO, A.A., NGUGU, C.C. 1990. The effect of substituting soybean meal with different levels of fish meal on the growth and food utilization of mudfish (*Clarias anguillares*) fingerlings. *Annu. Rep. Natl. Inst. Freswat. Fish. Res.*, p.104-109.
- FURUKAWA, A., TSUKAHARA, H. 1966. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 6:502-506.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHNSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. London: Blackwell Science Publications, n.8, 213p. IBP Handbook.
- GOMES, E.F., REMA, P., KAUSHIK, S.J. 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130:177-186.
- HEALVER, J.E. 1976. Formulating practical diets for fish. *J. Fisheries Res. Board of Canada*, 33:1032-1039.
- HERNANDEZ, M., TAKEUCHI, T., WATANABE, T. 1995. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. *Fisheries Sci.*, 61(3):507-511.
- KUBITZA, F. *Substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para alevinos de pacu (Piaractus*

- mesopotamicus* Holmberg, 1887), *suplementados com metionina*. Piracicaba, SP:ESALQ, 1990. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 1990.
- MACEDO, E.M., CARNEIRO, D.J., CASTAGNOLLI, N. Necessidades protéicas na nutrição do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Pisces, Characidae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 2, ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTORES, 2, 1981, Jaboticabal. *Anais...*Jaboticabal. UNESP, 1981. p.77-78.
- NOSE, T. 1966. *Recent Advance in the Study of Fish Digestion in Japan*. Belgrade: EIFAC-66. 15p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1983. *Nutrient requirements of fish*. Washington, D.C. 115p.
- PAULA, J.E., MORAES FILHO, M.B., BERNARDINO, G., et al. Estudo do trato digestivo do pacu *Colossoma mitrei* e vegetação relacionada com a sua alimentação. In: SÍNTESE DOS TRABALHOS REALIZADOS COM ESPÉCIES DO GÊNERO COLOSSOMA, 1986, Brasília. *Anais...*Brasília: Ministério da Agricultura/SUDEPE/CEPTA, 1986. p.24.
- POMEROY, R., KIRSCHIMAN, H.D. 1945. Determination of dissolved oxygen proposed modification of the Winkler Method. *Indust. Eng. Chem.*, 17:715-716.
- ROUBACH, R., SAINT-PAUL, U., 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forests in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). *Journal Appl. Ichthyol.*, 10:134-140.
- SILVA, A.J. Regime alimentar do pacu, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895) no Pantanal do Mato Grosso em relação a flutuação do nível da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 5, 1985. Campinas. *Anais...* Campinas: UNICAMP, 1985. p.179.
- SILVA, S.S., ANDERSON, T.A. 1995. *Fish nutrition in aquaculture*. 1.ed. London: Chapman Hall. 319p.
- SHIAU, S.Y., KWOK, C.C., KWANG, J.Y. et al. 1989. Replacement of fish meal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) fingerling diets at a suboptimal protein level. *J. World Aquac. Soc.*, 20(4):230-235.
- SMITH, R.R., KINCAID, H.L., REGENSTEIN, J.M. et al. 1988. Growth, carcass composition and taste of rainbow trout of different strains fed diets containing primarily plant or animal protein. *Aquaculture*, 70:309-321.
- TAVARES, L.H.S. 1995. *Limnologia aplicada a aquicultura*. Jaboticabal: FUNEP. 70p.
- TORLONI, C.E.C., SILVA FILHO, J.A., VERANI, J.R. et al. Estudos experimentais sobre o cultivo intensivo do pacu, *Colossoma mitrei*, no sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3, 1983, São Carlos. *Anais...*São Carlos: UFSCar, 1984. p.559.
- VAN DER MEER, M.B. *Feeds and feeding strategies for Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)*. Wageningen: University of Wageningen. 137p.
- VIDAL JR., M.V. *Níveis de proteína para Tambaqui (Colossoma macropomum Cuvier, 1818) dos 30 aos 250 g de peso vivo*. Viçosa, MG: UFV, 1995. 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- VIOLA, S., MOKADY, S., RAPPAPORT, U. et al. 1982. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. *Aquaculture*, 26:223-232.
- VIOLA, S., ARIELI, Y., ZOHAR, G. 1988. Animal protein free feeds for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in intensive culture. *Aquaculture*, 75:115-125.
- WEBSTER, C. D., TIDWELL, J.H., GOODGAME, L.S. et al. 1992. Use of soybean meal and distillers grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 106:301-309.

Recebido em: 17/04/00

Aceito em: 02/12/00