**SUBSTITUIÇÃO TOTAL DA FARINHA DE
PEIXE PELO FARELO DE SOJA EM RAÇÕES
PARA ALEVINOS DE PACU (*Piaractus*
mesopotamicus HOLMBERG, 1887),
SUPLEMENTADAS COM METIONINA.**

FERNANDO KUBITZA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para a obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Nutrição Animal e
Pastagens.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

K05s Kubitza, Fernando
Substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja
em rações para alevinos de pacu (Piaractus mesopotamicus Holm-
berg, 1887), suplementadas com metionina. Piracicaba, 1990.
80p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Aminoácido na nutrição animal 2. Farelo de soja - Nutri-
ção 3. Pacu - Nutrição 4. Peixe - Nutrição 5. Piscicultura
6. Ração para peixe I. Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, Piracicaba.

ODD 639.31

**SUBSTITUIÇÃO TOTAL DA FARINHA DE
PEIXE PELO FARELO DE SOJA EM RAÇÕES
PARA ALEVINOS DE PACU (*Piaractus
mesopotamicus* HOLMBERG, 1887),
SUPLEMENTADAS COM METIONINA.**

FERNANDO KUBITZA

Aprovada em: 22.11.1990

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos

ESALQ/USP

Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Miyada

ESALQ/USP

Prof. Dr. Dalton José Carneiro

FCAVJ/UNESP

Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos

Orientador

Aos meus pais

LUIZ (*in memorian*)

e

NEIDE,

DEDICO.

Aos meus irmãos

CARLOS ALBERTO,

JOSÉ ALBERTO

e

LUIZ ALBERTO,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS, pela orientação segura, pela amizade e confiança depositada em nosso trabalho.

Ao Prof. Dr. HUMBERTO DE CAMPOS, M.D. Diretor da ESALQ-USP, pelo auxílio nas reformas do Laboratório de Nutrição de Peixes do DZ/ESALQ-USP, pela amizade e crédito aos nossos trabalhos.

Ao Prof. JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO, o sincero reconhecimento a um grande amigo pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao Prof. Dr. IRINEU UMBERTO PACKER, pelo auxílio na análise estatística e pela grande amizade.

Ao Prof. Dr. ABEL LAVORENTI, pela possibilidade de utilizar as instalações do Laboratório de Nutrição de Peixes do DZ/ESALQ-USP, pelo constante apoio e amizade.

Ao Prof. Dr. VALDOMIRO SHIGUERU MIYADA pela decisiva contribuição durante o planejamento e condução deste estudo.

Aos Mestres e amigos do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP, Prof. Dr. CYRO FULVIO ZINSLY, Prof. Dr. JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEM, Prof. Dr. ROBERTO DIAS DE MORAES E SILVA e Prof. Dr. ROBERTO THOMAS LOSITO DE CARVALHO, acima de tudo pela grande amizade e pelas valiosas sugestões concedidas.

Um agradecimento muito especial à Acadêmica CLARISSE HIROKO NAKAZAWA, não apenas pela entusiástica participação na elaboração dos originais deste trabalho, mas também pela sincera amizade e colaboração na condução diária de nossas pesquisas.

Aos amigos SÉRGIO AUGUSTO TATIZANA e MARLI APARECIDA FURLANIS TATIZANA, pela grande amizade e pelo grande auxílio na montagem final dos originais deste trabalho.

Aos Acadêmicos JOÃO LORENA CAMPOS e RUBENS DE OLIVEIRA Jr., estagiários do Setor de Piscicultura, pela ajuda na condução do experimento e pela grande amizade.

Ao Dr. CARLOS ROBERTO V. M. PACHECO da BRASWEY S.A. Indústria e Comércio, pela doação dos ingredientes, bem como pelas análises de aminoácidos dos mesmos.

A FAPESP - FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, pelos recursos financeiros e crédito científico concedido a este trabalho.

Um agradecimento final às demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

INDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE.....	x
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	06
2.1. Aspectos inerentes à nutrição protéica dos peixes.....	06
2.2. Fontes protéicas alternativas.....	09
2.3. O farelo de soja como substituto de fon- tes protéicas tradicionais.....	12
2.3.1. Características nutricionais.....	13
2.3.2. Suplementação com metionina.....	22
2.4. Estudos relacionados à nutrição protéica das espécies autóctones.....	25
2.5. Considerações finais.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5. CONCLUSÕES.....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
7. APÊNDICE.....	70

LISTA DE TABELAS

TABELA No		Página
01	Composição química dos ingredientes utilizados na confecção das rações experimentais.....	32
02	Composição das rações experimentais....	33
03	Composição química das rações experimentais com base na matéria original...	34
04	Médias das características de performance e composição corporal dos alevinos de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)..	38
05	Coeficientes de digestibilidade da energia de alguns alimentos utilizados no preparo das rações experimentais, de acordo com o N.R.C./N.A.S. (1983) para <i>Tilapia spp.</i> e HANLEY (1987) para a tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)..	43
06	Comparação entre o preço das rações experimentais e seus respectivos custos de produção de uma unidade de peixe....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA No		Página
01	Aspecto das unidades experimentais utilizadas	30
02	Alevinos de pacu (<i>Piaractus mesotamicus</i>) ao início do período experimental.....	31
03	Alevinos de Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) ao término da fase experimental.....	39
04	Aspecto do trato digestivo do pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>).....	50

LISTA DE TABELA DO APENDICE

TABELA No		Página
A1	Valores originais do ganho de peso total (G.P.T.) em gramas, das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.....	71
A2	Valores originais da conversão alimentar das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.....	72
A3	Valores originais da composição corporal em água (%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância....	73
A4	Valores originais da composição corporal em proteína (%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.....	74
A5	Valores originais da composição corporal em gordura (%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.....	75
A6	Valores originais da composição corporal em minerais (%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.....	76

A7	Valores originais do valor produtivo da proteína (V.P.P.%) das diferentes uni- dades experimentais. Análise de variân- cia.....	77
A8	Valores originais da taxa de eficiência protéica (T.E.P.) das diferentes unida- des experimentais. Análise de variância.	78
A9	Valores originais da retenção da ener- gia bruta (R.E.B. %) das diferentes unidades experimentais. Análise de va- riância.....	79
A10	Composição corporal dos animais no iní- cio do experimento.....	80

SUBSTITUIÇÃO TOTAL DA FARINHA DE PEIXE PELO FARELO DE SOJA
EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*
HOLMBERG, 1887), SUPLEMENTADAS COM METIONINA.

Autor: FERNANDO KUBITZA

Orientador: Prof. Dr. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS

RESUMO

Com o objetivo de verificar a possibilidade de substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), foram preparadas 5 rações experimentais isoprotéicas (28% P.B.) e isocalóricas (3.300 kcal E.D./kg), uma das quais à base de farinha de peixe (27%), constituindo o tratamento controle e as demais isentas de proteína animal, à base de farelo de soja (51%), suplementadas com DL-metionina a níveis crescentes (0; 0,17; 0,33 e 0,49% na ração).

Foram utilizados 104 alevinos de pacu, dos quais 24 foram sacrificados para análise da composição corporal no início do experimento. Os alevinos restantes foram distribuídos em 4 blocos homogêneos em relação ao peso dos animais, que foram alocados em grupos de 4 em cada aquário experimental (volume= 250 litros; vazão= 1,8

litros/minuto).

A ração era fornecida duas vezes ao dia, num total diário equivalente a 3% do peso vivo dos animais. Esta quantidade era reajustada a cada 2 semanas, após a pesagem dos peixes.

O período experimental foi de 56 dias, ao final do qual os animais foram sacrificados para nova análise da composição corporal.

Os valores médios obtidos para as características de performance dos animais submetidos aos 5 tratamentos (controle; F.soja 0,49; F.soja 0,33; F.soja 0,17; F.soja 0,00) foram, respectivamente: a) ganho de peso: 80,50; 86,75; 72,25; 85,25; 74,25 g; b) conversão alimentar: 1,35; 1,29; 1,47; 1,29; 1,50; c) valor produtivo da proteína (VPP%): 36,75; 37,20; 32,25; 36,33; 35,99; d) taxa de eficiência proteica (TEP): 2,67; 2,77; 2,43; 2,76; 2,48; e) retenção da energia bruta (REB%): 30,54; 28,81; 25,02; 29,09; 24,60.

Da mesma forma foram obtidos os seguintes valores para as características de composição corporal: a) água (%): 73,86; 75,15; 75,26; 75,15; 74,13; b) proteína (%): 14,06; 13,81; 13,69; 13,67; 14,50; c) gordura (%): 8,23; 7,31; 7,19; 7,49; 7,71; d) minerais (%): 3,85; 3,73; 3,87; 3,70; 3,67.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância, com posterior comparação das médias dos tratamentos pelo Teste DUNNETT.

Os resultados mostram ser plenamente possível a substituição proposta, desde que sejam mantidos os níveis originais de energia digestível, mesmo na ausência de suplementação com DL-metionina, embora o nível de inclusão de 0,17% deste aminoácido tenha proporcionado ganho de peso 15% superior ao obtido com a ração não suplementada.

TOTAL REPLACEMENT OF FISH MEAL BY SOYBEAN MEAL IN PACU
(*Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887) FINGERLINGS DIETS
SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT LEVELS OF METHIONINE.

Author: FERNANDO KUBITZA

Adviser: Prof. Dr. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS

SUMMARY

A 56-day feeding trial was conducted to investigate the possibility of replacing fish meal (FM) by soybean meal (SBM) in diets for pacu fingerlings (*Piaractus mesopotamicus*).

Five isonitrogenous (28% C.P.) and isocaloric (3,300 kcal D.E./kg) experimental diets were tested: one containing 27% FM (control diet) and the other containing 51% SBM and supplemented with increasing levels of DL-methionine (0; 0.17; 0.33; 0.49%).

One hundred and four pacu fingerlings were utilized, 24 of which were killed at the beginning of the experiment to determine body composition.

The remaining 80 fingerlings were allotted to four blocks according to initial weight with 4 fishes per experimental unit (aquarium of 250 liters receiving water at a rate of 1.8 liters/minute).

The fishes were fed twice daily at a rate of 3% wet body weight. The fishes were weighed on the group

basis every 2 weeks after which feeding rates were adjusted. At the end of the trial all the fishes were killed and the body composition was determined.

The average values of performance obtained for the five experimental diets (control; SBM 0.49; SBM 0.33; SBM 0.17; SBM 0.00) were: a)weight gain: 80.50; 86.75; 72.25; 85.25; 74.25; b)feed conversion: 1.35; 1.29; 1.47; 1.29; 1.50; c)productive protein value (PPV%): 36.75; 37.20; 32.25; 36.33; 35.99; d)protein efficiency ratio (PER): 2.67; 2.77; 2.43; 2.76; 2.48; e)gross energy retention (GER%): 30.54; 28.81; 25.02; 29.09; 24.60; respectively.

The average values of body composition were: a)water(%): 73,86; 75,15; 75,26; 75,15; 74,13; b)protein(%): 14,06; 13,81; 13,69; 13,67; 14,50; c)fat(%): 8,23; 7,31; 7,19; 7,49; 7,71; d)ash(%): 3,85; 3,73; 3,87; 3,70; 3,67.

Analyses of variance was carried out for each trait and DUNNETT's "t" test was used for comparisons of the means.

The results indicated that the replacement of FM by SBM is feasible, since the digestible energy of the diets is maintained.

Although there was no significant effect of methionine supplementation ($P>0.05$), the addition of 0.17% of this amino acid provided a 15% greater weight gain than unsupplemented diet.

1. INTRODUÇÃO

O panorama da produção animal no Brasil, nas últimas décadas, vem sendo caracterizado pelo trinômio Bovinocultura de Leite e de Corte - Suinocultura - Avicultura. Nenhuma outra atividade zootécnica conseguiu, até o momento, atingir os níveis industriais alcançados pelas mesmas.

Porém, há de se ressaltar a recente ascensão de uma nova atividade zootécnica, a Piscicultura, ocupando posição de destaque em países como Japão, Israel, Estados Unidos, Alemanha e França, entre muitos outros, que até então vinha se caracterizando como atividade de subsistência no Brasil, baseada no cultivo extensivo de algumas espécies exóticas, ou mesmo, com caráter "erroneamente" ecológico, num trabalho de reconstituição da ictiofauna de grandes reservatórios construídos com finalidades hidroenergéticas.

A Piscicultura, no momento, é a única atividade capaz de sofrer intensificação semelhante à avicultura e suinocultura nacional. Isto tudo em função de inúmeros aspectos peculiares ao país, como condições climáticas amplamente favoráveis, principalmente nas regiões norte e

nordeste; existência de uma ictiofauna riquíssima, com espécies de grande potencial de cultivo; estagnação no volume de peixes capturados de maneira exploratória em águas costeiras e interiores, entre outras (IBGE, 1989; SAINT-PAUL, 1986).

Porém, destaque maior deve ser dado ao trabalho de inúmeros pesquisadores (CASTAGNOLLI & DONALSON, 1981; PINTO & GUGLIELMONI, 1986; FERRAZ DE LIMA & TEODORO, 1986; GODINHO & GODINHO, 1986) que, ao longo de todos esses anos, principalmente nesta última década, vêm empenhando esforços, visando a consolidação das técnicas de propagação de espécies autóctones, em sua grande maioria de caráter reofílico (migrador). Sem o desenvolvimento destas técnicas a reprodução destas espécies em cativeiro seria praticamente impossível.

Desta forma, foi possível o início do cultivo de algumas espécies nacionais, principalmente o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), originário da Bacia do Prata, e o tambaqui (*Colossoma macropomum*), da região amazônica. Estas espécies, além da grande rusticidade e desenvolvimento precoce, apresentam um grande valor comercial, característica não encontrada na grande maioria das espécies exóticas até então cultivadas.

O incremento na produção de alevinos, principalmente destas espécies, estimada hoje ser próximo de 7 milhões de indivíduos anualmente em todo Brasil (CASTAGNOLLI, 1989), serviu como grande estímulo a intensificação das atividades de recria e engorda das mesmas,

possibilitando, deste modo, a prática de uma piscicultura com caráter comercial.

E de se esperar, sem dúvida alguma, ao longo dos próximos anos, um crescimento ainda mais intenso da Piscicultura, principalmente no que diz respeito à produção de alimento de elevado valor biológico a um custo bastante inferior ao dos produtos animais convencionais.

Nos últimos seis anos, somente no Brasil, foram realizados 4 Simpósios Brasileiros e 1 Latino-Americano de Aquicultura (ABRAq, 1984; ABRAq, 1986; ABRAq, 1988; ABRAq, 1990), nos quais pôde ser verificada uma grande intensificação nas pesquisas, principalmente enfocando as espécies autóctones. Paralelamente, também ocorreram inúmeras reuniões técnicas, encontros e conferências sobre os mais diversos aspectos inerentes à atividade (CBNA, 1986; CBNA, 1989a; CBNA, 1989b).

O número de instituições que se dedicam aos estudos biológicos e zootécnicos dos peixes também vem aumentando sensivelmente.

Todos estes fatores contribuíram para que hoje, a Piscicultura fosse colocada em posição de destaque dentro do conjunto de atividades de produção animal, atraindo a atenção de inúmeras empresas agropecuárias, principalmente pela grande rapidez de retorno ao capital investido, quando comparada às demais atividades. Consequentemente, a demanda por informações sobre o cultivo destas espécies, desde a fase de implantação da piscigranja

até o processamento e comercialização do produto final, tem suplantado os esforços das instituições de pesquisas relacionadas à esta área.

Dos inúmeros aspectos inerentes à atividade produtiva, os relacionados com a alimentação vêm sendo amplamente questionados, principalmente por este item representar cerca de 60 a 70% dos custos de produção num sistema de cultivo intensivo.

Muito recentemente, as exigências nutricionais de nossas espécies começaram a ser investigadas de maneira mais criteriosa (CARNEIRO, 1983; BRENER, 1988; PEZZATO, 1990) e, a ausência de informações sobre as mesmas vem sendo minimizada com a utilização de dados inerentes à nutrição das espécies exóticas, quer de clima temperado, quer de clima tropical, no que diz respeito à confecção de rações para as atividades de engorda.

Desta maneira correm-se sérios riscos de confeccionar dietas nutricionalmente incompletas para as espécies brasileiras, impossibilitando uma melhor performance das mesmas sob condições de cultivo intensivo.

E, portanto, evidente que o aprimoramento da qualidade das dietas confeccionadas para fins de piscicultura, de modo a apresentar o menor custo possível, sem prejuízo para o desempenho animal, somente será possível a partir do conhecimento dos aspectos nutricionais relativos a estas espécies, quer seja com relação à exigência em nutrientes, quer com a habilidade para o aproveitamento dos

diferentes tipos de alimentos de maior disponibilidade às indústrias de alimentação animal.

Diante desta realidade, desenvolveu-se o presente estudo com o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com o objetivo de verificar a possibilidade de substituição total da proteína de origem animal (farinha de peixe) pela vegetal (farelo de soja) em rações para alevinos e, também, quantificar o nível ótimo de suplementação destas rações com DL-metionina, de modo a assegurar satisfatória performance em termos de crescimento e eficiência de utilização do alimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos inerentes à nutrição protéica dos peixes

Frequentemente pode se observar uma total perplexidade, por parte de criadores e nutricionistas de diferentes espécies animais, quando as exigências nutricionais de peixes são colocadas em questão, principalmente em se tratando das exigências protéicas extremamente elevadas destes seres pecilotérmicos, comparados aos demais monogástricos.

Estas exigências, em função da espécie cultivada, do estágio de desenvolvimento e das condições fisiológicas dos animais, bem como do sistema de cultivo e de fatores ambientais aos quais são submetidos, podem variar desde 25 a 55% da dieta, comparadas, por exemplo, a valores de 13 a 20% e 18 a 23% para suínos e frangos de corte, respectivamente (NAS/NRC, 1983; NAS/NRC, 1984 NAS/NRC, 1988; HEPHER, 1988).

Características metabólicas como a excreção de amônia, principal produto final do metabolismo protéico em peixes, de reduzido custo energético comparada à excreção

nitrogenada em aves e mamíferos (RANDAL & WRIGHT, 1987; LEHNINGER, 1978) e, a aparente baixa eficiência da insulina, hormônio envolvido na síntese de tecido muscular nesses animais (CHRISTIANSEN & KLUNGSOVR, 1987; HEPHER, 1988; MILLWARD, 1989), possibilitam uma preferencial utilização dos aminoácidos plasmáticos como fonte de energia em relação à síntese de proteína corporal, podendo assim, explicar esta elevada exigência protéica nas dietas.

Tal característica fisiológica apresenta repercussão ainda maior quando se avalia os aspectos econômicos de um sistema de produção em escala industrial, baseado em rações nutricionalmente completas, onde a fração protéica, sem dúvida alguma, se constitui na mais onerosa da dieta.

Nada mais relevante, portanto, que a preocupação de inúmeros pesquisadores e nutricionistas, não somente em aumentar a eficiência de utilização deste nutriente mas, também, de identificar novas fontes protéicas de reduzido custo, principalmente as de origem vegetal, como uma alternativa eficaz na redução de tal custo.

Durante muitos anos, os pesquisadores vêm procurando aumentar a eficiência de utilização da proteína, principalmente através da inclusão de maiores níveis de carboidratos e lipídios nas rações, com a finalidade de se aumentar a disponibilidade de energia não protéica para o animal, proporcionando um efeito economizador de proteínas, resultando em maior disponibilidade destas para a síntese de

tecido muscular.

PAGE & ANDREWS (1973) observaram uma economia na ordem de 25 a 27% de proteína por unidade de ganho de peso para o bagre-de-canal (*Ictalurus punctatus*), adicionando-se 15% de milho moído ou 6% de lipídios (mistura 90% de gordura bovina : 10% de óleo de peixe) em rações contendo 25% de proteína, contra rações de maiores níveis protéicos (35%), sem notar, no entanto, diferenças na composição corporal destes animais.

O aumento do nível de lipídios de 12 para 24% em rações para truta arco-íris (*Salmo gairdneri*) proporcionou aumentos variando de 17 a 48% na eficiência de conversão da proteína, conforme relatam BEAMISH & MEDLAND (1986). Rações contendo 30% de proteína e 2950 kcal de energia digestível (ED)/kg apresentaram eficiência de conversão de proteína 35% superior à rações com 43% de proteína e 2490 kcal de ED/kg, e animais com peso final cerca de 5 a 15% superior. Embora níveis de proteína de 52% e 3250 kcal de ED/kg resultassem em peso final 5% superior, a eficiência de utilização de proteína chegou a ser 64% superior nas rações com 30% de PB e 2950 kcal ED/kg, mostrando nitidamente a possibilidade de se reduzir os níveis protéicos na alimentação e, conseqüentemente, produzir rações de menor custo, sem prejuízo no desempenho animal.

Tão grande tem sido demonstrada a importância deste efeito economizador, que inúmeros nutricionistas vêm procurando encontrar uma relação adequada entre energia e

proteína (E/P), bem como da porcentagem da energia que pode ser fornecida via lipídeos e carboidratos.

A relação entre a participação da proteína, gordura e carboidratos na energia digestível de rações para o bacalhau-do-Atlântico (*Gadus morhua*) foi estudada por LIED et alii (1988). Um regime de alimentação capaz de sustentar economicamente um ótimo crescimento, pode ser obtido quando esta for, aproximadamente, 60, 25 e 15%, respectivamente.

HENKEN et alii (1986) apontam uma relação E/P de 6,9 a 9,4 kcal de EM/g de proteína, como sendo promotora de melhor crescimento e utilização do alimento, para o bagre africano (*Clarias gariepinus*), valores estes compatíveis com o preconizado para alevinos do bagre-do-canal, em torno de 8,3 kcal de ED/g de proteína (REIS et alii, 1989).

Estes valores de E/P diferem em muito dos valores médios preconizados para aves e mamíferos, em torno de 15 e 19 kcal de ED/g de proteína, respectivamente (HEPHER, 1988), reforçando mais uma vez a forte preferência dos peixes em utilizar proteínas como fonte de energia.

2.2. Fontes protéicas alternativas

Inúmeras investigações vêm sendo feitas no sentido de se identificar e avaliar o valor nutritivo de fontes protéicas alternativas, de custo reduzido e em grande parte de disponibilidade regional, como potenciais substitutos de fontes protéicas tradicionais, resultando na incorporação dos mais diferentes tipos de alimentos nas

rações.

A substituição de cerca de 77 a 85% da proteína proveniente da farinha de peixe, por uma combinação de farinha de resíduos de abatedouros avícolas com farelo de soja ou com farelo de glúten de milho em rações para truta-arco-íris (*Salmo gairdneri*), como apontado por ALEXIS et alii (1985), resultou em ganho de peso 11 a 31% superior e um custo de alimentação por unidade de peso vivo produzido ao redor de 67 a 75% quando comparados a uma ração controle (à base de farinha de peixe) e outra comercial.

A incorporação de sangue congelado ou ensilado (conservado pela adição de ácido fórmico concentrado) em rações úmidas para truta arco-íris e salmão (*Salmo salar*), de modo a substituir cerca de 50% do peixe fresco ou de resíduos de peixes, foi sugerida por ASGARD & AUSTRENG (1986). Contribuindo com cerca de 20% da proteína destas rações, este subproduto pode ser utilizado sem qualquer prejuízo no desempenho animal.

Tal efeito benéfico não foi verificado quando a farinha de sangue foi utilizada em rações para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em gaiolas flutuantes. O aumento na incorporação deste ingrediente era traduzido em redução de até 50% na produção total de peixes (OTUBUSIN, 1987).

Na Inglaterra DAVIES & WAREHAN (1988) substituíram com sucesso 40% da farinha de peixe por proteína unicelular bacteriana, um importante subproduto industrial

gerado na produção de L-lisina hidrocloreídrica, em rações para tilápia mossambica (*Oreochromis mossambicus*).

Sob este enfoque, deve-se salientar a grande participação dos produtos de origem vegetal neste amplo cartel de fontes alternativas da fração protéica que vem sendo avaliado.

Um imenso espectro destes alimentos de particular disponibilidade em alguns países, como a polpa de café (El-Salvador), a torta de cacau (Nigéria) e, até mesmo de macrófitas aquáticas como a *Azolla*, foram incorporadas em rações para peixes, proporcionando resultados dos mais diversos (BAYNE et alii, 1976; ANTOINE et alii, 1987).

No entanto, destaque maior deve ser dado à visível preferência observada em se estudar a incorporação de farelos de sementes de leguminosas, potenciais substitutos da fração protéica de origem animal na confecção de rações, de modo a reduzir os custos da alimentação em piscicultura.

OLVERA et alii (1988), em ensaio com tilápia mossambica, observaram reduzida eficiência de aproveitamento do alimento, menor crescimento e elevada mortalidade com a substituição isoprotéica da farinha de peixe pelo farelo de sementes da leguminosa *Sesbania grandiflora*, processado de diferentes maneiras.

Semelhantes resultados foram apontados por MARTINEZ-PALACIOS et alii (1988) com esta mesma espécie quando da utilização do Jack Bean (*Canavalia ensiformis*),

fornecendo de 10 a 35% da proteína total das rações. A elevada mortalidade, verificada com a crescente incorporação do farelo desta leguminosa, foi reduzida após tratamento visando a extração de seus compostos tóxicos não termolábeis, principalmente a L-canavalina, previamente discutida por OLVERA et alii (1988).

O uso de farelo de folhas de leucena (*Leucaena leucocephala*) para tilápia-do-nilo apresentou resultados não muito diferentes dos anteriormente relatados. Níveis crescentes de incorporação deste ingrediente nas rações resultou em proporcional prejuízo ao crescimento de alevinos (WEE & WANG, 1987), bem como em efeito negativo na performance reprodutiva em adultos desta espécie (SANTIAGO et alii, 1988).

Esta coleção de resultados adversos é atribuída a inúmeros fatores inerentes à qualidade nutricional destes produtos, principalmente no que diz respeito à presença de compostos tóxicos ou fatores anti-nutricionais e ao desequilíbrio na proporção de aminoácidos essenciais, principalmente os sulfurados, como a metionina e a cistina.

2.3. O farelo de soja como substituto da farinha de peixe

Dentre os inúmeros produtos de origem vegetal, considerados potenciais substitutos da fração protéica de origem animal nas rações para peixes, o farelo de soja é o que vem recebendo maior atenção por parte dos nutricionis-

tas.

A farinha de peixe, desde tempos remotos, vem sendo utilizada como a principal fonte protéica em alimentos para organismos aquáticos e, a ela foi creditada, por ANDREWS & PAGE (1974), a existência de fatores de crescimento responsáveis pela superior performance do bagre-de-canal, comparada à utilização de farelo de soja nas rações experimentais, mesmo quando suplementadas com cistina e metionina.

DABROWSKI & KOZAK (1979) também verificaram semelhantes resultados quando se tentou substituir totalmente a farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para larvas de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). A utilização da proteína de origem animal resultou em ganho de peso aproximadamente 170 a 330% superior, em função do nível protéico das rações experimentais.

Resultados mais positivos foram obtidos por DAVIS & STICNEY (1978) com a tilápia aurea (*Tilapia aurea*), sem no entanto conseguir alcançar o desempenho médio da ração controle à base de farinha de peixe, aproximadamente 10 a 18% superior às rações com níveis de 33 a 100% de substituição da proteína, usando-se o mesmo farelo de soja.

2.3.1. Características nutricionais

Inúmeros pesquisadores (VIOLA et alii, 1986; SHIAU et alii, 1987; VIOLA et alii, 1988; MURAI et alii, 1989), obtiveram melhores resultados trabalhando com as mais

diferentes espécies e atribuíram o insucesso dos estudos anteriores à total desconsideração das características nutricionais do farelo de soja, como a presença de fatores anti-nutricionais, a menor disponibilidade energética e os baixos teores de fósforo total, bem como disponível, comparativamente à farinha de peixe e, finalmente, os valores extremamente baixos, ou então marginais, de alguns aminoácidos, com destaque aos sulfurados metionina e cistina, à lisina e ao triptofano.

A presença de compostos anti-nutricionais e/ou até mesmo tóxicos em diversos ingredientes de origem vegetal, foi sugerida por JACKSON et alii (1982). De acordo com estes pesquisadores, o farelo de soja, sofrendo processamento inadequado, pode apresentar suficientes resíduos do fator anti-tríptico e de hemaglutininas que explicariam uma redução na taxa de crescimento de Tilápia Mossambica, com o aumento da inclusão deste ingrediente nas rações.

Os inibidores de protease, presentes no farelo de soja, formam complexos reversíveis com enzimas proteolíticas, notadamente a tripsina e a quimotripsina, no trato intestinal, prejudicando, sobremaneira, os processos digestivos dos animais, levando a uma redução no consumo de alimento e nas taxas de crescimento e performance produtiva das mesmas. Distúrbios fisiológicos, como a hipertrofia e excessiva secreção pancreática, frequentemente associados à presença destes inibidores, foram observados em diferentes monogástricos (SCHAIBLE, 1970; SCOTT et alii, 1982; RACKIS &

MAQUARDT, 1986; WARD et alii, 1986).

VIOLA et alii (1983) verificaram uma redução de até 32% no crescimento de carpas (*Cyprinus carpio*), alimentadas com rações contendo farelo de soja (35% de inclusão) insuficientemente tostado (0-10 minutos à 105°C) quando comparados à farelos com grau de tostagem adequada (30-120 minutos sob a mesma temperatura). Os valores de vermelho de cresol nestes farelos variaram de 2,5-3,2 a 3,8-4,4 mg, respectivamente. O aumento nestes valores indicam uma simultânea redução na atividade anti-tríptica nos mesmos.

Estes inibidores foram os principais responsáveis pelo reduzido crescimento e alta mortalidade de alevinos do bagre africano (*Clarias gariepinus*), alimentados com rações contendo desde 11 a 45% de farelo de soja cru. O farelo de soja tostado, por sua vez, proporcionou crescimento 8 vezes superior com mortalidade zero (BALOGUN & OLOGHOBO, 1989).

Os índices inferiores de digestibilidade de energia no farelo de soja, comparado aos da farinha de peixe, na opinião de alguns pesquisadores, são os principais responsáveis pelas diferenças observadas no desempenho animal sob rações onde a substituição destes ingredientes entre si é realizada.

HILTON & SLINGER (1981) reportaram os coeficientes de digestibilidade aparente da energia de diversos alimentos para a truta arco-íris. Para o farelo de soja,

este é de 77 contra 95% na farinha de peixe. Estes valores reforçam a hipótese da baixa disponibilidade energética deste concentrado protéico de origem vegetal em rações para peixes.

Após estudos comparativos entre rações à base de farinha de peixe ou com diferentes níveis de substituição (40, 80 e 100%) deste ingrediente pelo farelo de soja, VIOLA et alii (1982), sem dúvida alguma, foram os primeiros a sugerir o baixo nível de energia disponível desta fonte protéica vegetal para a carpa. Após suplementação com até 10% de óleo, em rações contendo exclusivamente proteína de origem vegetal (45% de farelo de soja), com a finalidade de restabelecer um desempenho semelhante à ração controle (25% de farinha de peixe), tais pesquisadores concluíram que, em relação ao proposto pelo NRC-NAS Nutrients Requirements of Poultry / 1977, os valores de energia calculados demonstraram ser 10 a 15% menos disponível do que o estabelecido para aves.

No experimento de DEGANI et alii (1988) com o bagre africano, observaram-se valores de extrato etéreo cerca de 62% inferior na ração, onde o farelo de soja substituiu totalmente a farinha de peixe. Esta mesma ração, chegou a apresentar cerca de 300 kcal de energia bruta a menos que a ração controle à base de farinha de peixe. A taxa de crescimento foi de 2,5 a 5,0 vezes superior nesta última, em função das diferentes temperaturas das unidades experimentais.

Mesmo os valores tabelados pelo NAS-NRC Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes (1983) reforçam esta teoria, mostrando valores de 3.900 e 4.040 kcal de ED/kg para a farinha de peixe contra 2.580 e 3.340 para o farelo de soja, respectivamente para o bagre-de-canal e tilápias.

Estas evidências exigem atenção especial por parte dos nutricionistas, a fim de se evitar tal desequilíbrio energético nas rações à base de farelo de soja.

Outro aspecto de importância a ser considerado é a baixa disponibilidade de fósforo no farelo de soja, atribuída à presença de outro fator anti-nutricional, o fitato.

O ácido fítico, principal forma de reserva de fósforo nos vegetais, é apontado como sendo o responsável direto pela redução na disponibilidade, além do fósforo, de outros minerais como o zinco, o ferro, o cobre e o manganês, e, também, de proteínas para os monogástricos, quando da utilização de farelos vegetais inadequadamente processados na sua alimentação (THOMPSON, 1986; DABROWSKI et alii, 1989).

Diferenças na disponibilidade de fósforo de vários alimentos utilizados na ração do bagre-de-canal foram sugeridas por LOVELL (1978). Fontes inorgânicas de fósforo apresentaram disponibilidade de 65 a 94% deste mineral contra 40% para a farinha de peixe e cerca de 25 a 54% para diferentes produtos de origem vegetal. Neste mesmo trabalho, o

autor pôde observar valores em torno de 50 a 54% de disponibilidade do fósforo no farelo de soja, para o referido peixe, bastante superiores aos 37 para suínos e 7% para pintinhos, sugeridos por THOMPSON (1986).

SCOTT et alii (1982) recomendam considerar a disponibilidade de P, em alimentos de origem vegetal, em torno de 30% para fins de formulação de rações para aves, valor este semelhante ao sugerido para o mesmo bagre-de-canal por WILSON et alii (1982). Estes últimos pesquisadores afirmam que 42% do fósforo no farelo de soja não está na forma de fitato, o que pode sugerir a necessidade de uma reavaliação nos valores anteriormente encontrados por LOVELL (1978).

Em Israel, VIOLA et alii (1986), em experimento com tilápia híbrida (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*), verificaram a baixa disponibilidade do fósforo dos farelos vegetais utilizados, principalmente o farelo de soja, quando comparado à farinha de peixe. Houve a necessidade de suplementação com fosfato bicálcico a níveis de até 3% para restabelecer taxas normais de crescimento.

Ainda trabalhando com este mesmo peixe, e com rações à base de ingredientes de origem vegetal, VIOLLA et alii (1988) reafirmaram a necessidade de suplementar as mesmas com fosfato bicálcico ao nível de 3%, para garantir desempenho semelhante ao controle à base de farinha de peixe. Sem tal suplementação, o ganho de peso foi cerca de 28% inferior à ração controle, sugerindo o baixo aproveitamento

do fósforo, principalmente oriundo do farelo de soja, em sua grande maioria na forma de fitato.

A incorporação de sais de fitato em dietas purificadas para o bagre-de-canal, a níveis de 2,2% de ácido fítico, resultou em ganho de peso 27% inferior em relação a não adição deste composto. Níveis crescentes de incorporação destes sais foram os principais responsáveis pela redução dos teores de zinco nas vértebras deste peixe, teores estes restabelecidos após a suplementação da ração com cerca de 150 mg/kg deste mineral (SATOH *et alii*, 1989).

Embora o processamento térmico e a trituração possam reduzir parcialmente a concentração de fitato nesses ingredientes vegetais, boa parte deste composto ainda poderá estar presente nos farelos, o que, aliado às baixas concentrações de fósforo nos mesmos, invariavelmente, faz com que a suplementação deste mineral seja extremamente necessária.

Estas limitações, previamente discutidas, com relação aos aspectos nutricionais dos alimentos protéicos de origem vegetal, particularmente no caso do farelo de soja, merecem especial atenção por parte de nutricionistas animais, principalmente de monogástricos, durante a formulação de rações.

Outro aspecto de fundamental importância que deve ser considerado e que, ao longo dos anos, vem alcançado inigualável primazia na atual linha de pesquisa em questão, diz respeito à qualidade da proteína dos farelos vegetais. Na sua grande maioria, apresentam níveis reduzidos de alguns

aminoácidos essenciais, sem dúvida alguma, um dos principais fatores responsáveis pelo reduzido crescimento e baixa eficiência de utilização do alimento em diferentes espécies animais.

Apesar da digestibilidade da fração protéica poder ser prejudicada pelo processamento inadequado, quer seja pela não destruição ou desativação total do fator anti-triptico ou mesmo pelo excessivo aquecimento, possibilitando a formação de complexos proteína-carboidratos via "reação de Maillard", inúmeros pesquisadores verificaram que os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína do farelo de soja, embora ligeiramente inferior ao da farinha de peixe, não é suficiente para explicar as diferenças em desempenho observados na tentativa de se confeccionar rações à base de proteína de origem vegetal (HEPHER, 1988).

CYRINO (1984), substituindo a farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para o matrinxã (*Brycon cephalus*), peixe da Bacia Amazônica, não observou nenhuma diferença nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, mesmo a níveis de até 71% de inclusão do ingrediente vegetal, coeficientes estes que giraram em torno de 94 a 96%.

Resultados semelhantes foram obtidos por SHIAU et alii (1987) com a tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*), embora os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína apresentassem menor valor, variando de 89 a 93%, chegando a ser ligeiramente superior sob maiores

níveis de inclusão de farelo de soja (23% na ração).

Os coeficientes de digestibilidade aparente de proteína de diferentes alimentos, entre os quais o farelo de soja e a farinha de peixe, foram determinados por HANLEY (1987), para a tilápia-do-nilo, usando o óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador em rações experimentais contendo de 82 a 90% do ingrediente a ser testado. O farelo de soja apresentou valor de aproximadamente 91 contra 86% na farinha de peixe. Tais resultados reforçam a hipótese de que um dos principais fatores limitantes na utilização do farelo de soja como substituto de alimentos protéicos de origem animal é, sem dúvida alguma, o seu desequilíbrio na composição em aminoácidos.

KETOLA (1982) comparou a composição em aminoácidos do farelo de soja com as exigências do salmão (*Oncorhynchus tshawytscha*), revelando, à primeira vista, unicamente, a metionina como sendo o aminoácido limitante. No entanto, em rações para alevinos de truta arco-íris contendo 80% de farelo de soja, a suplementação exclusiva com metionina, em função das exigências estabelecidas pelo NRC/NAS (1977), não foi suficiente para sustentar taxas adequadas de crescimento.

Uma comparação mais detalhada entre a composição em aminoácidos do farelo de soja e da carcaça e ovos da truta arco-íris, revela a insuficiência, além de metionina, de valina, lisina, leucina e treonina. Tal insuficiência foi confirmada após suplementação de dietas para o

salmão-do-Atlântico, contendo 72% de farelo de soja, com estes 5 aminoácidos, restabelecendo o crescimento, embora fosse ainda de 82 a 87% do desempenho apresentado com rações à base de farinha de peixe.

Para as espécies desprovidas de estômago funcional, com consequente ausência da fase ácida da digestão, como exemplo a carpa comum, a biodisponibilidade de lisina pode ser extremante variável (39 a 82%), em função da intensidade do tratamento térmico ao qual o farelo de soja foi submetido (DABROWSKI & KOZAK, 1979).

A performance deste peixe, quando o farelo de soja substitui totalmente a farinha de peixe, segundo VIOLA et alii (1982) pode ser mantida após a suplementação com 0,5% de lisina, 0,5% de metionina e 10% de óleo.

Paradoxalmente, para a tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*), peixe com estômago funcional, a suplementação com lisina não resultou em significativo benefício em termos de crescimento, mostrando não ser fator limitante para o crescimento deste peixe recebendo rações à base de farelo de soja (VIOLA et alii, 1988).

2.3.2. Suplementação com metionina

O confronto dos níveis de aminoácidos do farelo de soja com as exigências destes nutrientes pela tilápia-do-nilo, estabelecidas por SANTIAGO & LOVELL (1988), reafirma o que KETOLA (1982) concluiu para o salmão-do-Atlântico. A metionina é o primeiro aminoácido limitante

neste alimento, embora níveis marginais de treonina e, a seguir, de triptofano pareçam existir.

Esta deficiência em metionina, também um consenso geral entre outros pesquisadores (DABROWSKI & KOZAK, 1979; JACKSON et alii, 1982), é a principal responsável pela grande frequência com que são realizados estudos, visando, principalmente, a suplementação de rações, à base de farelo de soja, com metionina sintética como meio de assegurar satisfatória performance animal.

DABROWSKI et alii (1989) observaram um alto coeficiente de correlação ($r=0,961$) entre ganho de peso e a taxa aparente de absorção de metionina para truta arco-íris. O aumento na inclusão de farelo de soja na ração resultou em redução da digestibilidade de diferentes aminoácidos, principalmente da metionina, 63% disponível em rações contendo 50% deste alimento contra 85% em dietas a base de farinha de peixe (35% de farinha de peixe na composição).

A suplementação de dietas, contendo farelo de soja (41%), farinha de peixe (10%) e levedura (13%), com 0,25% de DL-metionina resultou em ganho de peso 36% superior e uma elevação de cerca de 20% na eficiência alimentar de alevinos de carpa comum (MURAI et alii, 1989).

Rações para tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*), onde 30% da proteína fornecida pela farinha de peixe foi substituída pelo farelo de soja, não necessitaram de suplementação com metionina quando os níveis protéicos eram de 24% (SHIAU et alii, 1987). No entanto, com a eleva-

ção do nível protéico para 32%, as taxas normais de crescimento só puderam ser restabelecidas após suplementação com 0,26% deste aminoácido.

A deficiência de metionina em truta arco-Iris provoca um aumento na incidência de cataratas, conforme relatos de KETOLA (1982) e POSTON (1986). Este último pesquisador, suplementando dietas para esta espécie com diferentes fontes de metionina sintética, verificou uma melhor utilização da L-metionina na promoção de crescimento e prevenção deste distúrbio nutricional, quando comparada à DL-metionina e à CaMHA (Cálcio-metionina hidroxí análoga). Um ganho de peso 16 vezes superior à ração basal (Proteína isolada de soja, 30%; Dextrina, 25%; mistura de aminoácidos, 11%; gordura, 15%) foi alcançado com a incorporação de 0,8% de L-metionina (2,89 g de metionina/100g de proteína). O desempenho dos animais sob esta fonte (L-metionina) foi cerca de 8, 35 e 40% superior à DL-metionina, CaMHA e MHA (Metionina hidroxí-análoga) líquida, respectivamente, a semelhantes níveis de suplementação.

Até o momento, não é grande o número de espécies de peixes que contam com as exigências em aminoácidos totalmente estabelecidas, sendo este privilégio nutricional restrito às espécies de maior valor comercial, ou mesmo, às tradicionalmente utilizadas em aquicultura, como o salmão "Chinook" (*Oncorhynchus tshawytscha*), a truta arco-Iris (*Salmo gairdnei*), o bagre-de-canal (*Ictalurus punctatus*), a carpa comum (*Cyprinus carpio*), a tilápia-do-nilo

(*Oreochromis niloticus*) e a enguia japonesa (*Anguilla japonica*), conforme os relatos em diversas publicações (HILTON & SLINGER, 1981; KETOLA, 1982; NAS/NRC, 1983; HEPHER, 1988; SANTIAGO & LOVELL, 1988).

Ainda assim, há uma grande necessidade dos valores já determinados serem revistos, principalmente após os estudos realizados por KETOLA (1982). Este pesquisador sugeriu a utilização dos índices de aminoácidos na carcaça e nos ovos dos peixes como padrão capaz de garantir maior rapidez e confiabilidade na determinação dos níveis de aminoácidos exigidos pelas diferentes espécies. Posteriormente, GATLIN (1987), trabalhando com três espécies de peixes-iscas muito utilizadas nos Estados Unidos, verificou a existência de uma grande correlação entre o total de aminoácidos do tecido corporal destes peixes e as exigências estabelecidas destes nutrientes para a carpa comum.

2.4. Estudos relacionados à nutrição protéica das espécies autóctones

Informações sob este aspecto nutricional para as espécies da ictiofauna brasileira são ainda pouco disponíveis, principalmente em se tratando especificamente das exigências em aminoácidos. Isto se deve à incipiência dos estudos nutricionais sobre as mesmas, iniciados apenas na década de 80.

MACEDO et alii (1981) investigaram as exigên-

cias protéicas do tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando rações isocalóricas (3.200 kcal de energia metabolizável/kg), observando ótimo desenvolvimento de alevinos desta espécie a níveis protéicos de 22% na ração.

Posteriormente, diferentes níveis energéticos e protéicos foram avaliados em rações para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) por CARNEIRO (1983), que observou um melhor crescimento de animais alimentados com ração de maior teor protéico (26% PB) e energético (3.200 kcal de energia metabolizável/kg).

Outra espécie da região amazônica, o matrinxã (*Brycon cephalus*), que também despertou interesse para cultivo, foi objeto de estudo nutricional. Os coeficientes de digestibilidade aparente da fração protéica de rações contendo desde 20 a 100% de proteína de origem vegetal foram similares (94,4 a 95,5%), demonstrando a grande habilidade deste peixe na digestão de alimentos de origem vegetal (CYRINO, 1984).

Posteriormente, inúmeros ensaios de alimentação foram conduzidos no Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura (CEPTA, Pirassununga-SP), principalmente com o pacu, destacando-se o ensaio de CANTELMO & DE SOUZA (1986), utilizando rações com diferentes proporções de proteína de origem animal e vegetal, indicando a possibilidade de confecção de rações exclusivamente à base de ingredientes de origem vegetal sem prejuízo ao desempenho deste peixe.

BRENER (1988), usando dietas purificadas com

3.300 kcal de energia metabolizável/kg, obteve melhores características de performance (taxa de crescimento e conversão alimentar) em alevinos de pacu quando tais dietas continham 36% de proteína bruta.

Recentemente, CARNEIRO (1990), verificou o efeito da temperatura (24, 28 e 30°C) sobre a exigência em proteína e energia para o pacu. Os melhores índices de desempenho foram observados nas condições de temperaturas mais elevadas (28 e 30°C) sob rações contendo 30% de PB e 3600 kcal de EB/kg, sugerindo a necessidade de se reajustar os níveis dos nutrientes nas rações, em função das condições climáticas do local de cultivo.

PEZZATTO (1990), verificou o efeito da fonte (animal e vegetal) e níveis de gordura (8, 16 e 24%) na dieta, sobre o desempenho e a composição corporal em ácidos graxos do pacu. Constatou uma grande habilidade deste peixe no aproveitamento da gordura dietária, principalmente de origem animal e, também, uma maior retenção de proteína corporal com a inclusão de gordura nas rações.

2.5. Considerações finais

Embora um bom volume de informações a respeito dos aspectos reprodutivos e sistemas de cultivos das principais espécies nacionais, com destaque ao pacu e ao tambaqui, encontra-se, hoje, disponível aos piscicultores (SUDEPE/COLCIENCIAS/CIID-CANADA, 1989), algumas áreas, como por exemplo a da nutrição, ainda apresentam grandes lacunas,

apesar dos esforços de inúmeros pesquisadores.

Atualmente, a grande totalidade do cultivo de peixes no Brasil visa explorar, ao máximo, a produtividade natural dos ecossistemas aquáticos, principalmente utilizando-se de resíduos agropecuários, de forma a se reduzir à valores mínimos a participação do item alimentação no custo de produção do pescado. No entanto, é ponto pacífico o aumento nas receitas líquidas por unidade de área alagada, em função das maiores produtividades alcançadas, com o arraçoamento dos animais, mesmo isto implicando em aumento do custo de produção da unidade de pescado.

Estas receitas líquidas tenderão a atingir valores cada vez maiores à medida que a eficiência alimentar for aumentada e o custo da ração reduzido.

O aumento da eficiência alimentar, possível a partir do conhecimento das exigências nutricionais da espécie em cultivo, e a redução do preço da ração, através de formulação de custo mínimo, com uma grande variedade de alimentos disponíveis e a preços mais acessíveis, contribuirão efetivamente para o aumento destas receitas líquidas, tornando a atividade ainda mais atrativa.

É sob esta perspectiva que se optou pela realização do presente estudo com o pacu, uma das espécies autóctones que vem sendo amplamente utilizada em cultivo, em função de sua rusticidade, precocidade em termos de crescimento e boa receptividade pelo mercado consumidor.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Campus de Piracicaba-S.P., durante o período de 08 de janeiro a 04 de março de 1990.

Foram utilizados 104 alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) do Setor de Piscicultura do DZ/ESALQ-USP, divididos em 4 grupos de 20 animais, homogêneos em relação ao peso de cada indivíduo. No início do período experimental, 6 animais de cada bloco foram sacrificados para realização de análise da composição corporal.

O período de adaptação pré-experimental foi de 30 dias, em aquários semelhantes aos utilizados no período experimental, durante o qual os animais recebiam ração de manutenção (30% PB e 3.200 kcal de ED/kg) "ad libitum", em duas refeições diárias. A duração do período experimental foi de 56 dias.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições,

sendo cada um dos blocos composto por 5 unidades experimentais, que consistiram em aquários de fibro-cimento, revestidos com tinta epoxi, com volume de 250 litros e fluxo contínuo de 1,8 litros/minuto, cada qual abrigando 4 animais (Figura 1).

Figura 1. Aspecto das unidades experimentais utilizadas.

O peso médio inicial dos alevinos nos blocos 1, 2, 3 e 4 foram, respectivamente, de $26,10 \pm 0,91\text{g}$; $11,50 \pm 0,18\text{g}$; $9,30 \pm 0,41\text{g}$; $4,80 \pm 0,33\text{g}$ (Figura 2).

Figura 2. Alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) ao início do período experimental.

As rações experimentais foram elaboradas com base em análises prévias da composição química dos ingredientes (Tabela 1), no que diz respeito aos teores de proteína bruta (Método de Kjeldahl), energia bruta (Bomba Calorimétrica) e aminoácidos essenciais (aminograma fornecido pela BRASWEY S.A. Indústria e Comércio), determinados de acordo com a A.O.A.C. (1984), de modo a apresentarem-se isoprotéicas (28% de proteína bruta) e isocalóricas (3.300 kcal de E.D./ kg).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados na confecção das rações experimentais (com base na matéria original).

Composição Química	Ingredientes ⁽²⁾				
	far. peixe	far. soja	milho moído	far. arroz	far. trigo
Matéria seca (%)	93,77	87,80	87,31	89,53	88,21
Proteína bruta (%)	57,14	45,51	9,13	12,21	15,47
Energia bruta (kcal/kg)	4380	4160	3923	4350	4061
Energia dig. (kcal/kg) ⁽¹⁾	4007	3305	2493	3393	3086
Cálcio total (%)	6,38	0,43	0,04	0,07	0,13
Fósforo total (%)	3,36	0,60	0,23	1,30	0,77
Fósforo disponível (%) ⁽¹⁾	2,18	0,17	0,06	0,33	0,22
Aminoácidos (%)					
arginina	3,199	2,950	0,368	0,731	0,976
cistina	0,547	0,712	0,219	0,256	0,361
fenilalanina	2,180	2,075	0,408	0,418	0,605
isoleucina	2,337	1,986	0,345	0,383	0,540
leucina	4,352	3,651	1,152	0,841	1,157
lisina	3,993	2,694	0,241	0,542	0,634
metionina	1,381	0,653	0,209	0,227	0,270
treonina	2,387	1,844	0,339	0,460	0,529
triptofano	0,661	0,605	0,059	0,097	0,155
valina	2,616	1,982	0,433	0,574	0,721

(1) valores calculados com base nos coeficientes de digestibilidade da energia para tilápias e na disponibilidade de fósforo para o bagre-de-canal, de acordo com o N.R.C. (1983).

(2) óleo de soja: 8930 Kcal de energia digestível/kg (N.R.C., 1983).

Suplementaram-se as rações experimentais à base de farelo de soja com DL-metionina (99% de pureza) a diferentes níveis, como ilustrado na tabela 2.

Tabela 2. Composição das rações experimentais.

	TRATAMENTOS ⁽¹⁾				
	controle	F.soja (0,49)	F.soja (0,33)	F.soja (0,17)	F.soja (0,00)
Farinha de peixe ⁽²⁾	26,64	-	-	-	-
Farelo de soja	10,82	50,70	50,70	50,70	50,70
Milho moído	10,59	-	-	-	-
Farelo de arroz ⁽²⁾	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Farelo de trigo	25,00	11,95	12,11	12,27	12,44
Fosfato monob.de sódio ⁽³⁾	0,78	3,48	3,48	3,48	3,48
Carbonato de cálcio ⁽⁴⁾	-	2,87	2,87	2,87	2,87
Óleo de soja	-	4,51	4,51	4,51	4,51
Sup. vitamínico ⁽⁵⁾	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sup. mineral ⁽⁶⁾	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Dl-metionina	0,17	0,49	0,33	0,17	-

(1) os valores entre parênteses caracterizam os níveis de suplementação com DL-metionina (%).

(2) ingredientes estabilizados com etoxiquin na concentração de 400 mg/kg.

(3) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (p.a.), contendo 22,5% de P total e 20,25% de P disponível para o Bagre-de-Canal, de acordo com o NRC/NAS (1983).

(4) CaCO_3 (p.a.), contendo 40% de cálcio.

(5) composição por quilo de suplemento (quantidade por kg de PREMIX): Vitamina A, 1.430.000 U.I.; Vitamina D3, 220.000 U.I.; Vitamina E, 12.000 U.I.; Vitamina K, 2.200 mg; Colina, 121.000 mg; Niacina, 22.000 mg; Riboflavina, 8.000 mg; Piridoxina, 5.600 mg; Tiamina, 4.400 mg; D-Pantotenato de Cálcio, 20.000 mg; Biotina, 20 mg; Ácido fólico, 1.100 mg; Vitamina B12, 6 mg; Vitamina C, 30.000 mg.

(6) composição por quilo de suplemento: Manganês-80g; Ferro-180g; Zinco-140g; Cobre-30g; Cobalto-4g; Iodo-4g.

Os ingredientes foram finamente triturados em moinho de faca com peneira de 2 mm de diâmetro. Após prévia mistura, às rações eram adicionadas água ao nível de 30%, de modo a se obter uma massa possível de ser granulada em moedor de carne comercial. O diâmetro dos grânulos obtidos foi de 4 mm. Imediatamente à granulação, o material foi transferido para estufa com ventilação forçada e secado à

temperatura de 65°C por 48 horas. A seguir, os grânulos secos foram triturados e peneirados, sendo recuperadas partículas de comprimento mínimo de 3 e máximo de 5 mm, que foram armazenadas em sacos plásticos sob refrigeração. A composição química das rações experimentais é ilustrada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química das rações experimentais com base na matéria original

	controle	F.soja (0,49)	F.soja (0,33)	F.soja (0,17)	F.soja (0,00)
<u>Analísados</u>					
Matéria seca (%)	95,01	95,02	94,42	95,16	93,58
Proteína bruta (%)	27,84	27,94	27,96	28,21	27,26
Fibra bruta (%)	6,68	7,35	6,66	7,17	7,27
Extrato etéreo (%)	6,31	9,05	8,84	8,73	8,70
Matéria mineral (%)	12,24	12,68	11,94	11,81	12,45
Extr. não nitrogenado (%)	41,94	38,00	39,02	39,24	37,89
<u>Calculados⁽¹⁾</u>					
Energia bruta (kcal/kg)	4135	4121	4127	4134	4141
Energia digest. (kcal/kg)	3309	3295	3300	3305	3311
Cálcio total (%)	1,80	1,40	1,40	1,40	1,40
Fósforo total (%)	1,68	1,51	1,51	1,51	1,51
Fósforo disp. (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Aminoácidos (%)					
arginina	1,64	1,80	1,80	1,80	1,80
cistina	0,40	0,47	0,47	0,47	0,47
fenilalanina	1,10	1,23	1,23	1,23	1,23
isoeucina	1,10	1,17	1,17	1,17	1,17
leucina	2,18	2,20	2,20	2,20	2,20
lisina	1,67	1,58	1,58	1,58	1,58
metionina	0,75	0,91	0,75	0,59	0,43
treonina	1,12	1,11	1,11	1,11	1,11
triptofano	0,31	0,35	0,35	0,35	0,35
valina	1,28	1,24	1,24	1,24	1,24

(1) A partir dos valores apresentados na Tabela 1.

O arraçoamento diário correspondeu a 3% do peso vivo dos animais, fornecidos em duas refeições iguais,

às 8:00 e às 16:00 horas. A biomassa total de cada uma das unidades experimentais era registrada a intervalos de 14 dias. A biomassa média de cada bloco servia como base para o reajuste da quantidade de alimento fornecido diariamente.

A temperatura da água dos aquários era registrada diariamente, durante os horários de alimentação.

Outros parâmetros limnológicos como o pH (concentração hidrogeniônica), a alcalinidade total (mg de CaCO_3/l), o oxigênio dissolvido (mg de O_2/l) e a dureza total (mg de CaCO_3/l) eram mensurados semanalmente, de acordo com as recomendações do Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater-APHA/AWWA/WPCF (1975).

No início do período experimental, 6 alevinos de cada bloco eram sacrificados e congelados para posterior análise da composição corporal, o mesmo ocorrendo com todos os animais ao final do experimento.

Após secagem em estufa com ventilação forçada a 65 °C, durante 72 horas, os lotes de peixes foram triturados em moinho de faca com peneira de 2 mm de diâmetro. A composição corporal foi determinada pelo Laboratório de Bromatologia do DZ/ESALQ-USP, de acordo com a A.O.A.C. (1984). A umidade foi calculada após secagem em estufa a 105 °C até peso constante; a proteína bruta pelo método de Kjeldahl e a gordura em extrator do tipo Goldfish. A matéria mineral foi determinada após incineração em mufla a 550°C.

Os parâmetros utilizados para a avaliação dos

diferentes tratamentos foram: a) conversão alimentar - C.A. (Quantidade de alimento consumido/Ganho de peso); b) ganho de peso total - G.P.T.; c) taxa de eficiência protéica - T.E.P. (Ganho de peso/Consumo de proteína); d) valor produtivo da proteína - V.P.P.% $[(Proteína\ corporal\ final - Proteína\ corporal\ inicial) \times 100 / Consumo\ de\ proteína]$; e) retenção da energia bruta - R.E.B.% $[(Energia\ corporal\ final - Energia\ corporal\ inicial) \times 100 / Consumo\ de\ energia]$, de acordo com UTNE (1978).

Também foram considerados os valores de composição corporal (água, proteína bruta, gordura e matéria mineral).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância no sistema SANEST/CIAGRI-USP, sendo as médias dos tratamentos comparadas através do Teste DUNNETT, de acordo com WINER (1971).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros limnológicos das unidades experimentais apresentaram pequena variação ao longo do período de estudo. Os valores de pH (concentração hidrogeniônica), temperatura e oxigênio dissolvido foram de $7,16 \pm 0,08$, $27,5 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $5,49 \pm 0,47$ mg de O_2/l , respectivamente. A alcalinidade total (teor de bases tituláveis na água) foi de $6,40 \pm 1,05$ mg de CaCO_3/l e a dureza (concentração de Ca^{+2} e Mg^{+2} livres na água) de $45,90 \pm 2,58$ mg de CaCO_3/l .

Com relação às características de performance e composição corporal dos alevinos de pacu utilizados no experimento, os valores médios para cada tratamento, bem como os resultados do Teste DUNNETT são apresentados na Tabela 4.

Os valores originais de cada uma das variáveis e suas respectivas análises de variância são ilustrados nas tabelas A₁ a A₉ do apêndice.

A Figura 3 ilustra o peso e o comprimento padrão médio dos diferentes blocos ao final do período experimental.

Tabela 4. Médias das características de performance e composição corporal dos alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*)^(a).

	RAÇÕES EXPERIMENTAIS				
	Controle	F.soja (0,49)	F.soja (0,33)	F.soja (0,17)	F.soja (0,00)
Ganho de Peso (g)	80,50	86,75	72,25	85,25	74,25
Conversão Alimentar	1,35	1,29	1,47	1,29	1,50
Composição Corporal					
água (%)	73,86	75,15	75,26	75,15	74,13
proteína(%)	14,06	13,81	13,69	13,67	14,50
gordura (%)	8,23	7,31	7,19	7,49	7,71
minerais (%)	3,85	3,73	3,87	3,70	3,67
V.P.P.(%) ^(c)	36,75	NS 37,20	* 32,25	NS 36,33	NS 35,99
T.E.P. ^(d)	2,67	2,77	2,43	2,76	2,48
R.E.B. ^(e)	30,54	28,81	25,02	29,09	24,60

	C.V.:(%) ^(b)
Ganho de peso (g)	11,15
Conversão Alimentar	8,87
Composição Corporal	
água (%)	1,15
proteína (%)	2,40
gordura (%)	8,54
minerais	3,03
V.P.P.(%) ^(c)	6,07
T.E.P. ^(d)	8,28
R.E.B. ^(e)	16,69

(a) Comparação das médias das rações à base de farelo de soja com a média da ração controle pelo Teste DUNNETT. Para uma mesma variável, valores assinalados com asterístico (*) diferem do controle ($P < 0,05$).

(b) Coeficiente de variação.

(c) Valor produtivo da proteína = (Proteína corporal final - Proteína corporal inicial) x 100 / Proteína consumida.

(d) Taxa de eficiência protéica = (ganho de peso / consumo de proteína).

(e) Retenção de energia bruta = (ganho de energia corporal / consumo de energia) x 100, calculado de acordo com o NRC/NAS (1977), considerando os valores de 5,7 kcal/g de proteína e 9,5 kcal/g de gordura.

Figura 3. Alevinos de pacu *Piaractus mesopotamicus* ao final do período experimental.

As médias do ganho de peso (G.P.T.) dos animais (os valores apresentados na tabela 3 representam a média de 4 unidades experimentais, cada qual composta por um conjunto de 4 peixes) variaram entre 72,25 (F. soja 0,33) a 86,75g (F. soja 0,49), não sendo verificada diferença significativa ($P > 0,05$) entre rações à base de farelo de soja e a ração controle. Resultados semelhantes foram obtidos por VIOLA *et alii* (1988), na substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para tilápias híbridas (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), que observaram apenas a

necessidade de suplementação das mesmas com uma fonte de fósforo (4% de fosfato bicálcico).

Em estudo anterior a este, já havia sido verificada a possibilidade de se utilizar, no cultivo de carpas, rações isentas de proteína de origem animal, contendo até 45% de farelo de soja, desde que suplementadas com 0,5% de metionina, 0,5% de lisina e 10% de óleo, sem qualquer prejuízo na performance dos animais, quando comparadas a uma ração controle, contendo 25% de farinha de peixe (VIOLA et alii, 1982).

No entanto, tal substituição foi negativa nos estudos de ANDREWS & PAGE (1974) com o bagre-de-canal (*Ictalurus punctatus*), mesmo após a suplementação das rações à base de farelo de soja com aminoácidos sintéticos (metionina, cistina e lisina) em diferentes níveis, o que pode ser atribuído, principalmente, a não correção dos níveis energéticos das rações contendo este ingrediente.

Do mesmo modo, DEGANI et alii (1988) constataram uma redução de até 5 vezes no crescimento do bagre africano (*Clarias gariepinus*) recebendo rações isentas de proteína animal, contendo até 72% de farelo de soja, sem qualquer suplementação com aminoácidos, minerais e gordura. A ração à base de farinha de peixe (45%) chegou a apresentar energia digestível 160 kcal/kg superior à ração contendo 72% de farelo de soja. Isto poderia explicar tamanha diferença no ganho de peso dos animais.

As rações à base de farelo de soja (51%) do

presente estudo com o pacu, foram suplementados com óleo de soja e fosfato monobásico de sódio, de modo a atingirem níveis de energia digestível (3.300 kcal/kg) e fósforo disponível (0,90%) semelhantes aos da ração controle (27% de farinha de peixe), em função dos valores de disponibilidade destes nutrientes apresentados pelo NRC/NAS (1983), para *Tilapia spp.* (energia digestível) e bagre-do-canal (fósforo disponível). Tal suplementação demonstrou, portanto, ser suficiente para assegurar semelhante ganho de peso entre a ração controle e as contendo farelo de soja ($P > 0,05$), independente da suplementação com DL-metionina a níveis recomendados por SANTIAGO & LOVELL (1988) para a tilápia-do-nilo (2,68g/ 100g de proteína).

Por outro lado, o menor nível de suplementação com DL-metionina (0,17%) foi suficiente para garantir um ganho de peso cerca de 15% superior ao tratamento sem suplementação (F. soja 0,00). Deixando de considerar esta última evidência, dois grandes riscos poderiam resultar em significativo erro na interpretação dos resultados.

O primeiro em função de poder existir diferenças sensíveis entre os coeficientes de digestibilidade da energia dos ingredientes utilizados nas rações experimentais, para *Tilapia spp.* e o pacu. O trabalho de HANLEY (1987), comparado ao apresentado pelo NRC/NAS (1983), determinou valores mais elevados para a digestibilidade da energia de diversos alimentos para a tilápia-do-nilo. Estes valores, quando aplicados às rações do presente trabalho,

resultaram num conteúdo de 210 kcal de ED/kg da ração controle, superior àquele das dietas isentas de proteína de origem animal.

Os estudos de HANLEY (1987), portanto, reforçam a hipótese de existir grandes diferenças entre os coeficientes de digestibilidade da energia dos alimentos para a tilápia-do-nilo e o pacu. Embora ainda sem evidências científicas, há indicações de que o pacu possivelmente possua uma maior habilidade em aproveitar a energia das rações à base de farelo de soja. No entanto, face à semelhança no ganho de peso, a utilização dos coeficientes de digestibilidade da energia propostos pelo N.R.C./N.A.S. (1983) para *Tilapia spp.* demonstrou uma possível melhor precisão na estimativa da energia digestível das rações, comparados aos valores determinados por HANLEY (1987), conforme mostra a Tabela 5.

O segundo risco é com relação à exigência em metionina, ainda uma incógnita para o pacu, determinada como sendo 2,68% da proteína para a tilápia-do-nilo (SANTIAGO & LOVELL, 1988). A ração experimental sem suplementação com DL-metionina, apresentou níveis deste aminoácido de 1,58% da proteína. Bastaria, então, a exigência de metionina pelo pacu ser em torno de 60% daquela da tilápia-do-nilo, para que não houvesse, realmente, necessidade de suplementação das rações à base de farelo de soja com este aminoácido.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade da energia de alguns alimentos utilizados no preparo das rações experimentais, de acordo com o N.R.C./N.A.S. (1983) para *Tilapia spp.* e com HANLEY (1987) para a tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus*.

Alimentos	Coef. de digest. da energia bruta (%)	
	N.R.C./N.A.S	HANLEY
Farinha de peixe	91,5	79,8
Farelo de soja	79,5	56,6
Milho moído	64,6	76,0
Farelo de trigo	76,0	57,6

FONTE: N.R.C./N.A.S. (1983); HANLEY (1987)

Do mesmo modo observado para o ganho de peso, os valores de conversão alimentar (C.A.) de 1,29 (F. soja 0,49) a 1,50 (F. soja 0,00) também não apresentaram diferenças pelo Teste DUNNETT ($P > 0,05$). Tais valores foram melhores do que os obtidos em estudos com alevinos desta espécie (BRENER, 1988; CARNEIRO, 1990; PEZZATO, 1990). Estes resultados podem ser atribuídos às boas condições de qualidade de água nas unidades experimentais, ao extenso período de adaptação pré-experimental (30 dias), que assegurou um consumo adequado do alimento e uma redução no estresse dos animais e à boa qualidade das rações experimentais.

Com relação à composição corporal dos animais utilizados no experimento, não foram observadas quaisquer diferenças ($P > 0,05$) entre o controle e as rações à base de farelo de soja, no que diz respeito às variáveis estudadas.

Os teores de proteína variaram de 13,67 (F. soja 0,17) a 14,50% (F. soja 0,00), enquanto que a composição corporal em lipídios oscilou de 7,19 (F. soja 0,33) a 8,23% (controle).

De modo semelhante ao observado no presente estudo, inúmeros pesquisadores não observaram diferenças significativas na composição corporal de peixes das mais diferentes espécies, quando se realizou a substituição parcial ou total da farinha de peixe pelo farelo de soja (VIOLA et alii, 1982; VIOLA et alii, 1988; BALOGUN & OLOGHOB, 1989; DAVIES et alii, 1989).

BRENER (1989), em estudo visando quantificar a exigência protéica de alevinos de Pacu, registrou uma composição corporal em água (69 a 73%), proteína (16 a 17%), gordura (6,5 a 9,0%) e minerais (4,37 a 4,72%) bastante próxima da observada no presente trabalho.

Por outro lado, PEZZATO (1990), trabalhando com alevinos de pacu, alimentados com rações contendo gordura de origem animal e vegetal a níveis de 8, 16 e 24%, observou valores elevados de proteína corporal na matéria seca (66 a 79%) comparados aos encontrados no presente experimento (55-56%), enquanto a composição em gordura foi surpreendentemente inferior (20 a 28% contra 29 a 32% na matéria seca), mesmo sendo aqueles animais de tamanho semelhante aos utilizados neste estudo. Este confronto reforça a hipótese, anteriormente levantada, no que diz respeito à digestibilidade da energia dos alimentos utilizados no presente estudo ou, pelo menos, reflete a

maior eficiência alimentar (0,67 a 0,78), quando comparada aos valores obtidos no trabalho daquele pesquisador (0,33 a 0,47).

Em função da composição corporal em gorduras dos animais sob o tratamento controle ser, em média, 11% superior aos outros tratamentos, embora não significativa ($P > 0,05$), pode-se sugerir a possibilidade da primeira apresentar um conteúdo de energia digestível superior às demais. No entanto, esta diferença pareceu não ter sido suficientemente grande a ponto de proporcionar desempenhos diferentes.

Este fato, uma vez mais, reforça a hipótese de que os coeficientes de digestibilidade da energia (Tabela 5), propostos pelo N.R.C./N.A.S. (1983) para *Tilapia spp.*, são de grande valia na formulação de rações para o pacu, principalmente quando se atenta para o fato de que a energia bruta das rações experimentais utilizadas não apresentou diferença maior que 20 kcal/kg, o mesmo sendo verificado para a energia digestível calculada (16 kcal/kg). Isto, porém, não elimina a urgente necessidade de se determinar os coeficientes de digestibilidade da energia específicos para este peixe.

O valor produtivo de proteína (V.P.P.) variou de 32,25 (F. soja 0,33) a 37,20% (F. soja 0,49). Para esta variável apenas foi detectada diferença ($P < 0,05$) entre a ração controle (36,75%) e a ração à base de farelo de soja suplementada com 0,33% de DL-metionina (32,25%). Tais valores foram bastante superior aos observados por BRENER (1988)

para o próprio pacu (18 a 32%). O trabalho daquele pesquisador foi possivelmente prejudicado pelas baixas temperaturas durante o segundo período experimental (22,8°C de média) e pelas grandes e frequentes oscilações médias diárias de 3,6 °C neste parâmetro, o que resultou em sobra de alimento nas unidades experimentais.

Os demais tratamentos, mesmo aquele sem qualquer suplementação com DL-metionina (F. soja 0,00), não diferiram significativamente do controle ($P > 0,05$) no que concerne esta variável, contrastando com os estudos de HIDALGO et alii (1987) que, utilizando rações contendo 54% de farelo de soja suplementadas com 0,14% de L-metionina e 0,44% de L-cistina, na alimentação da perca marinha (*Dicentrarchus labrax*), observaram um acréscimo de 46% na retenção da proteína (V.P.P.). Níveis tanto maiores como menores de suplementação com estes aminoácidos, resultaram em redução da retenção protéica nesta espécie.

Mais recentemente, MURAI et alii (1989) também constatarem essa mesma tendência em rações contendo 41% de farelo de soja fornecidas a alevinos de carpa comum. Enquanto a suplementação com 0,25% de L-metionina aumentava a retenção da proteína em 36% em relação a uma ração controle, sem nenhuma suplementação com este aminoácido, níveis de 0,5% de L-metionina, reduzia novamente a performance dos animais para níveis semelhantes ao do tratamento controle. Isto foi atribuído a uma possível toxidez causada pela L-metionina, considerada o mais tóxico

dos aminoácidos naturais conhecidos.

Esta toxidez, no entanto, não foi observada nos estudos de WALTON et alii (1982) e POSTON (1986) que suplementaram rações para truta arco-Iris (*Salmo gairdneri*) com este aminoácido, à níveis de 1,0 e 0,8%, respectivamente.

Retornando ao presente estudo com o pacu, embora o tratamento "F. soja 0,33" tenha apresentado um V.P.P. cerca de 14% inferior ao controle, de uma forma geral, às rações à base de farelo de soja proporcionaram um desempenho semelhante ao tratamento controle ($P > 0,05$) com relação a esta variável. Isto indica ser desnecessária a suplementação da dieta com DL-metionina para se aumentar a retenção da proteína e, também, não ter ocorrido, mesmo à níveis de suplementação de 0,49% de DL-metionina, problemas com a toxidez deste aminoácido em pacu. Isto reforça a possibilidade de existir grandes diferenças entre as muitas espécies, no que diz respeito a esta toxidez.

A DL-metionina, de acordo com os estudos de ROBINSON et alii (1978) e POSTON (1986), também demonstrou ser tão eficiente quanto a L-metionina em promover o crescimento de alevinos de bagre-do-canal e de truta arco-iris, sendo que, nesta última espécie, previniu a ocorrência de catarata (opacidade do cristalino), bastante frequente quando as rações continham níveis inferiores a 0,46% de metionina, o que já havia sido constatado anteriormente por WALTON et alii (1982). Essa anomalia nutricional não foi

observada nos alevinos de pacu do presente experimento, mesmo no tratamento sem qualquer suplementação com DL-metionina, que continha níveis de 0,43% deste aminoácido.

Novamente, portanto, chama-se a atenção para a possibilidade dos níveis de exigência deste aminoácido pelo pacu poderem ser menores que os níveis até o momento determinados para as espécies mais utilizadas em aquicultura, como por exemplo o bagre-do-canal, a carpa comum, a tilápia-do-nilo e a truta arco-íris, entre outras.

Ainda com relação ao valor produtivo da proteína, cabe, neste momento, um novo parêntese.

Da mesma forma como a substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja não demonstrou reduzir os valores desta variável para os alevinos de Pacu, no presente estudo, VIOLA et alii (1982) verificaram esta tendência para a carpa comum, embora os valores encontrados por estes pesquisadores, em torno de 20%, tivessem sido, em média, 43% inferiores aos obtidos neste trabalho.

Esta baixa eficiência de retenção da proteína apresentada pela carpa é um reflexo da ausência de uma fase ácida em seus processos digestivos, em virtude deste animal não apresentar um estômago funcional. Com isto a hidrólise protéica torna-se prejudicada, refletindo uma menor retenção do nitrogênio ingerido via alimento.

A formação de compostos de "Maillard", resultando em redução na digestibilidade e na absorção de aminoácidos como a lisina e a arginina, é considerada um dos

principais fatores responsáveis por esta redução na eficiência de aproveitamento da proteína, e consequentemente, na performance produtiva, quando da substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja, principalmente no caso deste último ter sofrido um processamento térmico excessivo.

Em função do que se pode observar no presente trabalho, o pacu apresenta um estômago bastante desenvolvido, ao lado do qual nota-se a presença de cecos pilóricos, estrutura que, em alguns peixes, demonstraram apresentar função secretora de enzimas digestivas, principalmente proteases e lipases, e, também, função absorptiva (LAGLER et alii, 1977), além de uma vesícula biliar bastante desenvolvida (Figura 4).

Pode-se, portanto, sugerir a possibilidade desta espécie apresentar habilidade digestiva comparada à da tilápia híbrida, no que diz respeito ao aproveitamento da fração protéica do alimento, de acordo com os resultados apresentados por VIOLA et alii (1988), o que é capaz de explicar os altos valores de retenção da proteína das rações experimentais por este peixe autóctone que, em seu habitat natural, explora os mais variados itens alimentares, desde folhas, frutas, sementes, insetos, crustáceos e, até mesmo, pequenos peixes (BONETTO & CASTELLO, 1985; PAULA et alii, 1986).

Figura 4. Aspecto do trato digestivo do pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

Reforçando o discutido anteriormente com relação ao aproveitamento da proteína presente nas rações experimentais, não se observou diferença significativa ($P > 0,05$) entre o tratamento controle e as rações à base de farelo de soja, com relação à taxa de eficiência protéica (T.E.P) das mesmas.

Valores entre 2,43 (F. soja 0,33) e 2,77 g de ganho de peso corporal/g de proteína consumida (F. soja 0,49) foram nitidamente superiores aos observados por BALOGUN & OLOGHOBO (1989) para o bagre africano (0,45 a 0,55), recebendo rações contendo de 11 a 45% de farelo de soja. Também foram superiores aos determinados por BRENER (1988), entre 0,39 a 0,67, para o próprio pacu, e aos determinados para larvas de tilápia mossambica (*Oreochromis*

mossambicus), de 0,95 a 1,31 (DAVIES et alii, 1989).

SHIAU et alii (1990), no entanto, registraram taxas de eficiência protéica entre 3,7 a 4,6 para a tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), quando da substituição parcial da farinha de peixe pelo farelo de soja, valores estes nitidamente superiores aos observados neste estudo, refletindo a maior densidade energética das rações utilizadas naquele experimento, o que pode ter proporcionado uma ação economizadora de proteína.

Estes resultados reafirmam a necessidade de se restabelecer os níveis energéticos das rações com substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja, utilizando o óleo de soja ou, até mesmo, em função das constatações feitas por PEZZATO (1990), a gordura animal, a qual o pacu demonstrou possuir habilidade digestiva suficiente para um adequado aproveitamento.

Uma preocupação que surge, com a incorporação de elevados níveis de gordura em rações para peixes, diz respeito à redução da estabilidade das mesmas na água, característica esta de grande importância sobre a eficiência da alimentação e responsável pela grande redução das receitas líquidas obtidas em cultivo, visto a grande participação do item arrazoamento nos custos de produção.

No presente experimento, as rações à base de farelo de soja, que receberam suplementação de 4,5% de óleo de soja, apresentaram valores de extrato etéreo cerca de 40% superior à ração controle. No entanto, em virtude das rações

experimentais haverem sido confeccionadas através de um processo não convencional (em máquina moedora de carne, seguida de secagem em estufa a 65°C por 48 horas), bastante distinto dos processos normais de peletização, o problema da baixa estabilidade na água não foi observado, embora isto não queira dizer que se deva desconsiderar esta questão.

No que diz respeito à retenção da energia bruta (R.E.B.) também não foram detectadas diferenças ($P > 0,05$) entre a ração controle e os demais tratamentos. Os valores variaram entre 24,60 (F. soja 0,00) e 30,54% (controle), sendo observado, no entanto, um efeito positivo da suplementação com DL-metionina a níveis de 0,17% sobre esta variável, resultando em R.E.B. 18% superior à R.E.B. do tratamento sem suplementação deste aminoácido e, apenas 5% inferior ao tratamento controle. Níveis de suplementação maiores do que 0,17% não promoveram melhoria nos valores de R.E.B.

Estes resultados foram similares aos obtidos por VIOLA et alii (1988) com a tilápia híbrida (27 a 30%) e, da mesma forma como observado para o valor produtivo da proteína, nitidamente superiores aos valores de R.E.B observados para a carpa comum (17%) quando da substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja (VIOLA et alii, 1982), mais uma vez chamando a atenção para as diferenças à nível de trato digestivo do pacu e a tilápia, comparados à carpa comum, que não apresenta estômago funcional.

Na Tabela 5, é apresentada a análise final do

custo de cada uma das rações experimentais com base nos preços coletados no Caderno de Economia do jornal "O Estado de São Paulo", em 05/10/90, para a farinha de peixe (Cr\$ 23,00/ kg), o farelo de soja (Cr\$ 13,80/ kg), o milho grão (Cr\$ 13,80/ kg) e o óleo de soja (Cr\$ 36,50/ kg) e, em fábricas de rações e suplementos para o farelo de arroz (Cr\$ 7,00/ kg), o farelo de trigo (Cr\$ 7,00/ kg), fosfato bicálcico (Cr\$ 40,00/ kg), carbonato de cálcio (Cr\$ 6,50/ kg), suplemento vitamínico (Cr\$ 250,00/ kg), suplemento mineral (Cr\$ 11,00/ kg) e a DL-metionina (Cr\$ 380,00/ kg). O valor do fosfato bicálcico foi utilizado em substituição ao do fosfato monobásico de sódio, em virtude deste último se tratar de um reagente p.a., para uso em laboratório.

Os valores calculados mostram que, em média, as rações à base de farelo de soja tiveram preço 1,6% superior ao da ração controle. Este fato é atribuído à necessidade de se suplementar tais rações com o óleo de soja (responsável por 10 a 12% do custo da ração) e fosfato bicálcico (9 a 8%).

A suplementação com DL-metionina representou desde 4,4 a 12% do custo da ração, em função do nível incorporado. A ração suplementada com 0,49% de DL-metionina apresentou preço cerca de 8% superior ao do controle.

Tabela 6. Comparação entre o preço das rações experimentais e seus respectivos custos de produção de uma unidade de peixe.

RAÇÕES EXPERIMENTAIS					
	Controle	F.soja (0,49)	F.soja (0,33)	F.soja (0,17)	F.soja (0,00)
Preço total (Cr\$/kg)	14,84	15,97	15,38	14,78	14,15
Preço relativo	100,00	107,60	103,60	99,66	95,40
Custo/ kg de peixe	20,03	20,60	22,61	19,07	21,23
Custo relativo	100,00	102,80	112,90	95,20	106,00

O custo de produção de um quilo de peixe (preço total da ração x conversão alimentar) foi, em média, 4% superior com o uso de rações à base de farelo de soja. A ração suplementada com 0,33% de DL-metionina (F. soja 0.33) apresentou um custo de produção 13% superior em relação ao controle, enquanto a ração suplementada com 0,17% deste aminoácido (F. soja 0,17) possibilitou uma redução de cerca de 5% neste mesmo parâmetro.

Estes preços estão frequentemente sujeitos a variações em função de uma maior ou menor oferta destes ingredientes ao longo de cada ano, sendo este, portanto, o fator determinante da utilização ou não do farelo de soja, lançando-se mão, impreterivelmente, do uso de formulação, que atenda adequadamente as exigências nutricionais da espécie cultivada, a um menor custo possível.

5. CONCLUSÕES

A substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja, em rações para alevinos de pacu, desde que sejam restabelecidos os níveis de energia digestível e de fósforo disponível, com base nos valores apresentados pelo NRC/NAS (1983) para tilápias e bagre-do-canal, respectivamente, é plenamente possível, independente de se realizar ou não a suplementação com DL-metionina.

Os animais alimentados com rações isentas de proteína de origem animal, apresentaram características de performance e composição corporal semelhantes àqueles que receberam ração contendo farinha de peixe.

Em função dos resultados observados, sugere-se a possibilidade da exigência em metionina dos alevinos de pacu estar em torno de 60 a 80% daquela determinada por SANTIAGO & LOVELL (1988) para a tilápia-do-nilo (ao redor de 2,68g/100g de proteína).

Também foi constatado ser de grande auxílio a utilização dos coeficientes de digestibilidade da energia apresentados pelos N.R.C./N.A.S (1983) para *Tilapia spp.*, pelo menos no que diz respeito aos ingredientes básicos das

rações experimentais. Estes coeficientes poderão ser utilizados em futuros experimentos com o pacu, enquanto valores específicos para este peixe permanecerem indeterminados.

Embora o tratamento sem suplementação com DL-metionina tenha assegurado características de performance semelhante à ração à base de farinha de peixe, o ganho de peso 15% superior observado com a suplementação deste aminoácido ao nível de 0,17% na ração (em relação a ausência de suplementação) se constitui em argumento bastante sólido para que esta seja feita, principalmente em função da completa ausência de informações sobre as exigências em aminoácidos para este peixe.

Em função dos preços atuais das matérias-primas utilizadas na confecção destas rações e dos resultados obtidos neste estudo, verificou-se a possibilidade de reduzir em 5% o custo de produção da unidade de peixe quando da utilização de ração a base de farelo de soja suplementada com 0,17% de DL-metionina, situação esta possível de ser modificada em função da grande flutuação sazonal nos preços destes ingredientes e, também, das diferentes condições de cultivo a que esta espécie poderá ser submetida.

Independente deste fato, esta é mais uma importante informação a contribuir para a ampliação dos conhecimentos sobre as exigências e as habilidades nutricionais desta espécie, possibilitando novas opções para a formulação de rações, nutricionalmente satisfatórias e de custo mínimo, para o seu cultivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAq. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., São Carlos, SP, 1984. Anais. ABRAq, 1984.
- _____. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 4., Cuiabá, MT, 1986. Anais. ABRAq, 1986. 215p.
- _____. SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO, 6. & SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5., Florianópolis, SC, 1988. Anais. ALA/ABRAq, 1988.
- _____. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 6., Natal, RN, 1990. Anais. ABRAq, 1990.
- ALEXIS, M.N.; PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLU, E.; THEOCHAI, V. Formulation of practical diets for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry-by-products and certain plant-by-products. Aquaculture, Amsterdam, 50: 61-73, 1985.
- ANDREWS, J.W. & PAGE, J.W. Growth factors in the fish meal component of Catfish diets. Journal of Nutrition, 104: 1091-1096, 1974.
- ANTOINE, T.; WERY, P.; MICHA, J.C.; VAN HOVE, C. Comparision de la croissance et de la composition chimique d'*Oreochromis* (Tilapia) *niloticus* L. et de

Cichlassoma (Theraps) *melanurum* Gth. nourris avec *Azolla*.

Aquaculture, Amsterdam, 66: 181-196, 1987.

A.O.A.C. (Official Methods of Analysis). 14th edn.
Arlington-Virginia-USA, Association of Official
Analytical Chemists, 1984. 1102 p.

APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods-for the examination of
water and wastewater. 14.ed. Washington, American
Public Health Association, 1975. 1193p.

ASGARD, T. & AUSTRENG, E. Blood, ensiled or frozen, as feed
for salmonids. Aquaculture, Amsterdam, 55: 263-284,
1986.

BALOGUN, A.M. & OLOGHOB, A.D. Growth performance and
nutrient utilization of fingerling *Clarias gariepinus*
(Burchell) fed raw and cooked soybean diets.
Aquaculture, Amsterdam, 76: 119-126, 1989.

BAYNE, D.R.; DUNSETH, D.; RAMIRIOS, C.G. Supplemental feeds
containing coffee pulp for rearing Tilapia in Central
America. Aquaculture, Amsterdam, 7: 133-146, 1976.

BEAMISH, F.W.H. & MEDLAND, T.E. Protein sparing in large
Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*, Aquaculture, Amsterdam,
55: 35-42, 1986.

BONETTO, A.A. & CASTELLO, H.P. Pesca y piscicultura en
aguas continentales de America Latina. Washington, D.C.,
Secretaria General de la Organización de los Estados
Americanos- Programa Regional de desarrollo científico y
tecnológico, monografía 31, 1986. 118p.

BRENER, M. Determinação da exigência de proteína do pacu

(*Colossoma mitrei* Berg., 1895). Viçosa, UFV, 1988. 87p.
(MS-Universidade Federal de Viçosa).

CANTELMO, O.A. & DE SOUZA, J.A. Alimentação do Pacu *Colossoma mitrei*, em diferentes proporções de proteína animal e vegetal. In: Síntese dos trabalhos realizados com espécies do gênero Colossoma. Brasília, Ministério da Agricultura/SUDEPE/CEPTA, 1986. p.28.

CARNEIRO, D.J. Níveis de proteína e energia na alimentação do Pacu, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). Jaboticabal, 1983. 56p. (Mestrado-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP).

CARNEIRO, D.J. Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887). São Carlos, 1990. 59p. (Doutorado - Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR).

CASTAGNOLLI, N. Finfish culture in Brasil. In: AQUACULTURE INTERNATIONAL CONGRESS, 1., Vancouver, 1988. Proceedings. Vancouver, Canada, Aquaculture, 1989. p.343-347.

CASTAGNOLLI, N. & DONALDSON, E.M. Induced ovulation and rearing of the Pacu (*Colosoma mitrei*). Aquaculture, Amsterdam, 25 (3): 275-279, 1981.

CBNA. SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., Campinas, SP, 1986. Anais. Campinas, CBNA, 1986. 134p.

_____. MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO

ANIMAL, 2., Jaboticabal, SP, 1989. Anais. Jaboticabal, CBNA, 1989a. 66p.

_____. MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., Botucatu, SP, 1989. Anais. Botucatu, CBNA, 1989b. 69p.

CHISTIANSEN, D.C. & KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the insulin in fish. Comp. Biochem. Physiol., 88 B (3): 701-711, 1987.

CYRINO, J.E.P. Digestibilidade da proteína de origem animal e vegetal pelo Matrinxã, *Brycon cephalus* Gunther, 1869 (Euteleostei, Characoidei, Characidae). Manaus-A.M., 1984. (Mestrado-CNPq/INPA/FUA).

DABROWSKI, K. & KOZAK, B. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. Aquaculture, Amsterdam, 18: 107-114, 1979.

DABROWSKI, K.; POZYCZYNSKI, P.; KOCK, G.; BERGER, B. Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). New in vivo test for exocrine pancreatic secretion. Aquaculture, Amsterdam, 77: 29-49, 1989.

DAVIES, S.J.; THOMAS, N.; BASTESON, R.L. The nutritional value of a processed soya protein concentrate in diets for tilapia fry (*Oreochromis mossambicus*, Peters). The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgah, 41 (1): 3-11, 1989.

DAVIES, S.J. & WAREHAM, H. A preliminary evaluation of an

- industrial single cell protein diets for *Tilapia* (*Oreochromis mossambicus* Peters). Aquaculture, Amsterdam, 73: 189-199, 1988.
- DAVIS, A.T. & STICKNEY, R.R. Growth responses of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. Trans. Am. Fish. Soc., 107 (3): 479-483, 1978.
- DEGANI, G.; BEN-ZVI, Y.; LEVANON, D. The effect of different dietary protein sources and temperatures on growth and feed utilization of African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgah, 40 (4): 113-117, 1988.
- FERRARIS, R.P.; CATACUTAN, M.R.; MABELIN, R.L.; JASUL, A.P. Digestibility in Milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): Effects of protein source, fish size and salinity. Aquaculture, 59: 93-105, 1986.
- FERRAZ DE LIMA, J.A. & TEODORO, A.J. Observações práticas sobre a reprodução induzida do pacu, *Colossoma mitrei* (liberação de óvulos). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 4., Universidade Federal de Mato Grosso-Cuiabá, 1986. ABRAq/FUNEP, 1986. p.99-112.
- GATLIN, D.M., III. Whole-body amino acid composition and comparative aspects of amino acid nutrition of the Goldfish, Golden Shiner and Fathead Minnow. Aquaculture, Amsterdam, 60: 223-229, 1987.
- GODINHO, H.P. & GODINHO, A.L. Induced spawning of the pacu, *Colossoma mitrei* (Berg 1895), by hypophysation with crude carp pituitary extract. Aquaculture, Amsterdam, 55: 69-

73, 1986.

- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and the effects of selectivity on digestibility determinations in Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). Aquaculture, Amsterdam, 66: 163-179, 1987.
- HENKEN, A.M.; MACHIELS, M.A.M.; DEKKER, W.; HOGENDOORN, H. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture, Amsterdam, 58: 55-74, 1986.
- HEPHER, B. Nutrition of pond fishes. Cambridge, Cambridge University Press, 1988. 387p.
- HIDALGO, F.; ALLIOT, E.; THEBAULT, H. Methionine and cystine supplemented diets for juvenile Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, Amsterdam, 64: 209-217, 1987.
- HILTON, J.W. & SLINGER, S.J. Feeding of Rainbow Trout. Ottawa, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 55-Department of Fisheries and Oceans, 1981. 15p.
- IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro-RJ, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- ano 1, 1989. vol.49, 716p.
- JACKSON, A.J.; CAPPER, B.S.; MATTY, A.J. Evaluation of some proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, Amsterdam, 27: 97-109, 1982.
- KETOLA, H.G. Amino acid nutrition of fishes: Requirements

- and supplementation of diets. Comp. Biochem. Physiol., 73 B (1): 17-24, 1982.
- LEHNINGER, A.T. Biochemistry. 2.ed. New York, Worth Publishers, 1978. 1104p.
- LAGLER, K.F.; BARDACH, J.E.; MILLER, R.R.; PASSINO, D.R.M. Ichthyology. 2.ed. New York, 1977. 506p.
- LIE, O.; LIED, E.; LAMBERTSEN, G. Feed optimization in Atlantic Cod (*Gadus morhua*): Fat versus protein content in the feed. Aquaculture, Amsterdam, 69: 333-341, 1988.
- LOVELL, R.T. Dietary phosphorus requirement of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). Trans. Am. Fish. Soc., 107 (4): 617-621, 1978.
- MACEDO, E.M.; CARNEIRO, D.J.; CASTAGNOLLI, N. Necessidades protéicas na nutrição do Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (Pisces, Characidae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE AQUICULTURA, 2.; ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTORES, 2., Jaboticabal, 1980. Anais. Brasília, SUDEPE, 1981. p.77-78.
- MARTINEZ-PALACIOS, C.A.; GALVÁN CRUZ, R.; OLVERA NOVOA, M.A.; MARTINEZ, C. The use of Jack Bean (*Canavalia ensiformis* Leguminosae) meal as a partial substitute for fish meal in diets for Tilapia (*Oreochromis mossambicus* Cichlidae). Aquaculture, Amsterdam, 68: 165-175, 1988.
- MILLWARD, D.J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. Aquaculture, Amsterdam, 79: 1-28, 1989.
- MURAI, T.; OGATA, H.; KOSUTARAK, P.; ARAI, S. Effects of

amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. Aquaculture, Amsterdam, 56: 197-206, 1986.

MURAI, T.; DAOZUN, W.; OGATA, H. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture, Amsterdam, 77: 373-385, 1989.

NAS/NRC. Nutrient requirements of warmwater fishes. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1977. 78p.

NAS/NRC. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1983. 171p.

NAS/NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1984. 71p.

NAS/NRC. Nutrient requirements of swine. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1988. 93p.

OLVERA, N.; MARTINEZ, P.C.A.; GALVAN, C.R.; CHAVES, S.C. The use of seed of the leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture, Amsterdam, 71: 51-60, 1988.

OTUBUSIN, S.O. Effects of different levels of blood meal in pelleted feeds on Tilapia, *Oreochromis niloticus*, production in floating bamboo net-cages. Aquaculture, Amsterdam, 65: 263-266, 1987.

PAGE, J.W. & ANDREWS, J. W. Interaction of dietary levels

- of protein and energy on Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). Journal of Nutrition, 103: 1339-1346, 1973.
- PAULA, J.E. de; MORAES FILHO, M.B. de; BERNARDINO, G.; MELO, J.S.C. de; FERRARI, V.A. 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. Brasília, Ministério da Agricultura/SUDEPE/CEPTA, 1986. p.24.
- PEZZATO, L.E. Efeito de diferentes níveis de gordura de origem animal e vegetal sobre o desempenho e deposição de ácidos graxos em Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Jaboticabal, 1990. 91p. (Doutorado-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/UNESP).
- PINTO, M.L.G. & GUGLIELMONI, L.A. Observações sobre a reprodução induzida do dourado (*Salminus maxillosus* Vallenciennes, 1849). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 4., Universidade Federal de Mato Grosso-Cuiabá, 1986. ABRAq/FUNEP, 1986. p.89-98.
- POSTON, H.A. Response of Rainbow Trout to source and level of supplemental dietary methionine. Comp. Biochem. Physiol., Great Britan, 83A (4): 739-744, 1986.
- RACKIS, J.J.; MARQUARDT, R.R. A review of the nutritional properties, content and inactivation of trypsin inhibitors oilseeds legumes, potatoes and cereals. In: WORD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, 4., Madrid-Spain, 1986. General Reports. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, 1986. 305-317.

- RANDALL, D.J. & WRIGHT, P.A. Ammonia distribution and excretion in fish. Fish Physiology and Biochemistry, Amsterdam/Berkeley, 3: 107-120, 1987.
- REIS, L.M.; REUTEBUCH, E.M.; LOVELL, R.T. Protein-to-energy rations in production diets and growth, feed conversion and body composition of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture, Amsterdam, 77: 21-27, 1989.
- ROBINSON, E.H.; ALLEN JR, O.W.; POE, W.E.; WILSON, R.P.A. Utilization of dietary sulfur compounds by fingerling Channel Catfish: L-methionine, DL-methionine, methionine hydroxi analogue, taurine and inorganic sulfate. J. Nutr., 108: 1932-1936, 1978.
- SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. Aquaculture, Amsterdam, 54: 205-240, 1986.
- SANTIAGO, C.B.; ALDABA, M.B.; LARON, M.A.; REYES, O.S. Reproductive performance and growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock fed diets containing *Leucaena leucocephala* leaf meal. Aquaculture, Amsterdam, 70: 53-61, 1988.
- SANTIAGO, C.B. & LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile Tilapia. Journal of Nutrition, 118:1540-1546, 1988.
- SATOH, S.; POE, W.E.; WILSON, R.P. Effect of supplemental phytate and/or tricalcium phosphate on weight gain, feed efficiency and zinc content in vertebrae of Channel Catfish. Aquaculture, Amsterdam, 80: 155-161, 1989.

- SCHAIBLE, P.J. Poultry: Feeds and nutrition. West Port, Connecticut, The Avi Publishing Company, 1970. 636p.
- SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. Nutrition of the chicken. 3.ed. New York, M.L.SCOTT & ASSOCIATES, 1982. 562p.
- SENERICHES, M.L.M. & CHIU, Y.N. Effect of fishmeal on the growth, survival and feed efficiency of Milkfish (*Chanos chanos*) fry. Aquaculture, Amsterdam, 71: 61-69, 1988.
- SHIAU, S.Y.; CHUANG, J.L.; SUN, C.L. Inclusion of soybean meal in Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at two protein levels. Aquaculture, Amsterdam, 65: 251-261, 1987.
- SHIAU, S.Y.; LINS, S.F.; YU, S.L.; LIN, A.L.; KWOK, C.C. Defatted and full-fat soybean meal as partial replacements for fishmeal in Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at low protein level. Aquaculture, Amsterdam, 86: 401-407, 1990.
- SUPEDE/COLCIENCIAS.CIID-CANADA. REUNION DO GRUPO DE TRABAJO TECNICO, 1., Pirassununga, S.P., 1988. Cultivo de Colossoma. Bogotá, Colombia, Armando Hernandez R., 1989. 475p.
- THOMPSON, L.U. Phytic acid: chemistry, nutritional effect and removal. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, 4., Madrid-Spain, 1986. Ministério da Agricultura, Pesca y Alimentacion, 1986. p.319-330.
- UTNE, F. Standard methods and terminology in finfish nutrition. In: SYMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISH

- FEED TECHNOLOGY, Hambury, 1978. Proceedings. EIFAC/FAO, 1978, R-1. 14p.
- VIOLA, S.; ARIELI, Y.; ZOHAR, G. Animal-protein-free feeds for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in intensive culture. Aquaculture, Amsterdam, 75: 115-125, 1988.
- VIOLA, S.; MOKADY, S.; ARIELI, Y. Effects of soybean processing methods on the growth of Carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, Amsterdam, 32: 27-38, 1983.
- VIOLA, S.; MOKADY, S.; RAPPAPORT, U.; ARIELI, Y. Partial and complete replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive culture of Carp. Aquaculture, Amsterdam, 26: 223-236, 1982.
- VIOLA, S.; ZOHAR, G.; ARIELI, Y. Phosphorus requirements and its availability from different sources for intensive pond culture species in Israel. Part I. Tilapia. Bamidgeh, 38 (1): 3-12, 1986.
- WALTON, M.J.; COWEY, C.B.; ADRON, J.A. Methionine metabolism in Rainbow Trout diets of differing methionine and cystine content. J. Nutr., 112: 1525-1535, 1982.
- WARD, N.E.; JONES, J.E.; MAURICE, D.V. Vitamin B₁₂ nutriture of chickens fed raw soybean meal. Poultry Science, 65 (1): 106-113, 1986.
- WEE, K.L. & WANG, S.S. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile Tilapia. Aquaculture, 62: 97-108, 1987.
- WILSON, R.P. & FOE, W.E. Relationship of body and egg

essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in Channell Catfish, *Ictalurus punctatus*. Comp. Biochem. Physiol, Great Britain, 80B (2): 385-388, 1985.

WILSON, R.P.; ROBNSON, E.H.; GATLIN III, D.M.; POE, W.E.
Dietary phophorus requirement of Channel Catfish.
Journal of Nutrition, 112: 1197-1202, 1982.

WINER, B.J. Statistical principles in experimental design.
2.ed. San Francisco, McGraw-hill Book Company, 1971.
907p.

APENDICE

Tabela A₁. Valores originais do ganho de peso total (G.P.T) em gramas das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

Blocos	TRATAMENTOS				
	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	151,00	173,00	130,00	161,00	133,00
2	73,00	76,00	64,00	77,00	80,00
3	65,00	65,00	61,00	70,00	58,00
4	33,00	33,00	34,00	33,00	26,00
Médias	80,50	86,75	72,25	85,25	74,25

ANALISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	665,20	116,30	2,10	0,14
Controle x F. soja	1	2,45	2,45	0,03	0,86
Regressão Linear	1	120,05	120,05	1,52	0,24
Regressão Quadrática	1	12,25	12,25	0,15	0,70
Desvios da Regressão	1	530,45	530,45	6,70	0,02
Blocos	3	37.328,40	12.442,80	157,24	0,00
Resíduo	12	949,60	79,13		
Total	19	38.943,20			

Coefficiente de variação = 11,15%

Tabela A2. Valores originais da conversão alimentar das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

Blocos	TRATAMENTOS				
	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	1,48	1,29	1,72	1,39	1,68
2	1,37	1,32	1,56	1,30	1,25
3	1,27	1,27	1,35	1,18	1,42
4	1,29	1,29	1,26	1,29	1,64
Médias	1,35	1,29	1,47	1,29	1,50

ANALISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	0,1555	0,0389	2,6715	0,0835
Controle x F. soja	1	0,0041	0,0041	0,2791	0,6120
Regressão Linear	1	0,0374	0,0374	2,5712	0,1320
Regressão Quadrática	1	0,0008	0,0008	0,0520	0,8177
Desvios da Regressão	1	0,1133	0,1133	7,7836	0,0157
Blocos	3	0,1261	0,0420	2,8889	0,0789
Resíduo	12	0,1746	0,0146		
Total	19	0,4562			

Coeficiente de variação = 8,73%

Tabela A3. Valores originais da composição corporal em água (%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

TRATAMENTOS					
Blocos	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	71,56	73,94	72,38	72,80	71,03
2	73,83	74,72	74,16	74,75	74,51
3	73,86	75,24	77,72	76,06	74,17
4	76,20	76,70	76,77	77,01	76,82
Médias	73,86	75,15	75,26	75,15	74,13
ANALISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	6,9725	1,7431	2,3669	0,1109
Controle x F. soja	1	3,6040	3,6040	4,8937	0,0451
Regressão Linear	1	1,9908	1,9908	2,7032	0,1232
Regressão Quadrática	1	1,2769	1,2769	1,7338	0,2107
Desvios da Regressão	1	0,1008	0,1008	0,1369	0,7177
Blocos	3	50,7868	16,9289	22,9870	0,0001
Resíduo	12	8,8375			
Total	19				

Coeficiente de variação = 1,15%

Tabela A4. Valores originais da composição corporal em proteína (%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

TRATAMENTOS					
Blocos	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	14,88	14,14	14,93	14,59	15,37
2	14,22	14,11	14,06	13,89	14,19
3	14,19	13,94	13,07	13,27	14,58
4	12,96	13,04	12,70	12,91	13,84
Médias	14,06	13,81	13,69	13,67	14,50
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	1,9145	0,4786	4,2873	0,0220
Controle x F. soja	1	0,0702	0,0702	0,6289	0,5515
Regressão Linear	1	0,8303	0,8303	7,4372	0,0176
Regressão Quadrática	1	0,8978	0,8978	8,0416	0,0145
Desvios da Regressão	1	0,1163	0,1163	1,0416	0,3290
Blocos	3	7,3601	2,4534	21,9758	0,0001
Resíduo	12	1,3397	0,1116		
Total	19	10,6143			

Coeficiente de variação = 2,40%

Tabela As. Valores originais da composição corporal em gordura (%) das diferentes unidades experimentais.
Análise de variância.

Blocos	TRATAMENTOS				
	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	9,75	8,29	8,76	8,78	10,01
2	7,88	7,24	7,65	7,64	7,60
3	8,16	7,05	5,39	7,09	7,49
4	7,13	6,66	6,95	6,43	5,72
Médias	8,23	7,31	7,19	7,49	7,71

ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	2,6962	0,6740	1,6084	0,2350
Controle x F. soja	1	2,0899	2,0899	4,9868	0,0434
Regressão Linear	1	0,4396	0,4396	1,0489	0,3273
Regressão Quadrática	1	0,1173	0,1173	0,2799	0,6115
Desvios da Regressão	1	0,0495	0,0495	0,1181	0,7357
Blocos	3	18,3291	6,1097	14,5794	0,0005
Resíduo	12	5,0288	0,4191		
Total	19	26,0541			

Coefficiente de variação = 8,54%

Tabela A6. Valores originais da composição corporal em mine-
rais (%) das diferentes unidades experimentais.
Análise de variância.

Blocos	TRATAMENTOS				
	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	3,80	3,63	3,93	3,83	3,60
2	4,08	3,92	4,13	3,72	3,70
3	3,79	3,77	3,82	3,58	3,76
4	3,71	3,59	3,59	3,66	3,63
Médias	3,85	3,73	3,87	3,70	3,67

ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	0,1255	0,0314	2,4138	0,1061
Controle x F. soja	1	0,0344	0,0344	2,6496	0,1267
Regressão Linear	1	0,0224	0,0224	1,7265	0,2116
Regressão Quadrática	1	0,0272	0,0272	2,0942	0,1710
Desvios da Regressão	1	0,0414	0,0414	3,1850	0,0968
Blocos	3	0,1906	0,0635	4,8872	0,0190
Resíduo	12	0,1560	0,0130		
Total	19	0,4721			

Coefficiente de variação = 3,03%

Tabela A7. Valores originais do valor produtivo da proteína (VPP%) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

TRATAMENTOS					
Blocos	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	36,80	38,61	31,80	37,43	35,01
2	36,01	36,92	30,67	36,16	40,28
3	39,63	38,31	32,11	37,80	37,66
4	34,55	34,94	34,41	33,92	31,01
Médias	36,75	37,20	32,25	36,33	35,99

ANALISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	62,919	15,729	3,3487	0,0461
Controle x F. soja	1	5,470	5,470	1,1646	0,3023
Regressão Linear	1	0,043	0,043	0,0092	0,9222
Regressão Quadrática	1	21,252	21,252	4,5243	0,0526
Desvios da Regressão	1	36,153	36,153	7,6966	0,0161
Blocos	3	29,268	9,756	2,0770	0,1563
Resíduo	12	56,367	4,697		
Total	19	148,556			

Coeficiente de variação = 6,07%

Tabela A8. Valores originais da taxa de eficiência protéica (T.E.P.) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

TRATAMENTOS					
Blocos	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	2,42	2,77	2,08	2,55	2,18
2	2,62	2,72	2,29	2,73	2,93
3	2,83	2,81	2,50	3,02	2,59
4	2,79	2,77	2,85	2,73	2,23
Médias	2,67	2,77	2,43	2,76	2,48

ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	0,3908	0,0977	2,0762	0,1469
Controle x F. soja	1	0,0099	0,0099	0,2104	0,6580
Regressão Linear	1	0,0557	0,0557	1,1827	0,2986
Regressão Quadrática	1	0,0039	0,0039	0,0830	0,7743
Desvios da Regressão	1	0,3213	0,3213	6,8288	0,0217
Blocos	3	0,3483	0,1161	2,4674	0,1116
Resíduo	12	0,5646	0,0471		
Total	19	1,3037			

Coeficiente de variação = 8,28%

Tabela A9. Valores originais da retenção da energia bruta (R.E.B. %) das diferentes unidades experimentais. Análise de variância.

TRATAMENTOS					
Blocos	Controle	F. soja (0,49)	F. soja (0,33)	F. soja (0,17)	F. soja (0,00)
1	32,23	31,04	25,81	31,04	29,84
2	27,63	26,89	23,48	27,91	29,37
3	31,95	28,58	20,76	29,53	27,56
4	30,36	28,72	30,04	27,89	11,63
Médias	30,54	28,81	25,02	29,09	24,60

ANALISE DE VARIÂNCIA					
Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P>F
Dietas	4	111,771	27,943	1,3158	0,3190
Controle x F. soja	1	42,734	42,734	2,0123	0,1791
Regressão Linear	1	14,629	14,629	0,6889	0,5725
Regressão Quadrática	1	0,501	0,500	0,0236	0,8749
Desvios da Regressão	1	53,907	53,907	2,5384	0,1343
Blocos	3	47,493	15,831	0,7455	0,5477
Resíduo	12	254,837	21,236		
Total	19	414,100			

Coeficiente de variação = 16,69%

Tabela A10. Composição corporal dos animais no início do experimento.

Bloco	Água	Proteína	Gordura	Minerais
1	74,49	14,44	7,02	4,05
2	73,55	14,97	7,30	4,18
3	75,09	14,60	6,18	4,13
4	78,76	13,77	3,20	4,27
Médias	75,47	14,45	5,93	4,16