

# Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg)

Adriana Patricia Muñoz-Ramírez\*<sup>1</sup> e Dalton José Carneiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Aqüicultura da Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane S/N, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia FCAV - Unesp, Lab. Nutrição de Organismos Aquáticos - Caunesp. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane S/N, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Autor para correspondência. e-mail: adrimu@caunesp.unesp.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da suplementação de metionina ou lisina em dietas com baixo teor protéico para o crescimento do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg) (Characiformes, Characidae). Foram formuladas uma dieta basal com 22% de proteína bruta (PB), 4100kcal de energia bruta (EB)/kg, 0,42% de metionina e 1,16% de lisina e outras 6 dietas, com a mesma formulação básica, suplementadas com 0,2, 0,4 ou 0,6% de metionina ou lisina. Uma 8ª dieta (controle) continha 26% PB, 4100kcal EB/kg, 0,48% metionina e 1,43% de lisina. As dietas foram administradas à vontade a 144 alevinos com 14,98 ± 1,16g de peso médio inicial. As médias de ganho em peso, eficiência de retenção de energia bruta e dos consumos alimentares da dieta controle mostraram-se maiores ( $P < 0,05$ ) que as das dietas de menor teor protéico. As médias de eficiência de retenção de proteína bruta só foram maiores ( $P < 0,01$ ) nas dietas suplementadas com lisina, mostrando as vantagens da suplementação com lisina em dietas com baixo teor de proteína bruta. Foi confirmado um maior desenvolvimento do pacu com dietas com 26% de PB.

**Palavras-chave:** dieta, proteína, lisina, metionina, *Piaractus mesopotamicus*.

**ABSTRACT. Lysine and methionine supplementation in diets with low protein level for the initial growth of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg).** The objective of this research was to study the effects of methionine or lysine supplementation in diets with low protein level for growth of *pacu Piaractus mesopotamicus* (Holmberg) (Characiformes, Characidae). Diets were formulated as a basal diet presenting 22% crude protein (CP), 4100 kcal gross energy (GE)/kg, 0.42% of methionine and 1.16% of lysine and other six diets, with the same basic formulation, supplemented with 0.2%, 0.4% or 0.6% methionine or lysine. An eighth diet (control) contained 26% CP, 4100 kcal (GE)/kg, 0.48% methionine and 1.43% of lysine. The diets were administered *ad libitum* to 144 fingerlings with initial medium weight of 14.98 ± 1.16 g. Averages weight gain, gross energy efficiency retention and feed intake for the control treatment were significantly higher ( $P < 0.05$ ) than those of smaller protein level diets. Averages protein retention efficiency were only higher ( $P < 0.01$ ) in the diets supplemented with lysine, showing the advantages of lysine supplementation in diets with low crude protein level. A higher growth of *pacu* was confirmed with diets containing 26% of CP.

**Key words:** diet, protein, lysine, methionine, *Piaractus mesopotamicus*.

## Introdução

O cultivo de organismos aquáticos em condições controladas é uma crescente atividade econômica produtiva, em fase de expansão, com grande projeção mundial, e uma das atividades de produção de alimento mais importantes para o futuro imediato (FAO, 1997). Segundo Saint-Paul (1986), a América do Sul possui a ictiofauna mais rica de todos os continentes, daí a urgente necessidade de desenvolver tecnologias que

viabilizem e otimizem a criação de algumas dessas espécies nativas. O pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) é encontrado nos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (Silva, 1985; Saint-Paul, 1986). Esse peixe é uma das espécies mais promissoras para a piscicultura brasileira, pelo seu hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, fecundidade elevada, fácil adaptação à alimentação artificial e grande aceitação no mercado (Castagnolli e Zuim, 1985).

Estudos sobre as exigências nutricionais das

espécies aquáticas visando diminuir o custo dos alimentos e otimizar sua utilização têm se tornado indispensáveis para o desenvolvimento da aquíicultura. Silva (1985) avaliou aspectos da biologia e alimentação do pacu em ambiente natural, e outras pesquisas avaliaram as exigências nutricionais dessa espécie (Carneiro *et al.*, 1984, 1992; Borghetti *et al.*, 1991; Stech, 1999; Fernandes *et al.*, 2000), porém, são poucos os trabalhos realizados a respeito das necessidades de aminoácidos (Silva, 1986; Kubitz, 1990).

A proteína tem sido o nutriente mais estudado em dietas para produção de peixes. Para o conhecimento da qualidade protéica dos alimentos utilizados na formulação das dietas para peixes, o perfil de aminoácidos tem grande importância, embora não seja conclusivo para caracterizar a proteína. Segundo Van der Meer *et al.* (1996), o escore químico (EQ) seria um dos índices que poderiam estabelecer, de forma mais eficaz, a relação entre a composição da proteína e sua qualidade nutricional, quando comparada com o perfil de aminoácidos de uma proteína de referência (por exemplo, a do músculo da espécie estudada), permitindo estabelecer os aminoácidos limitantes para o crescimento da espécie.

Wilson (1989) considera que os peixes não têm exigências exatas de proteína, mas sim de uma mistura bem balanceada de aminoácidos essenciais e não-essenciais. Nesse mesmo sentido, Wilson (1994) relatou que a lisina parece ser o primeiro aminoácido limitante nos alimentos usados na formulação de alimentos para peixes. Segundo D'Mello (1994), o desbalanceamento de aminoácidos, que pode acontecer em dietas baseadas em ingredientes convencionais, pode ser corrigido suplementando-as com o primeiro aminoácido limitante.

Hsu *et al.* (1998) relataram diversos trabalhos desenvolvidos para o estudo de exigências nutricionais em peixes, determinando a eficiência de dietas práticas, com valores baixos de proteína suplementadas com lisina e/ou metionina. Assim, o fornecimento de dietas com níveis significativamente baixos de proteína bruta e a valorização da energia não-protéica das dietas podem contribuir para reduzir o custo da alimentação dos peixes, desde que seja assegurado o atendimento das exigências, principalmente de aminoácidos.

Considerando o hábito alimentar herbívoro/frugívoro do pacu no ambiente natural (Silva, 1985), e a composição relativamente baixa em nutrientes de sua alimentação, o fornecimento de dietas com teores de proteína menores que os usados na atualidade, com/ou sem suplementação de aminoácidos limitantes, deveria ser investigado, visando obter o

ponto de máximo crescimento com benefícios ambientais e econômicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da suplementação de metionina ou lisina em dietas com baixo teor protéico usadas para o crescimento inicial do pacu.

## Material e métodos

A composição em aminoácidos essenciais (AAE) e não-essenciais (AANE) dos ingredientes usados na formulação das dietas experimentais é apresentada na Tabela 1. As análises foram realizadas no Laboratório de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Para a quantificação, as amostras foram hidrolisadas com HCL 6 N, durante 22 horas à 110°C, de acordo com o método descrito por Moore e Stein (1963). Para a determinação do triptofano, as amostras foram hidrolisadas com hidróxido de lítio 4N, conforme método descrito por Lucas e Sotelo (1980).

**Tabela 1.** Composição bromatológica e de aminoácidos dos ingredientes usados

Composição	Farelo de soja	Farinha de peixe	Milho	Farelo de trigo
Matéria seca (%)	93,68	95,42	94,22	93,55
Energia bruta (kcal/kg)	4392,55	4415,36	4144,01	4257,76
Proteína bruta (%)	45,99	60,16	9,13	16,34
Fibra bruta (%)	5,57	0,01	2,17	8,12
Extrato etéreo (%)	0,89	5,84	4,32	4,88
Matéria mineral (%)	5,17	20,12	1,35	4,78
<i>Aminoácidos essenciais</i>				
Arginina	7,09 <sup>‡</sup> (3,14) <sup>‡</sup>	6,26 (3,46)	4,91 (0,42)	7,29 (1,16)
Histidina	2,95 (1,31)	2,50 (1,38)	3,04 (0,26)	3,01 (0,48)
Isoleucina	5,62 (2,49)	5,48 (3,03)	3,94 (0,33)	3,20 (0,51)
Leucina	9,04 (4,01)	9,00 (4,97)	13,49 (1,14)	7,07 (1,12)
Lisina	5,96 (2,65)	6,97 (3,85)	3,14 (0,27)	4,77 (0,76)
Metionina	1,39 (0,61)	3,34 (1,84)	1,77 (0,15)	1,74 (0,28)
Fenilalanina	5,85 (2,60)	4,83 (2,67)	5,34 (0,45)	4,11 (0,65)
Treonina	4,26 (1,89)	5,04 (2,78)	3,61 (0,31)	4,45 (0,71)
Triptofano	0,60 (0,27)	0,78 (0,43)	0,63 (0,05)	0,49 (0,08)
Valina	5,08 (2,25)	5,88 (3,25)	4,54 (0,39)	4,43 (0,70)
<i>Aminoácidos não-essenciais</i>				
Cistina	1,34 (0,60)	1,02 (0,56)	1,34 (0,11)	1,35 (0,21)
Tirosina	3,48 (1,54)	4,28 (2,36)	3,77 (0,32)	2,85 (0,45)
Acido aspártico	11,97 (5,31)	9,78 (5,40)	7,81 (0,66)	9,99 (1,59)
Serina	5,11 (2,27)	4,40 (2,43)	4,99 (0,42)	5,66 (0,90)
Acido glutâmico	16,46 (7,30)	12,39 (6,84)	18,11 (1,54)	20,90 (3,32)
Glicina	4,61 (2,05)	6,84 (3,78)	3,61 (0,31)	6,92 (1,10)
Alanina	4,59 (2,04)	6,78 (3,74)	7,72 (0,66)	6,08 (0,97)
Prolina	4,61 (2,05)	4,43 (2,45)	8,22 (0,70)	5,69 (0,90)

<sup>‡</sup> g de aminoácido/100 g da proteína bruta; <sup>‡</sup> g de aminoácido/100 g do alimento

Com base nos dados de aminoácidos do filé de pacu (Machado, 1989) e da farinha de peixe, do milho e dos farelos de soja e trigo, foi determinado o aminoácido mais limitante para o crescimento da espécie. Segundo Hephher (1988), o aminoácido essencial que apresentou, para cada ingrediente, a menor relação  $AAE_{\text{alimento}}/AAE_{\text{filé do peixe}}$  (escore químico), foi considerado como o primeiro aminoácido limitante.

O ensaio de desempenho foi realizado no período de maio a agosto de 2000, no Laboratório de

Nutrição de Organismos Aquáticos do Caunesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foram utilizados 144 alevinos de pacu, com peso médio inicial de  $14,98 \pm 1,16$  g, distribuídos em 24 aquários de cimento amianto de 100 L, com abastecimento de água (poço artesiano) e aeração contínua. A temperatura dos aquários foi aferida diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio Inconterm. Semanalmente, foram medidos os valores de pH da água, com peagâmetro digital YSI - modelo 63, e as concentrações de oxigênio dissolvido, usando um oxímetro digital YSI - modelo 55. Os resíduos do fundo dos aquários foram retirados a cada dois dias, 30 minutos após o último arraçoamento.

A partir da análise de composição bromatológica e de aminoácidos dos ingredientes, foram formuladas 8 dietas experimentais (Tabela 2). Uma dieta basal ( $M_0L_0$ ) foi formulada com 22% PB e 4100kcal energia bruta (EB)/kg, e apresentou os teores de 0,42% de metionina e 1,16% de lisina. Outras 6 dietas, com a mesma formulação básica, foram suplementadas com de 0,2, 0,4 ou 0,6% de metionina ( $M_{0,2}$ ,  $M_{0,4}$  e  $M_{0,6}$ ) ou lisina ( $L_{0,2}$ ,  $L_{0,4}$  e

$L_{0,6}$ ). Uma 8ª dieta contendo 26% de PB, 4100kcal energia bruta (EB)/kg, 0,48% de metionina e 1,43% de lisina, foi usada como controle ( $M_R L_R$ ) por apresentar níveis mais elevados de aminoácidos ligados à proteína. As dietas foram peletizadas, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração. O arraçoamento foi realizado à vontade, 3 vezes ao dia, às 9h, 13h e 17h, evitando-se sobras, de forma que a quantidade oferecida pudesse ser considerada como consumida.

Amostras dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais e das carcaças dos peixes no início e no final do experimento, foram analisadas quanto à sua composição bromatológica, conforme a metodologia descrita pela A.O.A.C. (1984). As análises de energia bruta (determinadas através da queima das amostras em bomba calorimétrica), matéria mineral e fibra bruta foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LANA), do Departamento de Zootecnia da FCAV da Unesp, Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Demais análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Caunesp, Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

**Tabela 2.** Fórmulas e composição das dietas experimentais

Ingrediente (%)	Dieta Basal		Dietas suplementadas					Dieta Controle
	$M_0L_0$	$M_{0,2}$	$M_{0,4}$	$M_{0,6}$	$L_{0,2}$	$L_{0,4}$	$L_{0,6}$	$M_R L_R$
Farelo de soja	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	28,9
Farinha de peixe	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	10,9
Milho	36,75	36,75	36,75	36,75	36,75	36,75	36,75	30,5
Farelo de trigo	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	21,2
Óleo de soja	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
CMC <sup>1</sup>	3,70	3,50	3,29	3,09	3,44	3,19	2,93	4,00
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Suplemento mineral <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Fosfato bicálcico	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,30
Vitamina C <sup>4</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
DL-Metionina <sup>5</sup>	0,00	0,20	0,41	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00
L-Lisina <sup>6</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,51	0,77	0,00
<i>Composição<sup>7</sup>:</i>								
Energia bruta (kcal/kg)	4118,4	4118,4	4118,4	4118,4	4118,4	4118,4	4118,4	4141,0
Proteína bruta (%)	22,00	22,20	22,40	22,60	22,20	22,40	22,60	26,00
Fibra bruta (%)	7,52	7,33	7,15	6,96	7,29	7,05	6,81	7,81
Extrato etéreo (%)	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07	5,75
Matéria mineral (%)	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	5,11
<i>Aminoácidos essenciais<sup>8</sup>:</i>								
Lisina (%)	1,16	1,16	1,16	1,16	1,36	1,56	1,76	1,43
Lisina (%PB)	(5,27)	(5,27)	(5,27)	(5,27)	(6,17)	(7,08)	(7,99)	(5,46)
Metionina (%)	0,42	0,62	0,82	1,02	0,42	0,42	0,42	0,48
Metionina (%PB)	(1,88)	(2,79)	(3,70)	(4,60)	(1,88)	(1,88)	(1,88)	(1,85)
Arginina (%)	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,66
Histidina (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,71
Isoleucina (%)	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,26
Leucina (%)	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	2,29
Tirosina (%)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90
Treonina (%)	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	1,09
Triptofano (%)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,16
Valina (%)	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,27
Metionina + cistina (%)	0,70	0,90	1,10	1,30	0,70	0,70	0,70	0,82
Tirosina + fenilalanina (%)	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	2,22

<sup>1</sup> Carboximetil celulose sódica U.S.P. Synth®; <sup>2</sup> Mistura vitamínica: ingrediente/kg suplemento. Vitaminas: A = 12.000 UI; D3 = 2.000 UI; E = 20 UI; K3 = 5mg; B12 = 25mg; B1 (tiamina) = 2mg; B2 (riboflavina) = 8mg; B6 (piridoxina) = 2mg; biotina = 100mg; ácido fólico = 0,5mg; ácido pantotênico = 15mg; niacina = 40mg; colina = 350mg. Nutremix - Brasil; <sup>3</sup> Mistura mineral: ingrediente/kg de suplemento. Ferro = 40mg; cobre = 8mg; manganês = 70mg; cobalto = 0,5mg; iodo = 2mg; selênio = 0,2; zinco = 50mg. Nutremix - Brasil; <sup>4</sup> Fonte de Vitamina C: contendo 35% de L-ácido ascórbico. Hoffman La Roche, Basel, Switzerland; <sup>5</sup> Fonte de Metionina: contendo 98% de DL-metionina. Hoffman La Roche, Basel, Switzerland; <sup>6</sup> Fonte de Lisina: contendo 78% de L-Lisina. Hoffman La Roche, Basel, Switzerland; <sup>7</sup> Calculada a partir da composição analisada de nutrientes e energia dos ingredientes.

O desempenho produtivo dos alevinos de pacu em cada parcela experimental foi analisado através de ganho de peso diário (g/dia), consumo diário de alimento (g/dia), conversão alimentar (g/g), taxa de crescimento específico (%/dia), taxa de eficiência protéica, índice de consumo (%pv/dia) e os consumos diários de proteína bruta (mg/dia), de lisina (mg/dia) e de metionina (mg/dia).

Foram sacrificados 12 alevinos, de uma amostra no início do período experimental, e ao final 4 peixes de cada uma das parcelas, para a determinação da composição corporal. Antes dos peixes serem sacrificados, permaneceram em jejum por 2 dias para o esvaziamento gástrico. Em seguida, foram anestesiados (imersão em gelo), abatidos, congelados e moídos. O material dessas amostras foi seco à 105°C durante 16 horas para ser usado nas análises de composição corporal. Os resultados da composição corporal inicial e final dos peixes foram usados no cálculo de Eficiência de Retenção de Proteína Bruta (ER<sub>PB</sub>), da Eficiência de Retenção de Energia Bruta (ER<sub>EB</sub>) e das Proporções de Proteína no Ganho de Peso (PB<sub>GP</sub>) e de Extrato Etéreo no Ganho de Peso (EE<sub>GP</sub>).

As análises biométricas e fisiológicas foram realizadas no Laboratório de Morfologia e Fisiologia Animal da FCAVJ da Unesp, Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Ao final do período experimental, 2 peixes de cada parcela foram coletados, anestesiados (1g de benzocaína/15 L de água) e sacrificados para retirada do fígado, gordura visceral e tracto digestório, usados na quantificação do índice hepatossomático (IHS), índice gorduroso-víscerosomático (IGVS) e índice digestório-somático (IDS), respectivamente. Antes do abate dos peixes, foram coletadas amostras do sangue de cada peixe, por punção caudal, para determinação da glicose sanguínea (King e Garner, 1947) e separação do plasma usado na determinação de proteína total plasmática (Gornall *et al.*, 1949). O Kit Labtest foi usado para a determinação dos níveis de triglicérides plasmáticos.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se um Delineamento Inteiramente Casualizado, constituído por 8 tratamentos, com 3 repetições e 6 peixes por repetição. Os resultados observados para todos os parâmetros foram analisados através de contrastes ortogonais, agrupando as médias das dietas para comparação dos efeitos dos diferentes níveis protéicos ou das várias combinações para suplementação dos aminoácidos. Dentre cada grupo de tratamentos suplementados com metionina ou lisina, foram testados efeitos lineares ou quadráticos. Diferenças significativas entre tratamentos foram consideradas quando  $P < 0,05$ , e os dados obtidos foram analisados pelo

programa estatístico SAS (1995).

## Resultados e discussão

### Escore químico (EQ)

A composição do filé do pacu em aminoácidos e os valores observados para os escores químicos dos ingredientes são apresentados na Tabela 3. Por apresentar as menores relações de  $AAE_{\text{alimento}}/AAE_{\text{filé do peixe}}$ , a lisina foi considerada como o aminoácido essencial (AAE), mais limitante no farelo de trigo, na farinha de peixe e no milho, enquanto que a metionina foi encontrada como primeiro limitante no farelo de soja. Quando foram calculados os valores de aminoácidos sulfurados (metionina + cistina), a lisina passou a ser o primeiro AAE mais limitante no farelo de soja.

**Tabela 3.** Composição em aminoácidos do filé do pacu e escore químico (EQ) dos ingredientes utilizados para elaboração das dietas

Composição de aminoácidos filé de pacu <sup>1</sup> (g AA/100 g de PB)	Escore Químico				
	F. trigo	F. soja	F. peixe	Milho	
<i>Aminoácidos essenciais:</i>					
Arginina	6,65	109,58	106,55	94,19	73,87
Histidina	2,24	134,29	131,83	111,70	135,66
Isolucina	4,52	70,82	124,26	121,32	87,23
Leucina	8,75	80,76	103,33	102,83	154,16
Lisina	10,05	47,51 <sup>2</sup>	59,31 <sup>2</sup>	69,32 <sup>2</sup>	31,26 <sup>2</sup>
Metionina	2,79	62,44	49,65 <sup>2</sup>	119,65	63,53
Fenilalanina	4,29	95,90	136,36	112,70	124,54
Treonina	3,82	116,45	111,40	131,87	94,40
Triptofano	nd	nd	nd	nd	nd
Valina	3,88	114,29	130,82	151,59	117,13
Metionina + cistina	3,60	85,91	75,79	120,95	86,51
Tirosina + fenilalanina	8,12	85,77	114,88	112,20	112,22
<i>Aminoácidos não-essenciais:</i>					
1/2 Cistina	0,81	166,74	165,83	125,43	165,68
Tirosina	3,83	74,42	90,82	111,64	98,41
Acido aspártico	10,49	95,22	114,15	93,21	74,41
Serina	4,83	117,22	105,74	91,11	103,29
Acido glutâmico	19,83	105,38	83,02	62,49	91,33
Glicina	4,85	142,60	95,06	140,99	74,53
Alanina	5,08	119,78	90,36	133,53	152,02
Prolina	4,73	120,20	97,52	93,76	173,79

<sup>1</sup> Machado (1989); <sup>2</sup> Primeiro aminoácido limitante; <sup>2</sup> Primeiro aminoácido limitante quando calculados metionina + cistina; nd: não-determinado

Os resultados deste estudo confirmam os apresentados no trabalho conduzido por Van der Meer e Verdegem (1996), utilizando o mesmo cálculo do EQ, onde a lisina também foi o AAE mais limitante em alguns dos principais ingredientes para alimentação do tambaqui, *Colossoma macropomum*. Segundo o relato de Wilson (1994), de uma forma generalizada, esse AAE parece ser o primeiro aminoácido limitante nos alimentos mais comumente usados na formulação de alimentos para peixes.

### Ensaio de desempenho

As médias registradas para a condição físico-química da água durante o período experimental foram: 29,32 ± 0,17°C de temperatura, 8,02 ± 0,06 de

pH e  $5,22 \pm 0,48$  mg/L de oxigênio dissolvido. Esses valores mantiveram-se estáveis durante o experimento, apresentando-se dentro dos limites recomendados por Boyd (1990), para peixes de águas tropicais, não havendo nenhuma mortalidade.

Analisando-se os resultados dos parâmetros de desempenho (Tabela 4), pode-se observar que as médias de ganho em peso, consumo diário de alimento, consumo de proteína bruta e consumo de lisina obtidas no tratamento com 26% de PB, foram significativamente maiores ( $P < 0,05$ ) que os demais que continham 22%, confirmando observações anteriores realizadas por Carneiro *et al.* (1984). Comparando os tratamentos suplementados com lisina ou metionina, foram constatadas diferenças nas médias de consumo de lisina e consumo de metionina, que mostraram efeitos lineares positivos com os níveis de suplementação, expressos pelas equações:  $Y = 18,925X + 13,213$  ( $R^2 = 0,88$ ) para  $C_{Lis}$  e  $Y = 12,75X + 5,1467$  ( $R^2 = 0,94$ ) para  $C_{Met}$ .

O maior ganho em peso médio ocorreu para peixes alimentados com a dieta controle ( $M_{R,L_R}$ ), que apresentaram as maiores médias de consumo de alimento, de proteína e de lisina. Resultados similares foram constatados por Burtle e Cai (1995), para alevinos de bagre do canal alimentados com uma dieta controle (33,1% PB), quando comparada com dietas de baixo teor em proteína (27,6% PB) suplementadas com metionina. O consumo de alimento neste ensaio, contudo, apresentou-se diferente do verificado por Brenner (1988), que encontrou decréscimos lineares da ingestão pelo pacu, com o aumento do nível protéico da dieta. Mas de acordo com Wilson (1991), os menores valores de consumo observados nas dietas de mais baixo nível de proteína poderiam ser proporcionados por um balanceamento mais adequado de aminoácidos, pois os valores, especificamente de metionina e lisina da dieta de maior nível protéico ( $M_{R,L_R}$ ), estão dentro da amplitude apresentada nas outras (Tabela 2).

Para os resultados de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência protéica e índice de consumo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Destaca-se ainda que, nas condições experimentais, o índice de consumo médio dos peixes foi de 3,18 % peso vivo/dia  $\pm 0,33$ .

As taxas de crescimento dos alevinos de pacu foram similares às verificadas por Fernandes *et al.* (2000). Neste experimento, os alevinos de pacu alimentados com dietas com baixo teor em proteína também apresentaram menores médias de ganho de peso, embora não houvesse diferenças no resultado de taxa de eficiência protéica. Carneiro *et al.* (1992) estudaram o efeito da densidade de estocagem e do nível de

proteína na dieta (22, 28 ou 36%) no desempenho de juvenis de pacu, observando que o melhor ganho em peso e a maior taxa de eficiência protéica foram obtidas com dietas contendo 22% de PB, utilizando 0,5 peixes/m<sup>2</sup>. Nessa mesma linha de pesquisa, Macedo-Viegas *et al.* (1996) trabalharam com alevinos de tambaqui, espécie de hábito alimentar similar ao do pacu, e observaram que o nível de 22% de proteína foi suficiente para o desenvolvimento inicial desses peixes, e que decrescia para 18% na fase de engorda.

O estudo de contrastes ortogonais apresentado na Tabela 5 mostra que os resultados de eficiência de retenção de proteína não evidenciaram diferenças entre os níveis protéicos usados. Valores médios superiores ( $P < 0,01$ ), contudo, foram proporcionados pelas dietas suplementadas com lisina, quando comparadas às enriquecidas com metionina. Conforme foi relatado por Wilson (1989) e por Buttery e D'Mello (1994), esses resultados de eficiência de retenção de proteína confirmaram que a lisina foi o aminoácido mais limitante para o pacu, porque a sua suplementação em dietas com baixo nível protéico proporcionou uma utilização mais eficiente da proteína, quando comparada com a de metionina. O melhor balanceamento de aminoácidos conseguido com a suplementação de lisina pode ser sustentado pela afirmação de D'Mello (1994), segundo o qual o desbalanceamento desses nutrientes reduz a eficiência de utilização de proteína. Na Tabela 5, observa-se também que a dieta-controle apresentou média de eficiência de retenção de energia bruta maior que os demais tratamentos ( $P < 0,05$ ), e que não foram encontradas diferenças entre as proporções de proteína bruta e de extrato etéreo no ganho em peso entre esses grupos. Segundo Wilson (1989), quando uma dieta com excesso de proteína é fornecida, apenas uma parte seria usada para construção de novas proteínas e a restante convertida em energia.

No estudo de índices corporais e fisiológicos dos alevinos de pacu (Tabela 6), não foram detectadas diferenças ( $P > 0,05$ ) para os níveis protéicos ou para as suplementações com lisina e metionina. Os níveis de proteína total plasmática observados foram superiores aos descritos por Dias (1998) e Souza (1998), e os valores da glicose e dos triglicerídeos plasmáticos foram similares aos encontrados para o pacu por Souza (1998) e Stech (1999), respectivamente. Os níveis de glicose observados estavam dentro dos limites normais determinados para o pacu, sendo apresentado um efeito quadrático com a suplementação de metionina ( $P < 0,01$ ), ocasionado por variações fisiológicas normais nos peixes ou por fatores ainda não estudados. Esse efeito foi expresso pela equação  $Y = 267,12X^2 - 223,33X + 90,18$  ( $R^2 = 1$ ).

**Tabela 4.** Valores de F no desdobramento por contrastes ortogonais e médias para os parâmetros de desempenho de produção dos alevinos de pacu

Estatísticas	Valores de F								
	Ganho em peso	Consumo diário	Conversão alimentar	Taxa cres. esp.	Taxa efi. protéica	Índice de consumo	Consumo prot. bruta	Consumo lisina	Consumo metionina
<i>Contrastes:</i>									
Controle X todos os demais	4,59*	4,19*	1,67	3,09	0,62	1,66	11,97**	7,93**	0,16
Basal X suplementados	0,46	0,20	0,89	0,53	1,91	0,84	0,11	0,73	3,26
Suplementados metionina X suplementados lisina	0,87	0,34	3,57	1,18	3,27	3,62	0,37	15,88**	26,64**
Efeito linear lisina	0,21	0,35	0,07	0,17	0,12	0,06	0,52	7,69**	0,13
Efeito quadrático lisina	0,27	0,61	0,09	0,19	0,08	0,11	0,61	1,04	0,21
Efeito linear metionina	0,02	0,00	0,03	0,01	0,38	0,03	0,00	0,00	10,55**
Efeito quadrático metionina	0,74	0,53	0,10	0,40	0,47	0,10	0,53	0,45	0,68
<i>Coefficiente de variação (%)</i>	26,07	20,05	10,55	13,57	9,45	10,62	19,66	18,57	25,12
<i>Médias para:</i>									
Dieta basal (M <sub>0</sub> L <sub>0</sub> )	0,90	1,37	1,40	2,02	2,73	3,05	301,72	15,86	5,74
Suplementada com 0,2% metionina	0,82	1,30	1,54	1,89	2,52	3,34	289,78	15,10	8,07
Suplementada com 0,4% metionina	0,67	1,16	1,58	1,76	2,34	3,44	260,43	13,45	9,50
Suplementada com 0,6% metionina	0,79	1,29	1,56	1,86	2,40	3,39	292,58	14,98	13,17
Suplementada com 0,2% lisina	0,84	1,31	1,42	1,95	2,64	3,08	291,51	17,80	5,50
Suplementada com 0,4% lisina	0,80	1,23	1,40	1,91	2,66	3,04	276,13	19,18	5,16
Suplementada com 0,6% lisina	0,92	1,44	1,45	2,04	2,57	3,15	326,67	25,37	6,05
Dieta controle (M <sub>0</sub> L <sub>0</sub> )	1,17	1,70	1,33	2,27	2,41	2,89	444,52	24,35	8,18

\* P<0,05 \*\* P<0,01; *Ganho em peso (g/dia)* = (peso final - peso inicial) / tempo; *Consumo diário (g/dia)* = consumo de alimento / tempo; *Conversão alimentar* = consumo de alimento / ganho em peso total; *Taxa de crescimento específico (%/dia)* = (ln peso final - ln peso inicial) x 100 / tempo; *Taxa de eficiência protéica* = ganho em peso vivo / proteína bruta consumida; *Índice de consumo (%pv/dia)* = consumo médio dia x 100 / peso vivo médio do período; *Consumo de proteína bruta (mg/dia)* = consumo alimento x teor de proteína bruta / tempo; *Consumo de lisina (mg/dia)* = consumo alimento x teor de lisina / tempo; *Consumo de metionina (mg/dia)* = consumo alimento x teor de metionina / tempo

**Tabela 5.** Valores de F no desdobramento por contrastes ortogonais e médias para os parâmetros de eficiência nutricional dos alevinos de pacu

Estatísticas	Valores de F			
	Eficiência retenção proteína bruta	Eficiência retenção energia bruta	Proteína bruta no ganho em peso	Extrato etéreo no ganho em peso
<i>Contrastes:</i>				
Controle X todos os demais	0,21	4,29*	0,33	0,42
Basal X suplementados	0,53	1,01	1,60	0,96
Suplementados metionina X suplementados lisina	7,65**	3,17	0,00	0,01
Efeito linear lisina	0,23	0,00	0,04	0,01
Efeito quadrático lisina	0,17	0,36	0,09	0,14
Efeito linear metionina	0,25	0,32	0,01	0,03
Efeito quadrático metionina	0,00	0,00	0,68	2,10
<i>Coefficiente de variação (%)</i>	8,80	11,50	6,80	9,30
<i>Médias para:</i>				
Dieta basal (M <sub>0</sub> L <sub>0</sub> )	49,92	34,75	19,17	14,06
Suplementada com 0,2% metionina	46,12	31,59	19,94	12,98
Suplementada com 0,4% metionina	45,16	30,88	20,80	14,18
Suplementada com 0,6% metionina	44,37	29,81	20,07	12,82
Suplementada com 0,2% lisina	51,17	33,45	20,25	13,21
Suplementada com 0,4% lisina	51,60	35,04	20,42	13,49
Suplementada com 0,6% lisina	49,52	33,39	20,02	13,09
Dieta controle (M <sub>0</sub> L <sub>0</sub> )	49,72	38,56	20,68	14,01

\* P<0,05 \*\* P<0,01; *Eficiência de retenção de proteína bruta (%)* = (PB<sub>FC</sub> x P<sub>F</sub>) - (PB<sub>IC</sub> x P<sub>I</sub>) x 100 / C<sub>pb</sub>; *Eficiência de retenção de energia bruta (%)* = (EB<sub>FC</sub> x P<sub>F</sub>) - (EB<sub>IC</sub> x P<sub>I</sub>) x 100 / C<sub>eb</sub>; *Proteína bruta no ganho em peso (%)* = (PB<sub>FC</sub> x P<sub>F</sub>) - (PB<sub>IC</sub> x P<sub>I</sub>) x 100 / (P<sub>F</sub> - P<sub>I</sub>); *Extrato etéreo no ganho em peso (%)* = (EE<sub>FC</sub> x P<sub>F</sub>) - (EE<sub>IC</sub> x P<sub>I</sub>) x 100 / (P<sub>F</sub> - P<sub>I</sub>); Onde: PB<sub>FC</sub>, EB<sub>FC</sub>, EE<sub>FC</sub>: proteína bruta, energia bruta ou extrato etéreo final na carcaça; PB<sub>IC</sub>, EB<sub>IC</sub>, EE<sub>IC</sub>: proteína bruta, energia bruta ou extrato etéreo inicial na carcaça; C<sub>pb</sub>, C<sub>eb</sub>: consumo de proteína bruta ou de energia bruta; P<sub>I</sub>, P<sub>F</sub>: peso vivo inicial ou peso vivo final

As observações realizadas para os parâmetros biométricos e fisiológicos mostraram que o decréscimo dos níveis de proteína na dieta, com ou sem suplementação de metionina e lisina, não geraram alterações metabólicas, nem mobilização de nutrientes que prejudicassem o estado nutricional dos alevinos de pacu. Esses resultados também mostraram que as diferenças de consumo de alimento, proteína e aminoácidos observados (Tabela 4) não promoveram mobilização significativa (P>0,05) de nutrientes como foi verificado por Souza (2000) e Hung *et al.* (1997) para peixes submetidos a diferentes tempos de jejum.

Os estudos da necessidade de suplementação com lisina e/ou metionina em dietas práticas com diferentes níveis de proteína são contraditórios para algumas espécies de peixes, pois o benefício (Shiau *et al.*, 1988; Kubitz, 1990; Burtle e Cai, 1995; Zarate e Lovell, 1997) ou não (Shiau *et al.*, 1989; Li e Robinson, 1998; Webster *et al.*, 2000) desta suplementação depende principalmente de vários fatores, entre os quais estão os hábitos alimentares das espécies e as condições experimentais. A determinação de valores específicos para a suplementação de aminoácidos para pacu torna-se uma tarefa dispendiosa, pois as exigências quantitativas para essa espécie não são ainda conhecidas.

**Tabela 6.** Valores de F no desdobramento por contrastes ortogonais e médias para os índices corporais e fisiológicos dos alevinos de pacu

Estatísticas	Valores de F					
	Índice hepatossomático	Índice gorduro visceros-somático	Índice digestório-somático	Triglicerídeos	Glicose sanguínea	Proteína total plasmática
<i>Contrastes:</i>						
Controle X todos os demais	0,02	0,63	0,07	0,75	0,63	0,20
Basal X suplementados	0,01	1,40	0,01	0,07	0,62	4,56
Suplementados metionina X suplementados lisina	1,11	0,03	0,11	0,00	0,23	0,89
Efeito linear lisina	0,53	0,38	0,12	0,06	0,09	3,83
Efeito quadrático lisina	0,00	0,19	1,45	2,89	0,44	3,12
Efeito linear metionina	1,87	0,00	0,64	0,03	0,87	1,51
Efeito quadrático metionina	0,50	1,39	0,03	0,12	8,91**	0,86
<i>Coefficiente de variação (%)</i>	17,87	24,71	10,46	39,91	9,99	9,27
<i>Médias para:</i>	%	%	%	mg/dl	mg/100 ml	mg/ml
Dieta basal (M <sub>0</sub> L <sub>0</sub> )	1,27	2,81	2,33	217,72	48,79	8,84
Suplementada com 0,2% metionina	1,25	2,17	2,25	215,99	56,20	8,30
Suplementada com 0,4% metionina	1,27	2,68	2,31	190,39	43,59	8,37
Suplementada com 0,6% metionina	1,51	2,17	2,42	203,83	52,35	7,39
Suplementada com 0,2% lisina	1,16	2,30	2,26	181,09	50,42	6,61
Suplementada com 0,4% lisina	1,23	2,26	2,50	269,67	53,43	8,37
Suplementada com 0,6% lisina	1,30	2,61	2,33	164,57	51,68	7,94
Dieta controle (M <sub>R</sub> L <sub>R</sub> )	1,31	2,78	2,29	154,62	47,94	8,23

\* P&lt;0,05 \*\* P&lt;0,01

O maior ganho em peso observado no tratamento com 26% PB pode ter sido ocasionado pelo maior consumo ou por possíveis diferenças no balanço e disponibilidade dos aminoácidos ligados às proteínas, quando comparados com os aminoácidos sintéticos. Essa hipótese precisa ser melhor estudada, pois o conhecimento do conteúdo de aminoácidos dos alimentos e os resultados dos ensaios de crescimento não foram suficientes, sendo necessário conhecer a verdadeira disponibilidade desses nutrientes.

## Referências

- A.O.A.C.-ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTRY. *Official Methods of analysis*. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1984.
- BOYD, C.E. *Water quality management for ponds fish culture*. Development in aquaculture and fisheries science. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1990.
- BRENER, M. *Determinação da exigência de proteína do pacu (Colossoma mitrei Berg 1895)*. 1988. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- BORGHETTI, J. R. *et al.* Os efeitos da origem da proteína no crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) criado em tanques-rede. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 51, p. 689-694, 1991.
- BURTLE, G.J.; CAI, Y.J. Additional methionine supplementation required in soybean meal/corn-based diets for channel catfish. *Animal & Dairy Science*. Annual Report, 1995, p. 2-10,1995.
- BUTTERY, P.J.; D'MELLO, J.P.F. Amino acid metabolism in farm animals: an overview. *In: D'MELLO,*

J.P.F. *Amino acids in farm animal nutrition*. Wallingford: CAB International, 1994. cap. 1, p. 1-10.

CARNEIRO, D. J. *et al.* Nutrição do pacu, *Colossoma mitrei* (BERG, 1895), Pisces, Characidae: I Níveis de proteína dietária. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA*, 3, 1984, São Carlos. *Anais...São Carlos: Abraq*, 1984. p. 105-119.

CARNEIRO, D.J. *et al.* Efeito da densidade de estocagem e do nível de proteína bruta na dieta, no desempenho de produção de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA*, 7, ENCONTRO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, 2, 1992, Peruíbe. *Anais... Peruíbe: Abraq*, 1992. p.52-61.

CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S.M.F. *Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu Colossoma mitrei (BERG, 1895)*. Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1985.

DIAS, T.C.R. *Efeito da temperatura de cultivo na fisiologia da digestão e metabolismo do pacu (Piaractus mesopotamicus, Holmberg, 1887)*. 1998. Tese (Doutorado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

D'MELLO, J.P.F. Amino acid imbalances, antagonism and toxicities. *In: D'MELLO, J.P.F. Amino acids in farm animal nutrition*. Wallingford: CAB International, 1994. cap. 4, p. 63-97.

FAO. *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Roma: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1996.

FERNANDES, J.B.K. *et al.* Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 29, p. 646-653, 2000.

GORNALL, A.G. *et al.* Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, Bethesda, v. 177, p. 751-766, 1949.

- HEPHER, B. *Nutrition of pond fishes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- HSU, J.-C. *et al.* Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 74, p. 289-299, 1998.
- HUNG, S.S.O. *et al.* Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 151, p. 357-363, 1997.
- KING, E.J.; GARNER, R.J. Colorimetric determination of glucose. *J. Clin. Pathol.*, London, v. 1, p. 30-33, 1947.
- KUBITZA, F. *Substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para alevinos de pacu (Piaractus mesopotamicus Holmberg, 1887), suplementadas com metionina*. 1990. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- LI, M.H.; ROBINSON, E.H. Effects of supplemental lysine and methionine in low protein diets on weight gain and body composition of young channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 163, p. 297-307, 1998.
- LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of different alkalies, temperature, and hydrolysis of food. *Anal. Biochem.*, Duluth, v. 109, p. 193-197, 1980.
- MACEDO-VIEGAS, E.M. *et al.* Níveis de proteína bruta em dietas para o crescimento do tambaqui, *Colossoma macropomum* CUVIER, 1818 (Pisces, Characidae). *Revista Unimar*, Maringá, v. 18, p. 321-333, 1996.
- MACHADO, M.G.S. *Composição em nutrientes e caracterização das proteínas do filé do pacu*. 1989. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- MOORE, S.; STEIN, W.H. Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipment. *Meth. Enzymol.*, Orlando, v. 6, p. 819-831, 1963.
- SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of south american freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 54, p. 205-240, 1986.
- SAS. *SAS/STAT User's Guide*. Cary: SAS Institute Inc., 1995.
- SHIAU, S.-Y. *et al.* Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 19, p. 14-19, 1988.
- SHIAU, S.-Y. *et al.* Replacement of fishmeal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) fingerling diets at a suboptimal protein level. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 20, p. 230-235, 1989.
- SILVA, A.J. *Aspectos da alimentação do pacu adulto, Colossoma mitrei (Berg, 1985) (Pisces, Characidae), no pantanal de Mato Grosso*. 1985. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1985.
- SILVA, L. A. da. *Estudos preliminares sobre a essencialidade dos aminoácidos metionina e treonina na nutrição do pacu, Colossoma mitrei (Berg, 1985)*. 1985. Monografia (Graduação) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1986.
- SOUZA, V.L. *Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no crescimento e metabolismo energético de juvenis de pacu (Piaractus mesopotamicus Holmberg, 1887)*. 1998. Tese (Doutorado). Centro de Aquicultura, Unesp, Jaboticabal, São Paulo. 1998.
- SOUZA, V.L. *et al.* Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *J. Aquacult. Trop.*, Lisse, v. 15, p. 371-379, 2000.
- STECH, M.R. *Utilização de soja integral processada em dietas para o crescimento de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)*. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.
- VAN DER MEER, M.B.; VERDEGEM, M.C.J. Comparison of amino acid profiles of feeds and fish as a quick method for selection of feed ingredients: a case study for *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 27, p. 487-495, 1996.
- VAN DER MEER, M.B. *et al.* Feed consumption, growth and protein utilization of *Colossoma macropomum* (Cuvier) at different dietary fish meal/soya meal ratios. *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 27, p. 531-538, 1996.
- WEBSTER, C.D. *et al.* Differences in growth in blue catfish *Ictalurus furcatus* and channel catfish *I. punctatus* fed low-protein diets with and without supplemental methionine and/or lysine. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 31, p. 195-205, 2000.
- WILSON, R.P. Amino acid and proteins. In: HALVER, J.E. *Fish nutrition*. San Diego: Academic Press, 1989. cap. 3, p. 112-150.
- WILSON, R.P. *Handbook of nutrient requirements of finfish*. Florida: CRC Press, 1991.
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish. In: D'MELLO, J.P.F. *Amino acids in farm animal nutrition*. Wallingford: CAB International, 1994. cap. 16, p. 377-399.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine.HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 159, p. 87-100, 1997.

Received on January 19, 2002.

Accepted on March 14, 2002.