



## Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo<sup>1</sup>

Marcos Antonio Delmondes Bomfim<sup>2\*</sup>, Eduardo Arruda Teixeira Lanna<sup>3</sup> Juarez Lopes Donzele<sup>3</sup>, Aloízio Soares Ferreira<sup>3</sup>, Felipe Barbosa Ribeiro<sup>2</sup>, Sylvia Sanae Takishita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiado pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Zootecnia.

<sup>3</sup> Departamento de Zootecnia - DZO/UFV.

\* Bolsista do CNPq.

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar o efeito dos níveis de metionina + cistina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em dietas contendo níveis subótimos de lisina digestível (1,40%), foram utilizados 396 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de  $0,86 \pm 0,02$  g, em delineamento inteiramente ao acaso, composto de seis tratamentos, seis repetições por tratamento e 11 peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco dietas com diferentes relações metionina + cistina:lisina digestível (59,5; 63,5; 67,5; 71,5 e 75,5%) e relação treonina:lisina digestível de 80,0%; e uma dieta contendo relação metionina + cistina:lisina digestível de 75,5% e treonina:lisina digestível de 85,0%, todas isoenergéticas e isoprotéicas. Os peixes foram alimentados *ad libitum*, em seis refeições diárias, durante 40 dias. Avaliaram-se os parâmetros de desempenho, a composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. O aumento da relação metionina + cistina:lisina da dieta não influenciou as variáveis avaliadas, com exceção dos teores de gordura e umidade corporais, cujos efeitos foram quadráticos e aumentaram e diminuíram, respectivamente, até a relação estimada de 67,0 e 66,7%. Contudo, a elevação da relação treonina:lisina digestível nas dietas com relações metionina + cistina:lisina digestível de 75,5% proporcionou aos peixes melhor conversão alimentar e maior eficiência de retenção de nitrogênio e de utilização da proteína e lisina para ganho. Os níveis totais ou digestíveis de aminoácidos sulfurosos de 0,91 e 0,86%, que correspondem à relação metionina + cistina:lisina total e digestível de 57,2 e 59,5%, respectivamente, foram os que proporcionaram os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia-do-nilo.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, aminoácidos sintéticos, nutrição protéica, *Oreochromis niloticus*, relação metionina + cistina:lisina digestível

## Methionine plus cystine requirement, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia fingerlings

**ABSTRACT** - Three hundred and ninety six reverted Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), from Thailand strain, averaging initial weight of  $0.86 \pm 0.02$  g were used to evaluate the effect of feeding methionine plus cystine:lysine levels, based on the ideal protein concept, with deficient levels of digestible lysine (1.40%). The experiment was analyzed as a completely randomized design, with six treatments, six replications by treatment and 11 fishes for experimental unit. The treatments consisted of five diets with different ratios of digestible methionine + cystine:lysine (59.5, 63.5, 67.5, 71.5 and 75.5%) and digestible threonine:lysine ratio of 80.0%; and one diet with the digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 75.5% and threonine: digestible lysine ratio of 85.0%, all isoenitrogenous and isoprotein. The fishes were fed *ad libitum* six daily meals during 40 days. Performance parameters, body composition, body protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency were evaluated. The increasing dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio did not affect the studied parameters, except for the body fat and humidity content, that showed quadratic effect, with quadratic maximum and minimum at 67.0 and 66.7%, respectively. However, it was observed treatment effect (75.5%) on feed:gain ratio, nitrogen retention efficiency and protein and lysine efficiency for growth. It was concluded that the total or digestible dietary sulfur amino acid level of 0.91 and 0.86%, that correspond to a total and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 57.2 and 59.5%, respectively, provided the best results of performance and carcass characteristics of Nile tilapia fingerlings.

Key Words: digestible amino acids, digestible methionine plus cystine:lysine ratio, *Oreochromis niloticus*, protein nutrition, synthetic amino acids

## Introdução

O conceito de proteína ideal tem sido aplicado em estudos visando à determinação da exigência de aminoácidos para peixes (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim et al., 2005; Furuya et al., 2005). Segundo esse conceito, os aminoácidos essenciais devem ser expressos em relação a um aminoácido-referência (a lisina). O princípio do conceito é que, embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles permanecem constantes (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002; Boisen, 2003; Pezzato et al., 2004).

Pesquisas recentes realizadas com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002) e com salmão-do-atlântico (*Salmo salar* L.) (Rollin et al., 2003) demonstraram que o uso do perfil aminoacídico corporal pode não ser indicativo do padrão ideal protéico de uma ração. Em função disto, diversos pesquisadores (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003) recomendam que a estimativa do perfil aminoacídico dietético ideal para peixes seja realizada por meio de ensaios de dose-resposta, em que os níveis de lisina podem ser fixados em valores considerados sub-ótimos, a fim de se determinar com precisão a relação aminoácido:lisina (Boisen, 2003).

A importância da determinação da exigência dietética de aminoácidos sulfurados se deve ao fato de a metionina ser o primeiro aminoácido limitante em rações para peixes à base de milho e farelo de soja e apresentar disponibilidade na forma sintética, possibilitando a formulação de rações com baixos teores protéicos, porém nutricionalmente completas (Polat, 1999; Furuya, 2001; Furuya et al., 2001a, b; Goff & Gatlin III, 2004).

As informações sobre as exigências dietéticas de metionina + cistina para tilápia -do-nilo têm sido expressas em valores totais e não consideram o conceito de proteína ideal (relação metionina + cistina:lisina) (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al., 2001b; Furuya et al., 2004), com exceção da pesquisa desenvolvida por Furuya et al. (2001a). Além disso, a possibilidade de o nível de lisina digestível estar acima das exigências dietéticas pode resultar em imprecisões na estimativa da relação metionina + cistina:lisina (Dabrowski & Guderley, 2002; Boisen, 2003).

Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar a exigência de metionina + cistina, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de março e abril de 2005 no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, e teve duração de 40 dias. Foram utilizados 396 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa, com peso inicial de  $0,86 \pm 0,02$  g, em um delineamento inteiramente casualizado, composto de seis tratamentos, cada um com 6 repetições e 11 peixes por unidade experimental.

Os tratamentos consistiram de uma ração basal suplementada com cinco níveis de DL-metionina 99%, resultando em cinco rações experimentais com diferentes relações metionina + cistina:lisina digestível (59,5; 63,5; 67,5; 71,5 e 75,5%). O teor de lisina digestível utilizado nas rações foi fixado em 1,40%, abaixo do preconizado pelo NRC (1993); e a relação treonina:lisina digestível em 80,0%. A relação dos demais aminoácidos:lisina foi mantida no mínimo seis pontos acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993). Adicionalmente, foi utilizado um tratamento constituído de uma ração contendo a maior relação metionina + cistina:lisina digestível testada (75,5%), porém, com uma relação treonina:lisina digestível de 85,0%.

Para que as rações experimentais mantivessem o mesmo teor de proteína bruta (isonitrogenadas e isoenergéticas), a suplementação com os aminoácidos sintéticos, para obtenção das relações mínimas aminoácido:lisina, foram feitas via ácido glutâmico, amido e óleo (Tabela 1).

Os alevinos foram mantidos em 36 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 150 litros e volume útil de 130 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento de água e escoamento de fundo, dispostos em sistema de recirculação e renovação mínima de água de 25,0% por dia.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente decolorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

A temperatura da água foi mantida em torno de 28°C e aferida diariamente, às 7h30 e 17h30, com auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH e do teor de oxigênio dissolvido na água foram realizados a cada sete dias, por meio de um potenciômetro e oxímetro, respectivamente. O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, com iluminação proveniente de lâmpadas mistas, controlado por *timer* automático.

As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente, em seis alimentações, às 8, 10, 12, 14, 16 e 18 h. Em cada alimentação, as rações foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, a fim de possibilitar a ingestão máxima, sem perdas, até a aparente saciedade, minimizando a possibilidade de lixiviações.

A limpeza dos aquários para retirada das fezes foi feita por sifonagem, duas vezes por dia, após as leituras da temperatura da água. Avaliaram-se o ganho de peso, as taxas de crescimento específico e de sobrevivência, o consumo de ração, a conversão alimentar, a eficiência protéica para ganho, a eficiência de lisina para ganho, as taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, a composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e a eficiência de retenção de nitrogênio.

Para determinação da taxa de crescimento específico (TCE), empregou-se a equação abaixo, utilizando-se transformações logarítmicas.

$$TCE = \frac{(\log \text{ natural do peso final (g)} - \log \text{ natural do peso inicial (g)})}{\text{Período experimental (dias)}} \times 100$$

As eficiências de utilização de proteína e lisina para ganho foram calculadas dividindo-se o ganho de peso dos peixes pelo consumo de proteína bruta ou de lisina digestível, respectivamente.

Para análises corporais, foram anestesiados e sacrificados, de forma idêntica, 80 peixes no início do experimento e oito peixes ao final do experimento, com os pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade. As análises

Tabela 1 - Composição das rações experimentais (com base na matéria natural)

Ingrediente (%)	Relação metionina + cistina:lisina digestível (%)					
	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5
Farelo de soja	51,262	51,262	51,262	51,262	51,262	51,262
Milho	31,042	31,042	31,042	31,042	31,042	31,042
Glúten de milho 60	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782
Óleo de soja	2,782	2,763	2,743	2,724	2,704	2,703
Amido de milho	5,461	5,479	5,497	5,516	5,535	5,554
L-treonina 98,5%	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,205
DL-metionina 99%	0,000	0,057	0,115	0,172	0,229	0,229
L-triptofano 99%	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
Ácido glutâmico 99%	0,320	0,264	0,208	0,151	0,095	0,000
Fosfato bicálcico	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114
Vitamina C <sup>4</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico e mineral <sup>5</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BHT (antioxidante)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada <sup>1</sup>						
Proteína bruta (%)	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00
Energia digestível (kcal/kg) <sup>2</sup>	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Ácido linoléico (%)	2,50	2,49	2,48	2,47	2,46	2,46
Cálcio total (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Fósforo disponível (%) <sup>2</sup>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina total (%)	1,541	1,541	1,541	1,541	1,541	1,541
Lisina digestível (%) <sup>2</sup>	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Met. + Cist. total (%)	0,881	0,938	0,994	1,051	1,107	1,107
Met. + Cist. digestível (%) <sup>2</sup>	0,833	0,889	0,945	1,001	1,057	1,057
Treonina digestível (%) <sup>2</sup>	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	1,190
Triptofano digestível (%) <sup>2</sup>	0,364	0,364	0,364	0,364	0,364	0,364
Isoleucina digestível (%) <sup>2</sup>	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131
Relação met. + cist.:lisina dig. (%)	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5
Relação treonina:lisina dig. (%)	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	85,0

<sup>1</sup> Composição calculada segundo Rostagno et al. (2005).

<sup>2</sup> Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes, de acordo com Rostagno et al. (2005) e Furuya et al. (2001c), para os aminoácidos e fósforo, e de acordo com Boscolo et al. (2002) e Pezzato et al. (2002), para energia.

<sup>3</sup> Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo.

<sup>4</sup> Composição por quilograma do produto: vit. A - 1.200.000 UI; vit. D<sub>3</sub> - 200.000 UI; vit. E - 1.200 mg; vit. K<sub>3</sub> - 2.400 mg; vit. B<sub>1</sub> - 4.800 mg; vit. B<sub>2</sub> - 4.800 mg; vit. B<sub>6</sub> - 4.800 mg; vit. B<sub>12</sub> - 4.800 mg; vit. C - 48 g; ácido fólico - 1.200 mg; pantotenato de cálcio - 12.000 mg; vit. C - 48.000 mg; biotina - 48 mg; cloreto de colina - 108 g; niacina - 24.000 mg; Fe - 50.000 mg; Cu - 3.000 mg; Mn - 20.000 mg; Zn - 30.000 mg; I - 100 mg; Co - 10 mg; Se - 100 mg.

bromatológicas das rações e das amostras dos peixes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Viçosa – UFV, conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2003).

As deposições de proteína e gordura corporais foram calculadas pela diferença da proteína ou gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividida pelo período experimental, em dias.

A eficiência de retenção de nitrogênio, expressa em porcentagem, foi calculada pela diferença do nitrogênio corporal final e inicial, dividido pelo nitrogênio total consumido, multiplicado por 100.

As análises estatísticas foram realizadas por intermédio do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância a 5% de probabilidade. Os efeitos das relações treonina:lisina foram comparados utilizando-se o teste F. Os efeitos das relações metionina + cistina:lisina foram analisados por meio dos modelos de regressão linear, quadrático ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável, com base na significância dos coeficientes de regressão pelo teste F, no coeficiente de determinação, na soma de quadrado dos desvios e no fenômeno em estudo.

## Resultados e Discussão

O sistema de abastecimento de água e de aeração possibilitou a manutenção da temperatura e da aeração constantes durante o período experimental. Foram obtidos os valores de  $28,7 \pm 0,86^\circ\text{C}$  para temperatura da água,  $6,7 \pm 0,15$  para o pH e  $6,2 \pm 0,40$  ppm para o oxigênio dissolvido, que se encontram na faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Furuya (2000) e Kubitzka (2000).

A elevação da relação metionina + cistina:lisina da ração não influenciou ( $P > 0,05$ ) o desempenho e a eficiência alimentar dos peixes (Tabela 2).

A taxa de crescimento de 6,9% ao dia obtida nos peixes alimentados com a ração contendo relação metionina + cistina de 75,5% foi inferior às de 8,7 e 7,8% ao dia observadas por Furuya et al. (2000) e Lanna et al. (2005), respectivamente, no entanto, foram superiores aos valores de 1,7 a 5,5% ao dia, observados em estudos similares realizados por Jackson & Capper (1982), Santiago & Lovell, (1988), Polat (1999), Kasper et al. (2000), Furuya et al. (2001a), Furuya et al. (2001b) e Furuya et al. (2004) com tilápias de mesma categoria de peso.

As taxas de crescimento dos peixes indicam que o manejo utilizado neste experimento e as rações suplementadas

com aminoácidos livres, mesmo com níveis de proteína bruta inferiores às exigências de 32,0% para a espécie (Furuya et al., 2000), foram suficientes para potencializar o desempenho dos animais.

Apesar do reduzido nível protéico das rações experimentais, o melhor balanceamento aminoacídico ocasionado pela redução proporcional dos aminoácidos em níveis excedentes às exigências do animal, que provavelmente não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados, pode ter refletido em maiores eficiências protéicas para ganho em relação aos valores obtidos pela maioria dos trabalhos de referência (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al., 2000, 2001a,b, 2004).

Efeitos similares de desempenho e de eficiência de utilização protéica para ganho obtidas com rações de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos livres também foram demonstrados por Lanna et al. (2005), Furuya et al. (2005) e Bomfim et al. (2005) em estudos com tilápias.

Com base nesses resultados, a relação aminoácidos sulfurosos:lisina digestível de 59,5%, que corresponde a níveis de metionina + cistina total e digestível corrigidos de 0,91 e 0,86%, respectivamente, considerando exigências de lisina total e digestível de 1,59 e 1,44% (NRC, 1993; Furuya et al., 2006) e o coeficiente de digestibilidade médio de 92,2 e 94,6% para lisina e metionina + cistina, respectivamente, das fontes protéicas (Furuya, 2000) parecem suprir as exigências dietéticas desses aminoácidos.

Esse valor, em aminoácidos totais, foi superior ao de 0,50% obtido por Kasper et al. (2000), similar aos de 0,90 e 0,85% obtidos por Santiago & Lovell (1988) e Furuya et al. (2001b), respectivamente, contudo, foi inferior ao de 1,27%, obtido por Jackson & Capper (1982), de 1,38%, obtido por Polat (1999), de 1,10% obtido por Furuya et al. (2001a), e de 1,22%, obtido por Furuya et al. (2004).

A comparação dos resultados com base em aminoácidos totais se deve ao fato de que, em praticamente todos os trabalhos de referência, cujo objetivo foi determinar a exigência dietética dos aminoácidos sulfurosos, foi utilizada essa unidade de expressão, com exceção da pesquisa conduzida por Furuya et al. (2001a). Contudo, deve-se considerar que a comparação de valores de exigência similares em experimentos distintos e/ou a determinação de relações aminoácido:lisina com base em experimentos que não incluam o conceito de proteína ideal, podem resultar em confundimento na comparação dos resultados aparentemente similares, tendo em vista as diferenças nas taxas de crescimento, na eficiência alimentar e no regime alimentar (alimentação à vontade ou restrita) dos peixes entre experimentos, dos teores protéico e energético das

Tabela 2 - Desempenho de alevinos de tilápia-do-nylo alimentados com rações com diferentes relações metionina + cistina:lisina digestível

Parâmetro	Relação metionina + cistina:lisina digestível (%)						CV (%)
	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5 <sup>1</sup>	
Peso inicial (g)	0,86	0,85	0,87	0,86	0,85	0,87	2,49
Ganho de peso (g)	14,57	13,49	14,36	13,59	12,63	15,93	19,80
Taxa de crescimento específico (%/dia)	7,20	7,05	7,11	7,01	6,88	7,36	6,39
Taxa de sobrevivência (%)	90,91	83,33	78,79	84,85	89,39	90,91	13,63
Consumo de ração (g)	16,85	16,23	16,91	16,45	15,51	18,05	16,34
Conversão alimentar (g/g)	1,16	1,21	1,18	1,23	1,23a	1,14b	6,53
Eficiência protéica para ganho (g/g)	2,97	2,86	2,92	2,82	2,80b	3,04a	6,32
Eficiência de lisina para ganho (g/g)	61,45	59,26	60,49	58,39	58,09b	63,04a	6,32

CV – coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Relação treonina:lisina digestível de 85%.

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste F.

rações experimentais, da possibilidade de outro aminoácido além da lisina estar limitante e da grande variação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos entre as diferentes fontes protéicas e também entre os aminoácidos em mesma fonte protéica (Cowey, 1994; Luzzana et al., 1998; Hauler & Carter, 2001; Dabrowski & Guderley, 2002; Rollin et al., 2003).

O valor da relação metionina + cistina:lisina digestível obtido neste estudo (59,5%) foi similar ao obtido por Furuya et al. (2001a), de 61,0%, todavia, é possível que o nível de lisina digestível utilizado nas rações experimentais (1,64%) tenha sido superior às exigências dietéticas para a espécie estimadas recentemente por Furuya et al. (2006), de 1,44%, cuja relação seria estimada em 69,5% (dados calculados).

Quando a relação treonina:lisina foi elevada de 80,0% para 85,0% nas rações contendo relação metionina + cistina:lisina de 75,5%, houve melhora ( $P < 0,05$ ) na conversão alimentar e nas eficiências de utilização protéica e de lisina para ganho. Apesar do maior valor numérico obtido para o ganho de peso, a taxa de crescimento específico e o consumo de ração dos peixes alimentados com a relação treonina:lisina de 85,0%, não foram observadas ( $P > 0,05$ ) diferenças estatísticas entre os tratamentos, provavelmente em virtude do coeficiente de variação obtido para essas variáveis.

Esses resultados indicam que o nível de treonina digestível (1,12%) utilizado para determinação das relações metionina + cistina:lisina pode estar abaixo da exigência dietética da espécie, uma vez que a suplementação adicional de treonina digestível para o nível de 1,19% minimizou os efeitos negativos dos níveis excedentes de metionina + cistina, melhorando o balanceamento da ração e justificando, em parte, o melhor desempenho obtido com essa ração. Esses dados corroboram as observações de Silva et al. (2006), que verificaram melhora linear no desempenho de

tilápias-do-nylo alimentadas com rações isolisínicas (1,40%) e contendo níveis crescentes de treonina total, cujo valor mínimo da relação treonina:lisina foi estimado em 96,0%, superior à relação utilizada neste estudo e à preconizada pelo NRC (1993).

Um fator que também pode ter contribuído para essa melhora é fato de que alguns peixes foram acometidos de micoses de pele, o que resultou em uma mortalidade média de 13,64%. Como nessas situações há aumento da produção de muco (mucina) para repor as perdas excessivas decorrentes do desafio sanitário e a treonina é o primeiro aminoácido limitante para a produção de mucina e imunoglobulinas, suas exigências dietéticas para resposta imune máxima podem ser maiores que para obtenção de um crescimento otimizado. Assim, as condições sanitárias também podem influenciar as exigências nutricionais deste aminoácido (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Ajinomoto, 2003; Machado & Fontes, 2005).

A variação da relação metionina + cistina:lisina não influenciou ( $P > 0,05$ ) o teor de proteína corporal, as deposições de gordura e proteína corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio (Tabela 3). Contudo, a elevação da relação metionina + cistina:lisina digestível na ração influenciou ( $P < 0,05$ ) de forma quadrática os teores de umidade e gordura corporais, que reduziu e elevou até o nível estimado de 66,74 e 66,95%, respectivamente, correspondendo a uma exigência estimada de aminoácido sulfurosos total e digestível de 1,02 e 0,96% (valores corrigidos).

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do aumento da relação metionina + cistina:lisina da ração sobre as deposições diárias de gordura e de proteína corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio (Tabela 3).

Da mesma forma do ocorrido com os parâmetros de eficiência alimentar, a elevação da relação treonina:lisina digestível de 80,0 para 85,0% nas rações contendo a relação

Tabela 3 - Composição corporal, deposições de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio em alevinos de tilápia-do-nylo alimentados com rações com diferentes relação metionina + cistina:lisina digestível

Parâmetro	Relação metionina + cistina:lisina digestível (%)							CV (%)
	Inicial	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5 <sup>1</sup>	
Umidade corporal (%) <sup>2,3</sup>	79,37	76,13	75,62	75,76	75,55	76,54	75,83	1,10
Gordura corporal (%) <sup>2,4</sup>	6,16	6,41	6,95	6,93	6,81	6,29	6,68	9,49
Proteína corporal (%) <sup>2</sup>	10,52	12,64	12,84	12,70	13,01	12,86	12,62	3,62
Deposição de gordura corporal (mg/dia)	-	23,49	23,72	25,46	23,12	19,85	26,89	25,03
Deposição protéica corporal (mg/dia)	-	46,62	43,82	46,12	44,58	41,13	50,77	20,50
Eficiência de retenção de nitrogênio (%)	-	37,89	37,15	37,47	37,06	36,48b	38,66a	5,59

CV - coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Relação treonina:lisina digestível de 85%.

<sup>2</sup> Matéria natural.

<sup>3</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,05$ ):  $\hat{Y} = 128,30 - 1,5817X + 0,01185X^2$  ( $R^2 = 0,82$ ).

<sup>4</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,05$ ):  $\hat{Y} = -37,4255 + 1,3257X - 0,0099X^2$  ( $R^2 = 0,97$ ).

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste F.

metionina mais cistina:lisina digestível de 75,5% melhorou ( $P < 0,05$ ) a eficiência de retenção de nitrogênio, apesar de não ter influenciado ( $P > 0,05$ ) a composição corporal dos peixes e a deposição de gordura e de proteína corporais.

Estes resultados reforçam as hipóteses de que o nível de treonina utilizado para determinação da relação aminoácidos sulfurosos:lisina pode estar limitando a utilização protéica, uma vez que a suplementação adicional de treonina melhorou o balanceamento dietético, minimizando os níveis excedentes de metionina + cistina e aumentando a eficiência de retenção de nitrogênio, resultando, em geral, em melhor desempenho e eficiência alimentar dos peixes.

Considerando os resultados obtidos, a relação mais adequada para satisfazer as exigências dos aminoácidos sulfurosos em rações para a tilápia-do-nylo é a de 59,5%, uma vez que não comprometeu o desempenho dos peixes e a deposição de proteína corporal.

A relação obtida neste estudo (59,5%) e as estimadas com base no perfil aminoacídico corporal foram superiores àquelas de 44,7%, obtidas por Furuya (2000), de 45%, obtidas por Portz & Cyrino (2003) e de 52,5%, encontradas por Teixeira et al. (2004), porém inferiores àquela de 67,9%, obtida por Fagbenro (2000), comprovando que, em geral, a utilização do perfil aminoacídico para determinação do padrão aminoacídico dietético pode subestimar as exigências dos aminoácidos sulfurosos, uma vez que esses aminoácidos são utilizados em maior proporção para os processos de manutenção em relação à lisina (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003).

Torna-se necessária, no entanto, a realização de mais estudos utilizando maior amplitude de níveis de metionina + cistina em rações com níveis de treonina que atendam as exigências nutricionais mínimas para a espécie a fim de se

estabelecer com maior precisão a relação ideal aminoácidos sulfurosos:lisina em rações para esta espécie.

## Conclusões

Os níveis total ou digestível de aminoácidos sulfurosos de 0,91 e 0,86%, que correspondem a relações metionina + cistina:lisina total e digestível de 57,2 e 59,5%, respectivamente, foram os que proporcionaram os melhores resultados de desempenho e características de carcaça em alevinos de tilápia-do-nylo.

## Agradecimento

À Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda., pela ajuda financeira, como co-financiadora, e pelo fornecimento dos AAs sintéticos e dos aminogramas.

## Literatura Citada

- AJINOMOTO [2003]. Exigências de treonina para suínos - benefícios da suplementação de L-treonina. **Informativo técnico** - 10. [http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/IT\\_10\\_port.pdf](http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/IT_10_port.pdf). Acesso em: 23/3/2004.
- AKIYAMA, T.; OOHARA, T.; YAMAMOTO, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species (review paper). **Fisheries Science**, v.63, p.963-970, 1997.
- BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, v.64, p.239-251, 2000.
- BOISEN, S. ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - resultados preliminares In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005a. (CD-ROM).

- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.539-545, 2002.
- COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture**, v.124, p.1-11, 1994.
- DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish nutrition**. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.
- De BLAS, C.; GARCÍA, A.I.; CARABAÑO, R. Necesidades de treonina en animales monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, 16., 2000, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Intitute National de la Recherche Agronomique, Uniti de Nutrition et Metabolisme Proteique, 2000. p.1-24.
- FAGBENRO, O.A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758), assessed by the ideal protein concept. In: SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: SRG, 2000. v.1, p.154-156.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (supl. 1).
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.885-889, 2001a.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigências de metionina + cistina pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001b. (CD-ROM).
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001c.
- FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R. et al. Exigência de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1933-1937, 2004.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; SANTOS, V.G. et al. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.937-942, 2006 (supl.).
- GOFF, J.B.; GATLIN III, D.M. Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cystine for methionine. **Aquaculture**, v.241, p.465-477, 2004.
- GREEN, J.A.; HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.27, p.97-108, 2002.
- HAULER, R.C.; CARTER, C.G. Reevaluation of the quantitative dietary lysine requirements of fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.9, n.3, p.133-166, 2001.
- JACKSON, A.J.; CAPPER, B.S. Investigations into the requirements of the tilapia *Sarotherodon mossambicus* for dietary methionine, lysine and arginine in semi-synthetic diets. **Aquaculture**, v.29, p.289-297, 1982.
- KASPER, C.S.; WHITE, M.R.; BROWN, P.B. Choline is required by tilapia when methionine is not in excess. **Journal Nutrition**, v.130, p.238-242, 2000.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiá: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D. et al. Frequência de alimentação em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando dietas de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos - resultados preliminares. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. (CD-ROM).
- Li DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHYAN, Q. et al. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.179-188, 1999.
- LUZZANA, U.; HARDY, R.W.; HALVER, J.E. Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture**, v.163, p.137-150, 1998.
- MACHADO, G.S.; FONTES, D.O. Relação entre as exigências nutricionais e o sistema imune em suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2., 2005, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p.293-314.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1993. 105p.
- OBLED, C. Necesidades de aminoácidos en estados inflamatorios. In: CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, 19., 2003, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Intitute National de la Recherche Agronomique, Uniti de Nutrition et Metabolisme Proteique, 2003. p.73-88.
- PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding nonruminants. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.119-128.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. (Eds.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p.75-169.
- POLAT, A. The effects of methionine supplementation to soybean meal (SBM)-based diets on the growth and whole body-carcass chemical composition of tilapia (*T. zillii*). **Turkish Journal of Zoology**, v.23, p.173-178, 1999.
- PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P. Comparison of the amino acid contents of roe, whole body and muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). **Aquaculture Research**, v.34, p.585-592, 2003.
- RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M. et al. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. **Journal of Nutrition**, v.127, p.1166-1175, 1997.
- ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T. et al. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. **British Journal of Nutrition**, v.90, p.865-876, 2003.
- ROSTAGNO, R.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.

- SIDDIQUI, A.Q.; HOWLADER, M.S.; ADAM, A.A. Effects of dietary protein levels and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.70, p.63-73, 1988.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. et al. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.
- TEIXEIRA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; CREPALDI, D.V. et al. Exigências de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) estimadas com base no conceito de proteína ideal. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. (CD-ROM).
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG**. Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).