

## Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Wilson Massamitu Furuya<sup>1</sup>, Daniele Botaro<sup>2</sup>, Rosa Maria Gomes de Macedo<sup>3</sup>, Vivian Gomes dos Santos<sup>4</sup>, Lilian Carolina Rosa Silva<sup>2</sup>, Tarcila de Castro Silva<sup>4</sup>, Valéria Rossetto Barriviera Furuya<sup>1</sup>, Priscila Juliana Pinseta Sales<sup>4</sup>

**RESUMO** - Este estudo foi realizado para se avaliar a redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nylo (5 a 125 g), adotando-se o conceito de proteína ideal. Cento e sessenta peixes ( $4,40 \pm 0,9$  g) foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos [25,5; 27; 28,5 e 30% (controle) de proteína digestível], três repetições e dez animais por unidade experimental. Os aminoácidos sintéticos foram suplementados para se manter as proporções de aminoácidos de acordo com o conceito de proteína ideal. Os aminoácidos lisina, metionina e treonina foram suplementados para se obter os níveis de aminoácidos da dieta controle. As dietas foram fornecidas à vontade, durante 83 dias. Não foram observados efeitos dos níveis de proteína sobre o ganho de peso, a conversão alimentar, o índice hepatossomático, o peso da gordura visceral, a taxa de sobrevivência, os níveis de proteína na carcaça e o diâmetro da fibra intermediária. O aumento nos níveis de proteína resultou em redução linear na taxa de eficiência protéica e de retenção do nitrogênio e aumento linear na excreção de nitrogênio. Foi observado efeito quadrático sobre o rendimento de carcaça e o teor de extrato etéreo na carcaça; os melhores valores foram obtidos com 28,40 e 27,31% de proteína na dieta, respectivamente. Concluiu-se que é possível a redução do nível de proteína de 30 para 27,5% em dietas para juvenis de tilápia do Nilo, sem efeitos negativos sobre o crescimento, rendimento de carcaça e a composição química dos filés. No entanto, a redução do nível de proteína de 30 para 25,5% acarreta redução no diâmetro das fibras musculares vermelha e branca.

Palavras-chave: desempenho, fibra muscular, proteína ideal, tilápia do Nilo, redução da proteína da dieta

## Ideal Protein Concept for Dietary Protein Reduction of Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

**ABSTRACT** - This trial was carried out to evaluate the effects of ideal protein concept on reduction of dietary protein content for Nile tilapia (5 to 125 g). A hundred and sixty juvenile fishes ( $4.40 \pm 0.9$  g) were assigned to a randomized experimental design with four treatments [25.5, 27, 28.5 and 30% (control) of digestible protein], three replicates and ten fish by experimental unit. Crystalline amino acids were added to maintain amino acid levels according to the ideal protein concept. The amino acids (lysine, methionine and threonine) were supplemented at levels to simulate amino acid levels of the reference diet. Diets were fed ad libitum during 83 days. No significant effects of protein levels on weight gain, feed:gain ratio, hepatossomatic, visceral fat, survival rate, carcass protein and intermediate fiber diameter were observed. The protein efficiency rate and nitrogen retention decreased linearly and excreted nitrogen increased linearly as the dietary digestible protein levels increased. Quadratic effect for carcass yield and carcass ether extract content was observed, with the best values at 28.40 and 27.31% dietary protein, respectively. It was concluded that is possible to reduce the dietary protein from 30 to 27.5% for juvenile Nile tilapia, with no change on growth, carcass yield and fillet chemical composition. However, the reduction of white and red fibers diameter was observed when dietary protein decreased from 30 to 27.5%.

Key Words: performance, muscular fiber, ideal protein, Nile tilapia, dietary protein reduction

### Introdução

Entre os setores de produção animal, a aquicultura é o que tem expandido mais rapidamente. A tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se mundialmente nas criações intensivas pela rusticidade, precocidade e por apresentar filé sem espinhos em forma de Y e com boas características organolépticas.

A utilização de aminoácidos sintéticos tem permitido a elaboração de dietas com melhor balanceamento de aminoácidos. No entanto, a suplementação com níveis elevados de aminoácidos pode comprometer o desempenho dos peixes (Yamada et al., 1981; Murai et al., 1986; Schuhmacher et al., 1997). Trabalhos recentes demonstram que a lisina é 100% absorvida pela truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Zootecnia, UEM, Av. Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Maringá-PR (wmfuruya@uem.br).

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Zootecnia - PPZ/UEM, Maringá-PR (danibot13@hotmail.com).

<sup>3</sup> Professora do Departamento de Ciências Morfofisiológicas - DCM/UEM (rmmacedo@uem.br).

<sup>4</sup> Aluna do curso de Graduação em Zootecnia, UEM, Maringá-PR.

(Rodehutsord et al., 2000), de modo que as perdas metabólicas de nitrogênio podem ser minimizadas com a redução do intervalo de arrazoamento, que resulta em concentração plasmática mais estável de aminoácidos (Tantikitti & March, 1995). Além disso, reduz as perdas de aminoácidos sintéticos por lixiviação, os quais são altamente solúveis no meio aquático, em relação aos ligados à proteína (Zarate & Lovell, 1997).

Em dietas formuladas com proteína do farelo de soja, Odum & Ejike (1991) obtiveram melhoria no desempenho da tilápia-do-nilo somente quando a lisina e a metionina foram utilizadas em associação com outros aminoácidos sintéticos, o que também foi observado por Davies & Morris (1997), com a truta arco-íris, por Olli et al. (1995), com o salmão (*Salmo salar*), e por Furuya et al. (2004), com a tilápia-do-nilo, ocorrendo pequena contribuição sobre o desempenho quando apenas um aminoácido foi suplementado.

Os resultados obtidos com aminoácidos sintéticos parecem estar estreitamente relacionados aos ingredientes empregados, de acordo com sua inclusão e valor nutricional de seus aminoácidos, assim como do balanceamento da energia e dos demais nutrientes da ração. Portanto, os aminoácidos sintéticos devem ser utilizados para se obter rações com adequadas proporções de aminoácidos, no intuito de se maximizar a utilização da proteína da ração (Sadiku & Jauncey, 1995).

Nos últimos anos, os nutricionistas têm direcionado seus estudos na busca de informações que possam contribuir para redução dos custos com a alimentação e os teores de proteína das dietas. A simples redução no conteúdo de proteína não permite adequado desempenho em condições de criação intensiva, sendo necessário observar também as proporções entre os aminoácidos.

Uma ração formulada com base em proteína bruta ou aminoácidos totais pode não atender às necessidades nutricionais dos peixes. Deficiências ou excessos de aminoácidos interferem na utilização da fração nitrogenada, assim como na composição química e no rendimento de carcaça dos peixes.

O conceito de proteína ideal é definido como o balanceamento exato de aminoácidos, de forma a atender às exigências de todos os aminoácidos para manutenção e produção, a partir da proposta de que cada aminoácido essencial seja expresso em relação a um aminoácido de referência, a lisina. A lisina é utilizada como referência por ser economicamente encontrada na forma sintética, pelo número de infor-

mações sobre suas exigências, pelo baixo custo, pela rapidez de sua análise e por ser utilizada exclusivamente para a síntese de proteína corporal.

A vantagem da aplicação desse conceito se baseia no fato de que as exigências quantitativas de aminoácidos são constantemente alteradas, em função dos avanços genéticos obtidos, sendo difícil obter as exigências de todos os aminoácidos com experimentos de dose-resposta. Por outro lado, o conceito de proteína ideal pode ser adaptado à várias situações, pois ainda que as exigências absolutas de certos aminoácidos possam mudar por diversas razões, as proporções permanecem bastante estáveis.

A aplicação do conceito de proteína ideal é importante para permitir a adequada suplementação dos aminoácidos sintéticos, de forma a se obter dietas com teores inferiores de proteína, o que possibilita melhoria no desempenho produtivo e menor custo com a alimentação. Além disso, pode contribuir para manter a qualidade da água, pela redução na excreção de nitrogênio e, dessa forma, permitir a criação sustentável de peixes.

Este trabalho foi realizado para se avaliar a aplicação do conceito de proteína, para redução dos teores de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) de 5 a 125 g de peso vivo, a partir do desempenho produtivo, do rendimento e composição química da carcaça e da classificação dos tipos de fibras musculares dos peixes.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá-PR, durante o período de janeiro a março de 2003, durante 85 dias.

Foram utilizados 160 peixes da linhagem tailandesa, revertidos durante a fase larval, com peso vivo inicial de  $4,40 \pm 0,9$  g, originados da Piscicultura Araucária Belmonte, Rolândia-PR. Os peixes foram distribuídos em 16 caixas de fibrocimento com volume útil unitário de  $0,80 \text{ m}^3$ , com sistema individual de renovação da água (5 %/dia) e aeração constante por meio de pedra porosa acoplada a um soprador central.

Foram avaliadas rações com 25,5; 27; 28,5 e 30% de proteína digestível, com redução de 15; 10 e 5% de proteína digestível em relação à dieta controle (30% de proteína digestível), com valor de proteína digestível recomendado pelo NRC (1993), para tilápias. A proporção entre metionina e treonina em relação ao

aminoácido lisina da dieta foi mantido de acordo com os valores estimados por Furuya et al. (2001), com base no conceito de proteína ideal. Os valores de lisina, metionina e treonina da dieta controle foram mantidos nas demais dietas.

Todos os aminoácidos foram expressos na forma de aminoácidos digestíveis. Foram utilizados os valores de digestibilidade da energia e dos nutrientes dos ingredientes, obtidos por Pezzato et al. (2002), considerando-se os coeficientes de digestibilidade aparente de

aminoácidos, determinados por Furuya et al. (2001), em estudos realizados com tilápia-do-nilo (Tabela 1).

A dieta diária total foi distribuída quatro vezes/dia, às 8, 12, 16 e 18 h. O arraçoamento foi manual e fornecido até saciedade aparente, quando não eram observadas captura e regurgitação dos grânulos.

Todos os peixes foram pesados no início e ao final do experimento. Após pesagem final, seis peixes de cada unidade experimental foram utilizados para avaliação do rendimento de carcaça. O milho, farelo de

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das dietas  
Table 1 - Calculated (%) and chemical composition of the diets

Ingrediente <i>Ingredient</i>	Proteína digestível (%) <i>Digestible protein</i>			
	25,5	27	28,5	30
Milho ( <i>Corn</i> )	17,96	22,23	26,02	30,78
Farelo de soja ( <i>Soybean meal</i> )	63,50	59,00	55,00	50,00
Farelo de trigo ( <i>Wheat meal</i> )	12,00	12,00	12,00	12,00
Fosfato bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )	2,00	2,00	2,00	2,00
Óleo de soja ( <i>Soybean oil</i> )	3,00	3,00	3,00	3,00
L-lisina ( <i>L-Lysine</i> )	0,00	0,13	0,25	0,40
DL-metionina ( <i>DL-methionine</i> )	0,20	0,24	0,27	0,30
L-treonina ( <i>L-threonine</i> )	0,12	0,18	0,24	0,30
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup> ( <i>Min. and vit. mix</i> )	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C <sup>2</sup> ( <i>Vitamin C</i> )	0,10	0,10	0,10	0,10
BHT <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Alginato de sódio <sup>4</sup> ( <i>Sodium alginate</i> )	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal comum ( <i>Salt</i> )	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada <i>Calculated composition</i>				
Matéria seca (%) <sup>5</sup> ( <i>Dry matter</i> )	89,17	89,02	88,89	88,74
Energia digestível (kcal/kg) <sup>5</sup> ( <i>Digestible energy</i> )	3100,12	3091,07	3077,19	3064,26
Proteína bruta (%) <sup>5</sup> ( <i>Crude protein</i> )	32,54	31,09	29,80	28,17
Proteína digestível (%) <sup>5</sup> ( <i>Digestible protein</i> )	30,14	28,58	27,18	25,45
Extrato etéreo (%) <sup>5</sup> ( <i>Ether extract</i> )	4,27	4,23	4,20	4,14
Fibra bruta (%) <sup>5</sup> ( <i>Crude fiber</i> )	5,33	5,12	4,93	4,70
Cálcio (%) <sup>5</sup> ( <i>Calcium</i> )	0,66	0,64	0,63	0,62
Fósforo disponível (%) <sup>5</sup> ( <i>Available phosphorus</i> )	0,58	0,57	0,56	0,54
Aminoácido digestível (%) <sup>6</sup> ( <i>Digestible amino acid</i> )				
Lisina ( <i>Lysine</i> )	1,70	1,70	1,70	1,70
Metionina ( <i>Methionine</i> )	0,65	0,66	0,67	0,68
Metionina + cistina ( <i>Methionine + cystine</i> )	1,07	1,03	1,02	0,93
Treonina ( <i>Threonine</i> )	1,23	1,23	1,24	1,23
Triptofano ( <i>Thryptophan</i> )	0,53	0,57	0,60	0,364
Arginina ( <i>Arginine</i> )	2,21	2,08	1,97	1,83

<sup>1</sup> Suplemento mineral e vitamínico (*vitamin and mineral mix*) (Supremais): composição por kg (*composition per kg*): Vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ácido fólico (*folic acid*) = 1.200 mg; pantotenato de Ca (*calcium pantothenate*) = 12.000 mg; vitamina C (*vitamin C*) = 48.000 mg; biotina (*biotin*) = 48 mg; colina (*choline*) = 65.000 mg; niacina (*niacin*) = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mg = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg;

<sup>2</sup> Vitamina C (*vitamin C*): (42% de ácido ascórbico) (*42% of ascorbic acid*).

<sup>3</sup> Butil Hidroxi Tolueno (*Butil-hidroxi-toluen*).

<sup>4</sup> Alginato (*Alginate*).

<sup>5</sup> Valores calculados de acordo com Pezzato et al. (2002) (*According to Pezzato et al., 2002 data*).

<sup>6</sup> Valores calculados de acordo com Furuya et al. (2001) (*According to Furuya et al., 2001b data*).

trigo e farelo de soja foram moídos até atingirem diâmetro igual ou inferior a 0,36 mm. Para confecção das dietas, após pesagem e homogeneização, os ingredientes foram pulverizados com água (55°C) na proporção de 25% de seu peso total e, em seguida, foram peletizados em moinho de carne e desidratados em estufa de ventilação forçada (55°C), durante 24 horas, e desintegrados até o diâmetro recomendado por Jauncey & Ross (1982) para tilápias.

A cada quatro dias, foram aferidos os parâmetros de temperatura (8 e 16 horas), pH, oxigênio dissolvido (mg/L), pH e condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) da água de cada tanque. Os dados foram obtidos por meio de "kit" digital portátil.

Os pesos da gordura visceral e do fígado foram obtidos após retirada das vísceras para determinação do rendimento de carcaça inteira. As vísceras foram pesadas em balança analítica (0,0001 g), para determinação da porcentagem de gordura visceral e do índice hepatossomático, respectivamente. Para estimação do peso da gordura visceral, as vísceras foram mantidas em refrigerador durante 30 minutos, retirando-se a gordura, em seguida, com auxílio de pinças e estiletos.

Para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e da retenção de nitrogênio, foram utilizadas 30 tilápia-do-nylo com 55,26  $\pm$  13 g de peso vivo, revertidas durante a fase larval, alojadas em um aquário de fibra de vidro com volume útil de 180 L. O manejo dos peixes, a coleta de fezes e o preparo das fezes para análise laboratorial seguiram a metodologia descrita por Pezzato et al. (2002). Os coeficientes de digestibilidade da energia e nutrientes de cada dieta foram obtidos pela equação descrita por Nose (1960).

$$CDA(\%) = 100 - \left[ 100 \cdot \left( \frac{\%Cr_2O_{3d}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \cdot \left( \frac{\%N_f}{\%N_d} \right) \right]$$

em que: CDA = coeficiente de digestibilidade aparente (%);  $\%Cr_2O_{3d}$  = porcentagem de óxido de cromo na dieta;  $\%Cr_2O_{3f}$  = porcentagem de óxido de cromo nas fezes;  $\%N_f$  = porcentagem de energia ou nutrientes nas fezes;  $\%N_d$  = porcentagem de energia ou nutrientes na dieta.

Como indicador inerte, foi utilizado o óxido de cromo, na proporção de 0,1% da dieta. As análises bromatológicas da ração e das fezes foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – DZO/UEM, de acordo com a metodologia descrita por Silva et al. (1990). O óxido de cromo foi analisado de acordo com Graner (1972).

mento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – DZO/UEM, de acordo com a metodologia descrita por Silva et al. (1990). O óxido de cromo foi analisado de acordo com Graner (1972).

A taxa de eficiência protéica e a retenção de nitrogênio foram calculadas de acordo com as expressões descritas por Jauncey & Ross (1982).

$$TEP = \frac{GP}{PC}$$

em que: TEP = taxa de eficiência protéica; GP = ganho de peso (g); PC = proteína consumida (g).

$$ERN = \frac{N_f \cdot P_f - N_i \cdot P_i}{N_c} \cdot 100$$

em que: ERN = eficiência de retenção de nitrogênio (%);  $N_f$  = nitrogênio final (%);  $P_f$  = peso final (g);  $N_i$  = nitrogênio inicial (%);  $P_i$  = peso inicial (g);  $N_c$  = nitrogênio consumido (g).

A excreção de nitrogênio fecal foi determinada de acordo com a expressão:

$$N_e = \frac{N_c - (N_c \cdot CDA_n)}{GP} \cdot 1000$$

em que:  $N_e$  = nutriente excretado (kg/t de peixe);  $N_c$  = nutriente consumido (kg);  $CDA_n$  = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente (%); GP = ganho de peso (kg).

Para análise e classificação das fibras musculares, foi efetuada dissecação e remoção do tegumento que recobre uma das faces laterais do corpo, onde se fez incisão da musculatura, transversal ao corpo do animal, no nível da margem cranial da nadadeira dorsal, estendendo-se da superfície até as vértebras. Da região caudal, adjacente a esse corte, foi removido um bloco de tecido muscular de forma que o mesmo contivesse amostras dos tecidos vermelho, intermediário e branco.

Após coleta, as amostras foram mantidas à temperatura ambiente durante 15 minutos (Khan, 1977), seguindo-se a sua imersão em n-Hexana, resfriada a -70°C, com nitrogênio líquido, seguindo a metodologia



de Chayen et al. (1969). Os fragmentos musculares foram transferidos para a câmara de criostato a  $-20^{\circ}\text{C}$ , onde foram mantidos em repouso durante uma hora, de acordo com Pullen (1977).

Durante o processamento do material, os blocos musculares foram orientados para a obtenção de cortes transversais das fibras, sendo então afixados aos suportes metálicos do criostato, utilizando-se para isto o adesivo OCT.

Cortes com 8 mm de espessura foram submetidos às seguintes técnicas: Hematoxilina e Eosina (Lillie, 1954), para avaliação da morfologia geral do tecido estudado; Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR), para avaliação do metabolismo oxidativo-glicolítico, conforme técnica de Pearse (1972), modificada por Dubowitz & Brooke (1973); ATPase miofibrilar (m-ATPase), após pré-incubação em meio ácido (pH 4,3 a 4,6) e após pré-incubação em meio alcalino (pH 9,4 a 10,4), para o estudo da habilidade contráctil das fibras, lenta e rápida (Padykula & Herman, 1955). A seguir, foi efetuada a classificação dos tipos de fibras musculares, para cálculo das frequências (ocorrência) e medições dos diâmetros dos diferentes tipos.

Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão polinomial por meio do programa SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1982). Os dados de sobrevivência foram transformados pela expressão  $y = \arcsen \sqrt{x/100}$ , em que  $x$  é o valor da variável expresso em porcentagem.

## Resultados e Discussão

Durante o período experimental, foram obtidos, respectivamente, os valores de  $26,38 \pm 1,91^{\circ}\text{C}$ ;  $5,62 \pm 1,48$  mg/L e  $7,22 \pm 0,71$ ,  $53 \pm 8,11$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica da água. Esses valores podem ser considerados satisfatórios para a tilápia-do-nylo e encontram-se dentro da faixa recomendada por Popma & Green (1990).

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios das variáveis de desempenho dos peixes alimentados com as rações contendo níveis crescentes de proteína.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) da utilização de dietas com níveis crescentes de proteína digestível sobre as variáveis ganho de peso, conversão alimentar, índice hepatossomático e gordura visceral. Não foi observada ocorrência de mortalidade durante o período experimental.

Por outro lado, a taxa de eficiência protéica e a retenção de nitrogênio reduziram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento nos níveis de proteína na dieta. A consideração de que o aumento no conteúdo de proteína bruta resulta em piora linear na taxa de eficiência protéica também foi constatada por Furuya et al. (1996), em estudo realizado para determinação das exigências de proteína bruta para juvenis de tilápia-do-nylo.

Os resultados de taxa de eficiência protéica encontrados nesse estudo, comprovam que a tilápia-do-nylo utiliza os aminoácidos sintéticos. Resultados semelhantes foram obtidos por Rodehutsord et al.

Tabela 2 - Desempenho da tilápia-do-nylo alimentada com dietas contendo diferentes níveis de proteína digestível  
Table 2 - Nile tilapia performance fed diet with different digestible protein levels

Variável Variable	Proteína digestível (%) Digestible protein (%)				CV <sup>1</sup>
	25,5	27	28,5	30	
Peso inicial (g) (Initial weight)	4,52	4,49	4,61	4,52	2,05
Ganho de peso (g) <sup>2</sup> (Weight gain)	122,86	121,88	119,53	121,77	4,59
Conversão alimentar (Feed:gain ratio)	1,22	1,24	1,19	1,27	11,81
Taxa de eficiência protéica <sup>2</sup> (Protein efficiency ratio)	3,22	3,00	3,00	2,62	3,60
Retenção de nitrogênio (%) <sup>2</sup> (Nitrogen retention)	59,15	52,28	51,60	44,87	3,53
Excreção de nitrogênio (kg/t peixe) <sup>2</sup> (Nitrogen excretion)	4,06	4,92	5,22	6,41	3,96
Índice hepatossomático (Hepatosomatic index)	1,74	1,66	1,56	1,53	13,04
Gordura visceral (%) (Visceral fat)	1,29	1,42	1,30	1,43	14,51
Rendimento de carcaça (%) <sup>3</sup> (Carcass yield)	85,22	87,55	86,55	86,94	0,97

<sup>1</sup> Coeficiente de variação (Coefficient of variation).

<sup>2</sup> Efeito linear ( $P < 0,05$ ) (Linear effect): taxa de eficiência protéica (protein efficiency rate) ( $\hat{Y} = 6,2813 - 0,1198X$ ;  $R^2 = 0,75$ ); retenção de nitrogênio (nitrogen retention) ( $\hat{Y} = 132,5310 - 2,9029X$ ;  $R^2 = 0,88$ ); Nitrogênio excretado (Nitrogen excreted) ( $\hat{Y} = -8,4670 + 0,4908X$ ;  $R^2 = 0,95$ ).

<sup>3</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) (Quadratic effect): rendimento de carcaça (carcass yield) ( $\hat{Y} = -85,6667 + 12,1791X - 0,2144X^2$ ;  $R^2 = 0,98$ ).

(2000), com truta arco-íris, e por Furuya et al. (2004), com tilápia-do-nilo, ao avaliarem o desempenho de peixes alimentados com dietas suplementadas com aminoácidos sintéticos. Avaliando a atividade enzimática da tilápia-do-nilo, Tengjaroenkul et al. (2000) demonstraram que esta espécie utiliza eficientemente peptídeos de cadeias curta e longa.

Ainda que a suplementação de aminoácidos sintéticos tenha sido elevada na ração com 25,5% de proteína digestível, não se confirmou a afirmação de Yamada et al. (1981) de que o menor desempenho obtido com peixes recebendo aminoácidos sintéticos pode ser atribuído sua rápida absorção, com súbita elevação de seus níveis plasmáticos, atingindo o pico anteriormente aos dos peixes alimentados com proteína intacta do alimento (Murai et al., 1986), que eleva o catabolismo e sua excreção (Chen et al., 1992; Lim, 1993; Schuhmacher et al., 1997).

Nesse estudo, a utilização dos aminoácidos suplementares também pode ser explicada pela adoção de menor intervalo de arraçoamento (4 horas). Esta prática seria responsável por ter proporcionado, no momento adequado, todos os aminoácidos necessários para a síntese protéica. De acordo com Tantikitti & March (1995), o aumento da frequência alimentar evita a rápida elevação nos níveis plasmáticos de lisina, metionina e treonina, proporcionando melhor eficiência de retenção protéica.

A frequência alimentar de quatro vezes/dia adotada nesse trabalho pode ter contribuído para menor perda de aminoácidos sintéticos para o meio aquático. Zarate & Lovell (1997) constataram perda de 13% da lisina sintética da ração após 15 segundos de contato do grânulo com a água, enquanto foram perdidos apenas 2% da lisina ligada à proteína.

Incremento dos níveis de proteína na dieta resultou em aumento linear ( $P < 0,05$ ) dos níveis de nitrogênio excretado pelos peixes. Os dados de retenção de carcaça permitiram inferir que a utilização de aminoácidos sintéticos possibilita a redução da excreção de nitrogênio pelos peixes, sem efeitos negativos sobre o desempenho produtivo, o que é particularmente importante em sistemas que utilizam elevada densidade de criação, onde os alimentos naturais disponíveis no meio aquático possuem pequena contribuição na dieta dos peixes.

No efluente de piscicultura, o nitrogênio é considerado uma das principais fontes de poluição, que pode resultar em elevada eutrofização (Richie & Brown,

1996), podendo produzir compostos tóxicos aos peixes (English et al., 1993), comprometer a qualidade da água e, no caso de predominância de cianobactérias, prejudicar as características sensoriais da carne dos peixes (Van Der Ploeg & Boyd, 1991).

O máximo rendimento de carcaça foi estimado com peixes que receberam dieta com 27,7% de proteína digestível (Tabela 2). O aumento no rendimento de carcaça e na produção de carne magra obtido em animais não-ruminantes geralmente é associado à suplementação das dietas com lisina e/ou treonina. Em frangos de corte, destacam-se os efeitos positivos da suplementação de lisina e treonina sobre o aumento do rendimento de peito, enquanto, em suínos, verifica-se aumento no rendimento de pernil e na área de olho de lombo. Por outro lado, poucos estudos têm sido realizados com peixes objetivando os efeitos da suplementação de aminoácidos sintéticos sobre o rendimento de carcaça.

De acordo com Ketola (1982), Olli et al. (1995) e Davies et al. (1997), quando o farelo de soja é a principal fonte protéica, além da metionina e da lisina, deve-se considerar, ainda, o aminoácido treonina. Neste estudo, as rações foram suplementadas com lisina, metionina e treonina, o que não permitiu avaliar a contribuição de cada aminoácido sobre o rendimento de carcaça.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios da composição de proteína e extrato etéreo da carcaça dos peixes alimentados com dieta dos diferentes tratamentos.

Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos sobre os valores de extrato etéreo na carcaça, sendo que o menor valor de gordura na carcaça foi estimado nos peixes alimentados com dieta contendo 27,50% de proteína digestível.

Ainda que pequena, maior taxa de deposição de lipídios na carcaça dos peixes alimentados com dietas contendo 25,5% de proteína digestível pode estar relacionada à menor utilização dos aminoácidos com o aumento na deposição de gordura oriunda da oxidação do esqueleto carbônico dos aminoácidos, o que não é economicamente desejável.

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios do diâmetro das fibras musculares de tilápia-do-nilo alimentada com dietas contendo diferentes valores de proteína digestível.

Pode-se observar que, de modo geral, o diâmetro das fibras brancas foi maior que o da fibra inter-

mediária, porém, menor que o da fibra vermelha (Figura 1). Não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) da utilização de diferentes dietas sobre o diâmetro da fibra intermediária.

O fato de não terem sido observadas diferenças significativas pode estar relacionado ao elevado desvio dos dados, que resultou em coeficiente de variação de 17,15%, indicando a necessidade de aumento no

Tabela 3 - Valores médios de proteína e gordura na carcaça da tilápia-do-nilo alimentada com dietas contendo diferentes níveis de proteína digestível

Table 3 - Carcass composition of Nile tilapia fed diet with different protein levels

Composição (%) <i>Composition</i>	Proteína digestível (%) <i>Digestible protein (%)</i>				CV <sup>1</sup>
	25,5	27	28,5	30	
Água ( <i>Water</i> )	78,60	78,41	78,85	78,81	0,33
Proteína bruta ( <i>Crude protein</i> )	17,43	17,47	17,23	17,14	1,26
Extrato etéreo ( <i>Ether extract</i> ) <sup>2</sup>	1,11	0,98	1,07	1,20	3,93
Cinzas ( <i>Ash</i> )	1,36	1,30	1,34	1,34	4,45

<sup>1</sup> Coeficiente de variação (*Coefficient of variation*).

<sup>2</sup> Efeito quadrático (*Quadratic effect*) ( $P<0,05$ ): extrato etéreo (*ether extract*) ( $\hat{Y} = 21,9705 - 1,5353X + 0,02810X^2$ ;  $R^2 = 0,93$ ).

Tabela 4 - Diâmetro da fibra muscular de tilápia-do-nilo alimentada com dietas contendo diferentes valores de proteína digestível

Table 4 - Muscular fiber diameter of Nile tilapia fed diet with different protein levels

Diâmetro ( $\mu\text{m}$ ) <i>Diameter</i>	Proteína digestível (%) <i>Digestible protein (%)</i>				CV <sup>1</sup>
	25,5	27	28,5	30	
Fibra branca <sup>1</sup> ( <i>White fiber</i> )	31,63	28,63	31,74	36,65	8,82
Fibra intermediária ( <i>Intermediate fiber</i> )	18,22	19,56	19,27	24,85	17,53
Fibra vermelha <sup>2</sup> ( <i>Red fiber</i> )	47,89	45,56	41,43	58,73	11,70

<sup>1</sup> Coeficiente de variação (*Coefficient of variation*).

<sup>2</sup> Efeito linear ( $P<0,05$ ) (*Linear effect*): fibra branca (*White fiber*) ( $\hat{Y} = -12,3610 + 2,2307X$ ;  $R^2 = 0,79$ ); fibra vermelha (*Red fiber*) ( $\hat{Y} = -1,2875 + 0,8000X$ ;  $R^2 = 0,88$ ).

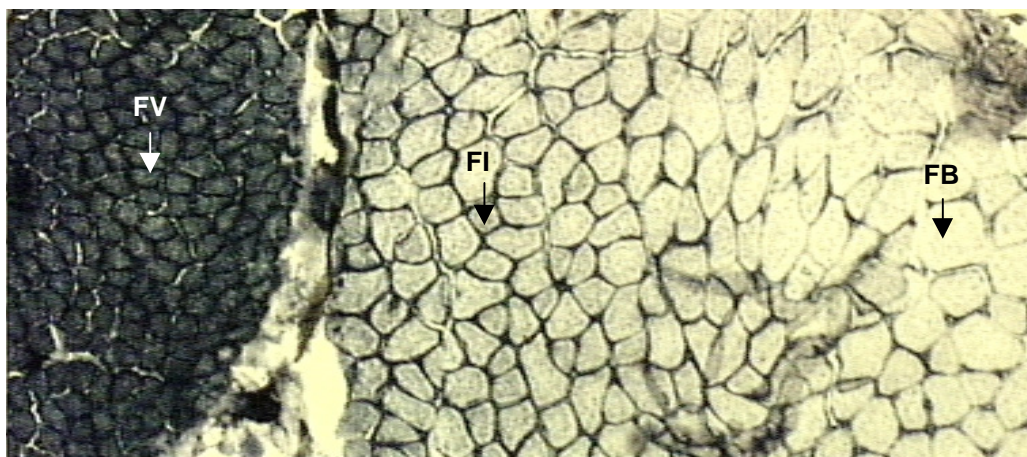


Figura 1 - Fotomicrografia do tecido muscular de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), evidenciando as fibras vermelha (FV), intermediária (FI) e branca (FB), NADH, 40x.

Figura 1 - Photomicrography of muscle tissue of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), showing red (FV), intermediate (FI) and white fibers (FB), NADH, 40x.



número de repetições para obtenção de dados que possam ser representativos para a análise estatística. A elevada variação entre os dados de diâmetro da fibra muscular também foi obtida por Johnston et al. (2002), em estudo sobre os efeitos da utilização de dietas com baixo (38,5%) e elevado (46,1%) conteúdos de proteína sobre o diâmetro da fibra muscular do salmão-do-atlântico.

Com o aumento no nível de proteína foi observado aumento linear ( $P < 0,05$ ) no diâmetro das fibras musculares, corroborando os trabalhos de Johnston et al. (2002), que trabalharam com dietas contendo baixo teor de proteína bruta (38,5 a 46,1%) para salmão-do-atlântico.

A mensuração do diâmetro das fibras constitui-se em um atributo importante na avaliação não somente do crescimento muscular, como também na verificação do tipo de fibra mais susceptível aos fatores nutricionais.

A redução dos níveis de proteína em rações para peixes é importante para diminuir a quantidade de nitrogênio na água, o que auxilia na criação sustentável de peixes, principalmente os criados em condições de altas densidades, que dependem exclusivamente de dietas balanceadas.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram ser possível elaborar uma ração completa com teor reduzido de proteína digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. Isso foi possível, pois as rações foram formuladas com base no conceito de proteína ideal, mantendo-se a relação entre cada aminoácido essencial com a lisina, nos valores de energia, proteína e aminoácidos digestíveis e fósforo disponível.

### Conclusões

É possível a redução da proteína da dieta de 30 para 27,5% de proteína digestível sem efeitos negativos sobre o crescimento, a composição química e o rendimento da carcaça de tilápia-do-nilo de 5 a 125 g. No entanto, ocasiona redução do diâmetro das fibras muscular branca e vermelha.

### Literatura Citada

- CHAYEN, J.A.; BITENSKY, L.; BUTCHER, R.G. et al. **A guide to practical histochemistry**. London: Boyd, 1969. p.261.
- CHEN, H.Y.; LEU, Y.T.; ROELANTS, I. Effective supplementation of arginine in diets of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v.108, p.87-95, 1992.
- DAVIES, S.J.; MORRIS, P.C. Influence of multiple amino acids supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. **Aquaculture Research**, v.28, p.65-74, 1997.
- DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. **Muscle biopsy: a modern approach**. London: Sunders, 1973. 719p.
- ENGLISH, W.R.; SCHWEDLER, T.E.; DYCK, L.A. *Aphanizomenon flos-aquae*, a toxic blue green alga in commercial channel catfish, *Ictalurus punctatus*, ponds: a case history. **Journal of Applied Aquaculture**, v.3, p.195-209, 1993.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase juvenil. **Revista Unimar**, v.18, n.2, p.307-319, 1996.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116, 2004.
- GRANER, C.A.F. **Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1972. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, 1972.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- JOHNSTON, I.A.; MANTHRI, S.; ALDERSON, R. et al. Effects of dietary protein level on muscle cellularity and flesh quality in Atlantic salmon with particular reference to gaping. **Aquaculture**, v.210, p.259-283, 2002.
- KETOLA, H.G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation's of diets. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.73, n.1, p.17-24, 1982.
- KHAN, M.A. The histochemistry of striated muscle fibres an overview. **Cell Molecular Biology**, v.22, p.383-93, 1977.
- LILLIE, R.D. **Histopathologic technic and practical histochemistry**. 2.ed. New York: Blakiston, 1954. p.501.
- LIM, C. Effect of dietary pH on amino acid utilization by shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, v.114, p.293-303, 1993.
- MURAI, T.; OGATA, H.; KISUTARAK, P. et al. Effects of amino acids supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. **Aquaculture**, v.56, p.197-206, 1986.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory**, v.10, p.11-22, 1960.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. p.102.
- ODUM, O.; EJIKE, C. Aspects of amino acid utilization in the cichlid *Oreochromis niloticus* L. **Acta Hydrobiologia**, v.33, p.345-352, 1991.
- OLLI, J.J.; KROGDAHL, A.; VABENO, A. Dehulled solvent extracted soybean meal as protein source for Atlantic salmon *Salmo salar*. **Aquaculture Research**, v.26, p.167-174, 1995.



- PADYKULA, H.A.; HERMAN, E. The especificity of histochemical method for adenosine triphosphatase. **Journal of Histochemistry Cytochemistry**, v.3, p.170-95, 1955.
- PEARSE, A.G.E. **Histochemistry**: theoretical and applied. 2.ed. Baltimore: Williams and Wikins, 1972. p.599.
- 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.
- POPMA, T.J.; GREEN, B.W. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. **Aquaculture production manual**. Alabama: Auburn University, Alabama Research and Development, 1990. 15p. (Series 35)
- PULLEN, A.H. The distribution and relative size of fiber types in the extensor digitorum longus and soleus muscles of the adult rat. **Journal of Anatomy**, v.123, p.467-86, 1977.
- RICHIE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.142, p.269-282, 1996.
- RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, Z. et al. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2. Comparison of L-lysine -HCl and L-lysine sulphate. **Aquaculture**, v.187, p.177-183, 2000.
- SADIKU, S.O.E.; JAUNCEY, K. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L), fingerling. **Aquaculture Research**, v.26, p.651-657, 1995.
- SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J.M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture**, v.151, p.15-28, 1997.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 166p.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology Biochemistry**, v.14, p.179-194, 1995.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa, MG: Centro de Processamento de Dados - CPD, 1982. 52p.
- Van der PLOEG, M.; BOYD, C.E. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.22, p.207-216, 1991.
- YAMADA S.; SIMPSOM K.; TANAKA. Y. et al. T. Plasma amino acid changes in rainbow trout force-fed casein and corresponding amino acid mixture. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.47, p.1035-1040, 1981.
- 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**, v.159, p.87-100, 1997.

Recebido em: 19/10/04

Aceito em: 26/04/05