

Adição de lisina digestível em rações experimentais para juvenis de tilápia-do-nilo

[Addition of lysine in experimental diets for Nile tilapia juveniles]

M.C.C. Rampe¹, M.L. Pacheco¹, J.G. Vargas Júnior², J.D.G. Giannotti²,
L.F. Demuner¹, J.F.V. Marin¹

¹Aluno de pós-graduação – Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes –Alegre, ES

²Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes –Alegre, ES

RESUMO

Objetivou-se por meio deste estudo determinar a necessidade nutricional de lisina digestível em rações para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Setecentos e vinte peixes masculinizados ($7,30 \pm 0,11$ g) foram alimentados durante 30 dias com oito rações (26,81% de proteína digestível e 3090kcal/kg de energia digestível da ração) contendo teores crescentes de lisina digestível (1,24; 1,36; 1,48; 1,60; 1,72; 1,84; 1,96 e 2,08%). As tilápias foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com oito tratamentos, seis repetições e 15 peixes por unidade experimental. Foram avaliadas variáveis de desempenho (ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, consumo de lisina digestível, conversão alimentar aparente, eficiência proteica para ganho, eficiência de lisina para ganho e eficiência de retenção de nitrogênio) e de composição corporal (teores de umidade, gordura, proteína, matéria mineral corporal e as taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais). A elevação do teor de lisina digestível na ração não influenciou ($P > 0,05$) o consumo de ração, a taxa de sobrevivência e os teores de umidade e de matéria mineral corporal, mas melhorou de forma quadrática ($P < 0,05$) os demais parâmetros avaliados, com exceção do consumo de lisina e da eficiência de lisina para ganho, que aumentou e reduziu, respectivamente, de forma linear ($P < 0,05$). Recomenda-se que rações para juvenis de tilápia-do-nilo devam conter 1,84% de lisina digestível para máximo ganho de peso.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, lisina sintética, nutrição proteica, *Oreochromis niloticus*

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the nutritional need of lysine in diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Seven hundred and twenty masculinized fish (7.30 ± 0.11 g) were fed for 30 days with eight diets (26.81% of digestible protein and 3090 kcal/kg digestible energy of feed) containing increasing levels of lysine (1.24, 1.36, 1.48, 1.60, 1.72, 1.84, 1.96 and 2.08%). The tilapia were distributed in a completely randomized design with eight treatments and six replicates of 15 fish per experimental unit. We evaluated the performance variables (weight gain, specific growth rate, survival rate, feed intake, digestible lysine intake, feed conversion, protein efficiency for gain, efficiency of lysine for gain and efficiency of retention nitrogen) and body composition (moisture, fat, protein, ash body and deposition rates of daily protein and fat). The high levels of dietary lysine did not affect ($P > 0.05$) feed intake, the survival rate and the moisture and ash body, but improved ($P < 0.05$) other parameters, except for lysine intake and efficiency of lysine for gain, which increased and decreased, respectively, linearly ($P < 0.05$). It is recommended that diets for juvenile Nile tilapia should contain 1.84% digestible lysine for maximum weight gain.

Keywords: digestible amino acids, *Oreochromis niloticus*, protein nutrition, synthetic lysine

INTRODUÇÃO

Segundo Wilson (2002), de uma forma geral, peixes não possuem exigência nutricional específica em proteína, mas de quantidades e proporções adequadas de aminoácidos essenciais e não essenciais nas rações, necessários para a deposição de proteína muscular e outras proteínas corporais.

As tilápias necessitam de 10 aminoácidos essenciais em suas dietas, quais sejam: arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano e valina (National..., 2011). Desses, merece destaque a lisina, reportada como sendo o aminoácido dietético mais limitante em rações para esta espécie.

Além de ser o primeiro aminoácido limitante em rações para tilápias, a lisina é também aquele encontrado em maior proporção no tecido muscular desses peixes, justificando, assim, a importância que é dada à determinação de seus requerimentos em rações para esta espécie. Além disso, estudos demonstram que sua suplementação dietética está relacionada a melhorias no ganho de peso, na conversão alimentar e no rendimento de carcaça de tilápias-do-nilo (Furuya et al., 2006).

No entanto, tem-se observado, por meio de análise de dados divulgados na literatura nacional e internacional, que as recomendações nutricionais deste aminoácido para tilápias têm demonstrado grandes variações, sendo algumas vezes apresentadas sobre a forma de aminoácido total, desconsiderando a digestibilidade dos nutrientes nos ingredientes presentes nas rações (Santiago e Lovell, 1988; Furuya et al., 2004; Furuya et al., 2006; Liebert, 2009; Takishita et al., 2009; Bomfim et al., 2010).

Conforme o exposto anteriormente, verifica-se a necessidade do estabelecimento mais exato da necessidade de lisina para tilápias, visando não somente a melhores resultados de desempenho, como também à redução da excreção de nutrientes, principalmente com relação à fração nitrogenada, reportada como uma das principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático. Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a

necessidade nutricional de lisina digestível em rações para juvenis de tilápia-do-nilo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo, São José do Calçado – ES (21° 1' 31" de latitude sul e 41° 39' 20" de longitude oeste), com duração de 30 dias. Foram utilizados 720 juvenis masculinizados de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa, com peso médio inicial de 7,30±0,11g, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, com oito tratamentos, seis repetições e 15 peixes por unidade experimental.

As tilápias foram mantidas em 48 aquários de polietileno de 60L, dotados de sistemas individuais de aeração por meio de pedras porosas acopladas a um soprador central; abastecimento de água e escoamento pelo fundo disposto em sistema de recirculação com renovação mínima de 50% ao dia; e temperatura controlada por meio de termostato digital.

Durante todo o período experimental, foram utilizados filtros físicos e biológicos para manutenção da qualidade físico-química da água, com sifonagem semanal dos aquários para retirada de fezes e possíveis sobras alimentares.

Os parâmetros físico-químicos da água, como pH (7,03±0,17), condutividade elétrica (121,33±8,43µSm/cm) e o teor de oxigênio dissolvido (7,26±0,22mg/L), foram medidos semanalmente utilizando-se peagâmetro, condutivímetro e oxímetro, respectivamente. A temperatura (28,17±0,85°C), por sua vez, foi monitorada diariamente às 7h30 e às 17h30 (termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0°C a 50°C).

Foi utilizada ração basal, à base de milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos, a qual foram adicionados níveis crescentes de L-lisina HCl 78,4% em substituição ao amido de milho, resultando em rações experimentais contendo 1,24; 1,36; 1,48; 1,60; 1,72; 1,84; 1,96 e 2,08% de lisina digestível. Todas as dietas mantiveram-se isoenergéticas, isoproteicas, isocalcicas, isofosfóricas e isoaminoácidas para metionina+cistina e treonina digestível (Tab. 1).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (base na matéria natural)

Ingrediente (%)	Nível de lisina digestível (%)							
	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08
Farelo de soja	32,29	32,29	32,29	32,29	32,29	32,29	32,29	32,29
Fubá de milho	47,94	47,94	47,94	47,94	47,94	47,94	47,94	47,94
Glúten de milho	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83
FCO 45% ¹	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89
Óleo de soja	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Amido de milho	1,20	1,05	0,89	0,74	0,59	0,43	0,28	0,13
Fosfato bicálcico	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-lisina HCL78,4%	0,00	0,15	0,31	0,46	0,61	0,77	0,92	1,07
DL-metionina 99%	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
L-treonina 98,5%	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Premix vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
CL- colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Vitamina C ⁴	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BHT ⁵	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Composição (%)								
Matéria seca ⁶	88,74	88,74	88,74	88,74	88,74	88,74	88,74	88,74
Umidade (%)	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26
Proteína bruta ⁶	29,04	29,04	29,04	29,04	29,04	29,04	29,04	29,04
Proteína dig ⁶	26,81	26,81	26,81	26,81	26,81	26,81	26,81	26,81
ED (kcal/kg) ⁶	3090	3090	3090	3090	3090	3090	3090	3090
Cálcio total ⁷	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disp ⁶	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fibra bruta ⁷	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Extrato etéreo ⁷	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34
Lisina digestível	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08
M+C digestível ⁶	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Treonina dig ⁶	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18

¹Farinha de carne e ossos 45%.

²Composição por quilograma do produto: vit. A, 8.000.000UI; vit. D3, 2.500.000UI; vit. E, 8.000mg; vit. K3, 1.500mg; vit. B1, 1.000mg; vit. B2, 4.000mg; vit. B6, 1.000mg; vit. B12, 12.000mg; niacina, 20 g; pantotenato de cálcio, 8.000mg; ácido fólico, 300mg; biotina, 20mg.

³Composição por quilograma do produto: Fe, 96g; Cu, 20g; Mn, 155g; Zn, 110g; I, 1.400mg; Se, 360mg.

⁴Vitamina C P.A.: 99% de princípio ativo.

⁵Butil-hidroxitolueno (antioxidante).

⁶Composição calculada conforme Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias de Furuya *et al.* (2010).

⁷Composição calculada conforme Tabelas brasileiras para aves e suínos de Rostagno *et al.* (2005).

Para elaboração das rações, os ingredientes foram triturados em moinho de peneira 0,5mm, pesados e homogêneos. Após esta mistura, foi adicionada água a 50°C, na proporção de 50% peso/volume, e a mistura foi peletizada em moinho industrial com matriz de 4mm de diâmetro.

As rações foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C durante 24 horas, de forma a manter a matéria seca próxima à calculada nas rações. Posteriormente, estas rações foram

trituradas em moinho, de forma a adequar o comprimento e o diâmetro dos péletes ao tamanho da boca dos peixes. Para isto, após a moagem, foram fornecidas pequenas quantidade de rações, até se verificar o tamanho dos péletes que proporcionasse o consumo da ração de forma satisfatória, pelos animais.

As dietas foram fornecidas em seis refeições diárias, com intervalos de duas horas, iniciando sempre às oito horas e terminando às 18h, em pequenas quantidades, a fim de possibilitar

ingestão máxima até aparente saciedade, reduzindo, assim, a possibilidade de perdas de nutrientes por lixiviação.

Foram avaliadas variáveis de desempenho (ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, consumo de lisina digestível, conversão alimentar aparente, eficiência proteica para ganho, eficiência de lisina para ganho e eficiência de retenção de nitrogênio) e de composição corporal (teores de umidade, gordura, proteína, matéria mineral e as taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais) conforme descrito por Bomfim *et al.* (2010).

No início, após jejum de 24 horas, 50 animais foram insensibilizados em água contendo gelo e sacrificados para posterior análise de composição

química corporal. De forma semelhante, ao final do período experimental, cinco animais, com pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade experimental, foram abatidos para análise de composição corporal.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (Sistemas..., 2007), sendo os dados submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e à regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elevação dos níveis de lisina digestível nas dietas não influenciou ($P>0,05$) o consumo de ração e a taxa de sobrevivência dos juvenis de tilápia-do-nilo durante o período experimental (Tab. 2).

Tabela 2. Desempenho de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com rações contendo níveis crescentes de lisina digestível

Parâmetro	Nível de lisina digestível (%)								CV (%)
	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	
GP (g) ¹	7,36	7,66	8,00	8,27	8,90	8,49	8,39	8,40	2,99
TCE (%/dia) ¹	2,32	2,41	2,45	2,52	2,66	2,57	2,57	2,55	2,99
TXS (%) ³	98,89	100	97,78	100	98,89	97,78	100	98,89	2,42
CR (g) ⁴	12,13	12,31	12,29	12,23	12,27	12,23	12,27	12,37	3,33
CLD (mg) ²	150	167	182	195	211	225	240	257	3,58
CAA (g/g) ¹	1,65	1,61	1,54	1,48	1,37	1,44	1,46	1,47	4,69
EPG (g/g) ¹	2,09	2,14	2,23	2,33	2,50	2,39	2,36	2,34	4,80
ELG (g/g) ²	48,99	45,76	43,93	42,28	42,22	37,78	34,98	32,67	4,65

CV- Coeficiente de variação.

¹Efeito quadrático ($P<0,05$): ganho de peso (GP) ($\hat{Y} = - 3,8110 + 13,4851X - 3,6703X^2$; $R^2 = 0,88$); taxa de crescimento específico (TCE) ($\hat{Y} = - 0,0361 + 2,8374X - 0,7658X^2$; $R^2 = 0,88$); conversão alimentar aparente (CAA) ($\hat{Y} = 3,7344 - 2,5161X + 0,6876X^2$; $R^2 = 0,89$); eficiência proteica para ganho (EPG) ($\hat{Y} = - 1,0522 + 3,7889X - 1,0375X^2$; $R^2 = 0,86$).

²Efeito linear ($P<0,05$): consumo de lisina digestível (CLD) ($\hat{Y} = - 3,57478 + 124,839X$; $R^2 = 0,99$); eficiência de lisina para ganho (ELG) ($\hat{Y} = 71,7980 - 18,5046X$; $R^2 = 0,97$).

³Taxa de sobrevivência.

⁴Consumo de ração.

O resultado para consumo de ração corrobora os descritos por Gonçalves *et al.* (2009) ao avaliarem a melhor relação lisina digestível:proteína digestível para tilápias-do-nilo na fase de crescimento ($11,0 \pm 0,43$ g).

A maioria dos estudos de dose-resposta realizados com o objetivo de determinar os requisitos dos principais aminoácidos para diversas espécies de peixes tem utilizado dietas do tipo purificadas ou semipurificadas. No entanto, o uso dessas rações pode ser prejudicial

para o crescimento dos peixes, pois reduz o consumo de ração em razão da reduzida palatabilidade apresentada (Berge *et al.*, 2002), especialmente quando essas dietas são deficientes em aminoácidos essenciais, particularmente lisina (Dabrowski *et al.*, 2007). No presente estudo, as tilápias foram alimentadas com dietas do tipo práticas e suplementadas com aminoácidos sintéticos, de forma a obterem os níveis nutricionais preconizados, não sendo observado efeito sobre o consumo de ração,

independentemente do nível de lisina utilizado nas rações.

O resultado obtido neste estudo assemelha-se ao observado por Abimorad *et al.* (2010) em investigação sobre o requerimento de lisina digestível em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) ($8,66 \pm 1,13g$). Por meio de estudo que utilizou o método dose-resposta, esses autores também não observaram efeito dos níveis de lisina estudados sobre o consumo de ração dos peixes.

Com relação à sobrevivência dos animais, a maioria dos estudos realizados com o objetivo de determinar a necessidade nutricional de lisina para tilápias não tem reportado efeito da suplementação deste aminoácido sobre tal parâmetro (Furuya *et al.*, 2004; Furuya *et al.*, 2006; Bomfim *et al.*, 2010), o que confirma o observado neste estudo.

A elevação dos teores de lisina nas rações proporcionou efeito linear ($P < 0,05$) sobre o consumo de lisina digestível, que aumentou mediante suplementação de lisina, e sobre a eficiência de lisina para ganho, que reduziu à medida que houve elevação dos níveis de lisina nas rações.

O aumento linear do consumo de lisina digestível observado neste estudo assemelha-se ao descrito por Takishita *et al.* (2009) e por Bomfim *et al.* (2010), que verificaram aumento no consumo de lisina à medida que foram adicionados níveis

crecentes de lisina às dietas. O aumento observado neste estudo pode ser atribuído, exclusivamente, ao acréscimo de lisina digestível nas rações, já que não houve efeito sobre o consumo de ração pelas tilápias.

A redução na eficiência de utilização de lisina para ganho de peso dos peixes observada neste estudo provavelmente é devido à reduzida eficiência de utilização de aminoácidos sintéticos por tilápias; à possibilidade de ter ocorrido lixiviação dos aminoácidos; ou ao desbalanceamento do perfil aminoacídico das dietas (Schuhmacher *et al.*, 1997; Dabrowski *et al.*, 2003; Bomfim *et al.*, 2010). No entanto, essa redução foi compensada por significativa melhora no desempenho como um todo e, de forma semelhante, com substancial aumento na eficiência de utilização da fração nitrogenada da ração.

Com aumento nos teores de inclusão de lisina nas rações, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre o ganho de peso dos juvenis de tilápia-do-nilo (Fig. 1), estimando-se o nível ótimo de 1,84% de lisina digestível, com ponto de máximo em 8,57g, o que corresponde a 6,86% da proteína digestível e a 0,595%/Mcal de energia digestível da dieta. O aumento do ganho de peso indica que a lisina é aminoácido indispensável para o crescimento normal de juvenis de tilápia-do-nilo e também que esses peixes são capazes de usar a L-lisina HCl de forma eficiente em dietas práticas para essa espécie.

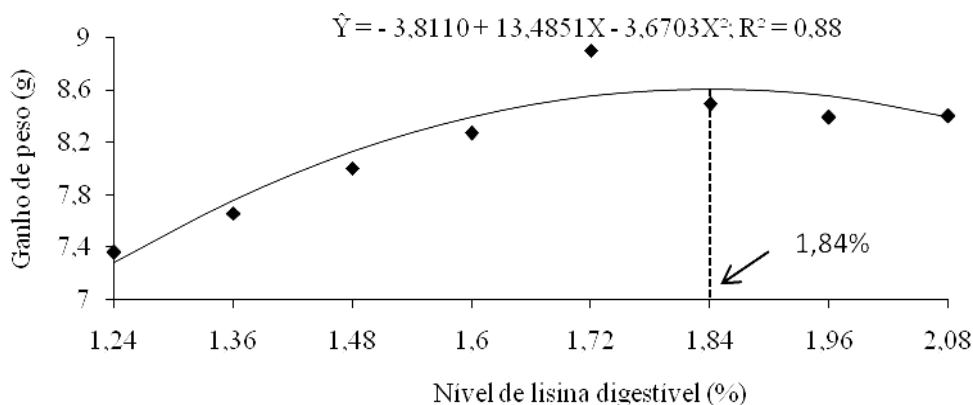


Figura 1. Ganho de peso de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com rações contendo níveis crescentes de lisina digestível.

Este valor (1,84%) é inferior ao descrito por Takishita *et al.* (2009) de 2,17% de lisina digestível, ao trabalharem com alevinos de tilápia-do-nylo (0,98±0,03g), e superior ao encontrado por Furuya *et al.* (2006), de 1,56% de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nylo (5,72±0,10g), sendo estas recomendações baseadas na avaliação do ganho de peso dos peixes.

Bomfim *et al.* (2010) recomendaram a utilização de 1,70% de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nylo (1,12±0,02g), com base na observação da eficiência de lisina para ganho, e obtiveram resposta linear para a maioria dos parâmetros de desempenho avaliados. Outros autores recomendaram níveis de lisina inferiores aos determinados neste estudo, a exemplo de 1,43% e 1,42% de lisina total, descritos, respectivamente, por Santiago e Lovell (1988) e por Furuya *et al.* (2004). No entanto, essas recomendações são expressas sob a forma de aminoácido total, desconsiderando a digestibilidade dos aminoácidos presentes nos ingredientes utilizados nas rações, o que dificulta as comparações dos resultados entre diferentes estudos.

Com o objetivo de determinar a exigência de lisina, metionina e treonina para juvenis de tilápia-do-nylo por meio da utilização de modelos não lineares baseados na deposição diária de proteína corporal e na eficiência dietética do aminoácido testado, Liebert (2009) recomendou o nível de 1,63% de lisina total nas rações para esta espécie.

A variabilidade observada nos diferentes estudos que buscaram a determinação dos requerimentos em aminoácidos para peixes pode ser atribuída a fatores relacionados ao delineamento experimental e às condições experimentais utilizadas (peso inicial dos peixes, composição e características físicas das dietas experimentais, número de tratamentos e repetições, método de alimentação e taxa de crescimento alcançada), mas também pode ocorrer em razão da ampla gama de abordagens matemáticas e estatísticas utilizadas para estimar as exigências, podendo influenciar diretamente sobre a estimativa das necessidades aminoácídicas (Encarnação *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2010; National..., 2011).

Para juvenis de pacu (8,66±1,13g), espécie com mesmo hábito alimentar da tilápia-do-nylo, ou seja, onívora, Abimorad *et al.* (2010) estimaram valor de exigência de 1,64% de lisina digestível para maior ganho de peso.

A necessidade nutricional de outra espécie onívora, a carpa comum (*Cyprinus carpio* var. Jian), foi determinada em investigação realizada por Zhou *et al.* (2008), que recomendaram o nível de 1,88% de lisina total para juvenis (7,89±0,04g) para máximo ganho de peso.

Por meio destas informações, é possível inferir que, em espécies de mesmo hábito alimentar, os processos digestivos (morfofisiológicos e bioquímicos) são distintos e conduzem a valores de necessidades nutricionais diferentes (Abimorad *et al.*, 2010). Isso reflete na constatação de que os requerimentos nutricionais obtidos para uma determinada espécie não devem ser extrapolados para outra espécie, mesmo que ambas apresentem as mesmas preferências alimentares.

A elevação dos níveis de lisina nas rações promoveu efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a taxa de crescimento específico (Fig. 2), a conversão alimentar aparente e a eficiência de utilização de proteína para ganho dos juvenis de tilápia, estimando-se, respectivamente, em 1,85%; 1,83% e 1,82% o melhor nível de lisina digestível para cada variável analisada.

A taxa de crescimento específico obtido neste estudo, com ponto de máximo em 2,59% ao dia, é inferior à de 4,30% ao dia (dados calculados) observada por Furuya *et al.* (2006) com tilápias na mesma categoria de peso, e superior à de 1,01% ao dia (dados calculados) encontrada por Furuya *et al.* (2004) com tilápias na fase de terminação. O menor crescimento obtido neste estudo, em comparação a peixes da mesma categoria de peso, pode ser explicado pela elevada densidade de estocagem utilizada (1peixe/4L) limitando o desenvolvimento dos animais (Furuya *et al.*, 2010).

Com relação à conversão alimentar, Furuya *et al.* (2006) estimaram em 1,44% o melhor nível de lisina digestível, valor inferior ao determinado neste estudo (1,83% de lisina digestível). Semelhantemente ao observado nesta pesquisa, Abimorad *et al.* (2010) descreveram redução da

conversão alimentar de juvenis de pacu até o nível estimado de 1,75% de lisina digestível, a partir do qual foi estabelecido um platô em 1,68. Outros autores descreveram melhoria na conversão alimentar com o aumento dos níveis de lisina digestível na dieta, a exemplo do

observado por Furuya *et al.* (2006) com estudos conduzidos com juvenis de tilápia-do-nilo com conversão alimentar média de 1,60, e por Bomfim *et al.* (2010), que obtiveram conversão média de 1,19 ao trabalharem com alevinos da mesma espécie.

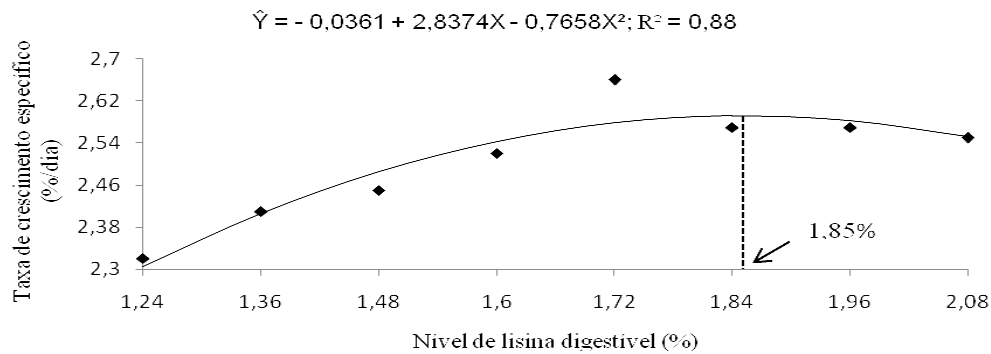


Figura 2. Taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com rações contendo níveis crescentes de lisina digestível.

Furuya *et al.* (2004) notaram efeito quadrático dos níveis de lisina testados sobre a taxa de eficiência proteica com maior valor estimado para o nível de 1,35% de lisina total (5,4% da proteína da dieta). Gonçalves *et al.* (2009), ao avaliarem diferentes relações lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo (11,0±0,43g), descreveram efeito da suplementação de lisina sobre a taxa de

eficiência proteica, com aumento linear à medida que os níveis de lisina aumentaram.

O aumento nos teores de lisina digestível na ração não influenciou ($P>0,05$) o teor de umidade e a matéria mineral corporal dos peixes (Tab. 3). O resultado para umidade corporal corrobora o obtido por Furuya *et al.* (2006) e por Takishita *et al.* (2009), que também não observaram efeito significativo da suplementação de lisina sobre esta variável.

Tabela 3. Composição corporal, deposições de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com rações contendo níveis crescentes de lisina digestível

Parâmetro	Nível de lisina digestível (%)								CV (%)
	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	
UC (%) ³	75,77	76,34	76,24	74,73	76,39	75,96	75,60	75,62	1,20
GC (%) ^{1,2}	7,25	6,88	6,51	6,67	6,14	6,12	6,41	6,72	4,55
PC (%) ^{1,2}	13,80	14,12	14,16	15,25	14,47	14,60	14,68	14,38	8,11
MMC (%) ^{1,4}	3,16	2,71	3,15	3,27	2,97	2,89	3,32	3,22	3,85
DGC (mg/dia) ²	20,07	19,05	17,68	19,29	17,86	16,88	18,30	19,85	7,01
DPC (mg/dia) ²	41,21	44,34	45,67	52,96	52,02	50,61	50,76	49,11	9,41
ERN (%) ²	35,12	37,23	38,42	44,76	43,79	42,82	42,88	41,02	7,93

CV- Coeficiente de variação.

¹Matéria natural.

²Efeito quadrático ($P<0,05$): gordura corporal (GC) ($\hat{Y} = 17,9464 - 13,2559X + 3,7621X^2$; $R^2 = 0,85$); proteína corporal (PC) ($\hat{Y} = 3,4666 + 12,8218X - 3,6425X^2$; $R^2 = 0,59$); deposição de gordura corporal (DGC) ($\hat{Y} = 50,4711 - 38,4813X + 11,3155X^2$; $R^2 = 0,56$); deposição de proteína corporal (DPC) ($\hat{Y} = -64,0098 + 128,572X - 35,7023X^2$; $R^2 = 0,88$); eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) ($\hat{Y} = -53,9831 + 108,797X - 30,3262X^2$; $R^2 = 0,86$).

³Umidade corporal.

⁴Matéria mineral corporal.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de lisina digestível sobre o teor de gordura corporal, que reduziu até o nível estimado de 1,76% de lisina digestível, com ponto de mínimo em 6,27%. A partir deste ponto, o desbalanceamento no perfil aminoacídico fez com que os aminoácidos excedentes fossem catabolizados, o que favoreceu a oxidação das cadeias de carbono dos aminoácidos, com conseqüente aumento na produção de energia líquida, e proporcionou a formação de tecido adiposo (Shuhmacher *et al.*, 1997; Araripe *et al.*, 2011).

De forma semelhante, a utilização de níveis crescentes de lisina digestível nas dietas resultou em efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a composição de proteína corporal, que aumentou até ponto estimado de 1,76% de lisina digestível, com ponto de máximo em 14,75%.

O resultado obtido neste estudo assemelha-se ao descrito por Zhou *et al.* (2008), os quais, em estudo que objetivou determinar a exigência de lisina para juvenis de carpa comum, descreveram aumento do teor de proteína corporal até o nível de 1,70% de lisina total a partir do qual ocorreu um platô. Por outro lado, Furuya *et al.* (2006), Takishita *et al.* (2009) e Bomfim *et al.* (2010), ao avaliarem o efeito da suplementação de lisina digestível sobre os principais componentes

corporais de tilápias-do-nylo, verificaram aumento linear do teor de proteína corporal como resposta ao incremento de lisina digestível nas rações dos peixes.

O acréscimo de lisina às dietas resultou em efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a deposição diária de gordura e de proteína corporal, que reduziu e aumentou, respectivamente, até o nível de 1,70 e de 1,80% de lisina digestível. Estes resultados corroboram aqueles descritos por Bomfim *et al.* (2010), que também notaram efeito significativo da suplementação de lisina sobre estas variáveis.

Alguns estudos também relatam leve acúmulo de lipídios e aumento no teor de proteína corporal dos peixes alimentados com dietas suplementadas com lisina (Zarate e Lovell, 1997; Encarnação *et al.*, 2004; Encarnação *et al.*, 2006) para diferentes espécies de peixes.

Foi observado efeito quadrático da adição de lisina às dietas ($P < 0,05$) sobre a eficiência de retenção de nitrogênio (Fig. 3), que melhorou até o nível estimado de 1,79% de lisina digestível, correspondente a 6,67% da proteína digestível da dieta. Este valor é inferior a 2,12% verificado por Takishita *et al.* (2009) e pode ser bom parâmetro para determinação dos requerimentos nutricionais de aminoácidos para peixes.

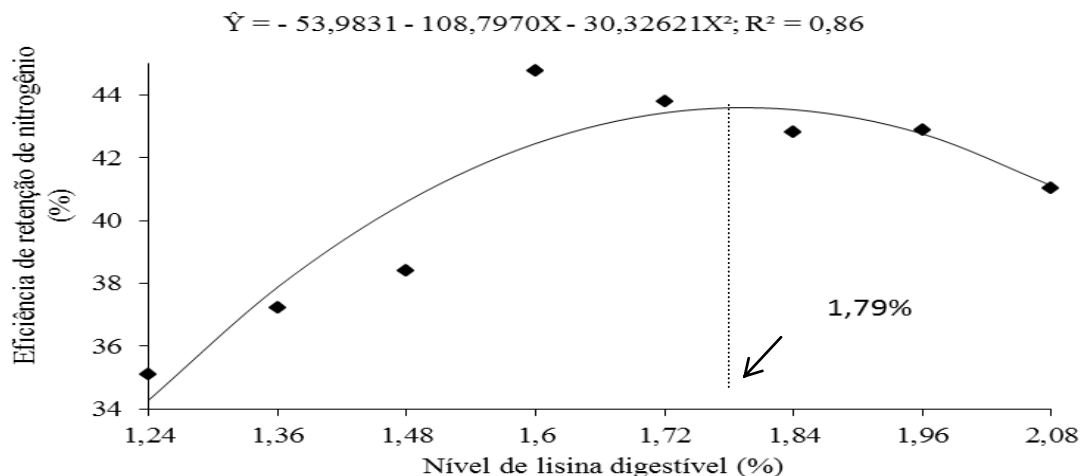


Figura 3. Eficiência de retenção de nitrogênio de juvenis de tilápia-do-nylo alimentados com rações contendo níveis crescentes de lisina digestível.

A partir de um ponto máximo (1,79% de lisina), o nível de lisina passou a ser excessivo, resultando em aumento da excreção nitrogenada,

principalmente sob a forma de amônia, e em desperdício de energia, acarretando prejuízos ao desempenho animal e ao ambiente aquático.

CONCLUSÃO

Recomenda-se que rações para juvenis de tilápia-do-nilo devam conter 1,84% de lisina digestível, o que corresponde a 6,86% da proteína da dieta para máximo ganho de peso dos peixes.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D. Dietary digestible lysine requirements and essential amino acid to lysine ratio for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture Nutr.*, v.16, p.370-377, 2010.
- ARARIPE, M.N.B.A.; ARARIPE, H.G.A.; LOPES, J.B. *et al.* Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tabatinga. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, p.1845-1850, 2011.
- BERGE, G.E.; SVEIER, H.; LIED, E. Effects of feeding Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) imbalanced levels of lysine and arginine. *Aquaculture Nutr.*, v.8, p.239-248, 2002.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. *et al.* Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.39, p.1-8, 2010.
- DABROWSKI, K.; LEE, K.J.; RINCHARD, J. The smallest vertebrate, teleost fish, can utilize synthetic dipeptide based diets. *J. Nutr.*, v.133, p.4225-4229, 2003.
- DABROWSKI, K.; ARSLAN, M.; TERJESEN, B.F.; ZHANG, Y. The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: Is there a sensing of deficiency and neural signaling present in fish? *Aquaculture*, v.268, p.136-142, 2007.
- ENCARNAÇÃO, P.; DE LANGE, C.; RODEHUTSCORD, M. *et al.* Diet digestible energy content affects lysine utilization, but not dietary lysine requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for maximum growth. *Aquaculture*, v.235, p.569-586, 2004.
- ENCARNAÇÃO, P.; DE LANGE, C.F.M.; BUREAU, D.P. Diet energy source affects lysine utilization for protein deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v.261, p.1371-1381, 2006.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R. *et al.* Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. *Cienc. Rural*, v.34, p.1571-1577, 2004.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. *et al.* *Tabelas Brasileiras para Nutrição de Tilápias*. Toledo: GFM, 2010. 100p.
- FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R. *et al.* Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, supl., p.937-942, 2006.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. *et al.* Relação lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.2299-2305, 2009.
- LIEBERT, F. Amino acid requirement studies in *Oreochromis niloticus* by application of principles of the diet dilution technique. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, v.93, p.787-793, 2009.
- NATIONAL research council – NRC. *Nutrient requirements of fish*. Washington: National Academy Science, 2011. 376p.
- 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. *J. Nutr.*, v.118, p.1540-1546, 1988.
- 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.
- SISTEMAS de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG. Universidade Federal De Viçosa - UFV. Viçosa, MG: 2007 (Versão 9.1). (CD-ROM).
- TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. *et al.* Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.2099-2105, 2009.

WANG, S.; ENCARNAÇÃO, P.M.; PAYNE, R.L.; BUREAU, D.P. Estimating dietary lysine requirements for live weight gain and protein deposition in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Symposium on Fish Nutrition and Feeding*. Qingdao, China, 2010.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. *Fish nutrition*, 3.ed. New York: Academic Press, 2002. p.143-179.

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.

ZHOU, X.Q.; ZHAO, C.R.; JIANG, J. *et al.* Dietary lysine requirement of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio var. Jian*). *Aquacul. Nutrit.*, v.14, p.381-386, 2008.