

SYLVIA SANAE TAKISHITA

**RELAÇÕES DE TREONINA E TRIPTOFANO COM A LISINA
DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

T136r
2012

Takishita, Sylvia Sanae, 1979-

Relações de treonina e triptofano com a lisina digestível em
rações para alevinos de tilápia do Nilo / Sylvia Sanae

Takishita. – Viçosa, MG, 2012.

x, 62f. : il. ; 29cm.

Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tilápia (Peixe) - Nutrição - Necessidades. 2. Aminoácidos
na nutrição animal. 3. Tilápia (Peixe) - Registros de
desempenho. 4. Tilápia (Peixe) - Carcaças. 5. Peixe - Criação.
6. Aquicultura. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 639.3774

SYLVIA SANAE TAKISHITA

**RELAÇÕES DE TREONINA E TRIPTOFANO COM A LISINA
DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 21 de julho de 2012

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Coorientador)

Prof. Oswaldo Pinto Ribeiro Filho

Prof. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Prof. Luís Gustavo Tavares Braga

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor orientador Eduardo Arruda Teixeira Lanna, pela amizade, confiança, incentivo e principalmente pelo carinho e exemplo de vida em todos esses anos. Foi uma grande honra trabalhar com o senhor.

À Ajinomoto do Brasil, pela concessão dos aminoácidos industriais.

Aos professores coorientadores Juarez Lopes Donzele e Luiz Teixeira Albino, por cada palavra de orientação para o trabalho e para a vida e por toda ajuda prestada durante o curso de pós-graduação e condução desta pesquisa que foram fundamentais para a realização destes trabalhos.

Ao professor da Universidade Federal do Maranhão – UFMA e amigo, Marcos Antonio Delmondes Bomfim por toda sua contribuição para minha formação e por aceitar compor a banca de defesa da Tese. Que sorte a minha te encontrar na chegada e poder contar com você na minha partida.

Ao professor Luís Gustavo Tavares Braga, por aceitar compor a banca de defesa da Tese e viajar longas distâncias para contribuir com a conclusão de todo este trabalho.

Ao professor Oswaldo Pinto Ribeiro Filho, por participar da banca de defesa da Tese e contribuir para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial ao funcionário do Laboratório de Forragicultura Raimundo, e às funcionárias da secretaria de pós-graduação Celeste e Fernanda, por toda ajuda e pela amizade e confiança durante todo o curso.

Aos irmãos científicos, Alexmiliano Vogel Oliveira e Rafael Alves Viana, por todo o companheirismo e ajuda nesta caminhada.

Ao irmão do coração Eric Márcio Balbino, por todo companheirismo, cuidado e carinho. Por todas suas histórias de dinossauros, todos os recados deixados no quadro, e por nunca nos deixar sozinhos.

Aos bolsistas de iniciação científica e amigos, Leandro Batista

Pereira e João Paulo Ferreira, por tamanho companheirismo e cuidado, por estarem presentes quando podiam e quando não podiam. Por serem fontes de sorrisos e risos. E por nunca deixarem o trabalho parecer trabalho.

Aos estagiários Lídia e Diego, pela amizade e dedicação.

Aos irmãos da vida, Simone Frota dos Reis, Moisés Quadros e Shirley Motta de Souza, por toda felicidade que representam em minha vida, e por sempre acompanharem minha jornada.

À minha família, minha mãe Graça e meus irmãos Marcio, Roberto e Paulo, por suas presenças em minha vida, sempre fonte de felicidade, confiança e amor.

Ao meu marido Luciano, por todo amor, carinho e incentivo desde a época da minha graduação. Sem você, não faria sentido.

Ao meu filho Miguel, por sua participação integral neste trabalho. Por todo entendimento alcançado depois da sua chegada. Por você.

À grande colaboradora Vera Lúcia de Souza, por toda a ajuda, cuidado e carinho que sempre nos conferiram muito aconchego e segurança.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para execução deste trabalho e não foram citados.

Muito obrigada.

BIOGRAFIA

SYLVIA SANAÉ TAKISHITA, filha de Mário Kendi Takishita e Maria das Graças Pinho Takishita, nasceu na cidade de Belém, Estado do Pará, no dia 2 de dezembro de 1979.

Iniciou o curso de Graduação em Zootecnia em abril de 2001, pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais, graduando-se em março de 2006.

Em fevereiro de 2008 obteve o título de Magister Scientiae em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, na cidade de Viçosa – MG.

Em agosto de 2008 foi admitida no programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, da Universidade Federal de Viçosa – UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Submeteu-se aos exames finais de defesa de tese em 21 de julho de 2012.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
RELAÇÃO DE TREONINA COM A LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	19
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão.....	27
Conclusão.....	39
Literatura Citada.....	40
RELAÇÃO DE TRIPTOFANO COM A LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	43
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	46
Resultados e Discussão.....	52
Conclusão.....	58
Literatura Citada.....	59
CONCLUSÕES GERAIS.....	62

LISTA DE TABELAS

RELAÇÃO DE TREONINA COM A LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO

- Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural) com diferentes relações treonina:lisina digestível.....24
- Tabela 2. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível da ração.....28
- Tabela 3. Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível da ração.....34

RELAÇÃO DE TRIPTOFANO COM A LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO

- Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural) com diferentes relações triptofano:lisina digestível.....49
- Tabela 2. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação triptofano:lisina digestível da ração.....53
- Tabela 3. Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação triptofano:lisina digestível da ração56

LISTA DE FIGURAS

RELAÇÃO DE TREONINA COM A LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO

- Figura 1 – Consumo de ração de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.....28
- Figura 2 – Ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.....30
- Figura 3 – Conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.....32
- Figura 4 – Taxa de crescimento específico de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível33
- Figura 5 – Retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.....36

RESUMO

TAKISHITA, Sylvia Sanae, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Relações de treonina e triptofano com a lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo.** Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Coorientadores: Juarez Lopes Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de determinar as relações ideais dos aminoácidos treonina (Experimento I) e triptofano (Experimento II):lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Em cada experimento os peixes foram mantidos em aquários de 130 litros dispostos em sistema de recirculação de água, com temperatura controlada e aeração individual, e foram alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias em período experimental de 30 dias. No experimento I objetivou-se avaliar a relação ideal de treonina:lisina digestível, em rações contendo o nível subótimo de 1,53% de lisina digestível. Foram utilizados 420 alevinos com peso inicial de $0,95 \pm 0,01$ g, em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram de cinco rações de diferentes relações treonina:lisina digestível (70%, 77%, 84%, 91% e 98%), mantidas com igual teor de energia. No experimento II objetivou-se avaliar a relação ideal de triptofano:lisina digestível, em rações contendo o nível subótimo de 1,53% de lisina digestível. Foram utilizados 360 alevinos com peso inicial de $1,16 \pm 0,19$ g, em delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos consistiram de cinco rações de diferentes relações triptofano:lisina digestível (19,5%, 21%, 22,5%, 24% e 25,5%), mantidas com igual teor de energia. Em ambos os experimentos foram avaliados os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, a composição corporal, as taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, e eficiência de retenção de nitrogênio. No experimento I houve efeito quadrático das relações treonina:lisina digestível sobre o consumo de ração, o ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa de crescimento específico e a eficiência de retenção de nitrogênio. Para a conversão alimentar foi obtido 1,358% como nível ótimo, que correspondeu à relação ideal treonina:lisina digestível de 88%. No experimento II não foi observado efeito

das relações de triptofano:lisina digestível sobre os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, a composição corporal, as taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, e eficiência de retenção de nitrogênio. As relações ideais de treonina:lisina digestível e de triptofano:lisina digestível recomendadas em rações para alevinos de tilápia do Nilo são de 88% e de 19,5%, respectivamente.

ABSTRACT

TAKISHITA, Sylvia Sanae, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2012.
Digestible threonine and tryptophan to lysine ratios in diets for Nile tilapia.
Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Luiz Fernando Teixeira Albino.

Two experiments were carried to determine the ideal ratio of digestible threonine (Experiment I) and tryptophan (Experiment II):lysine in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, Thailand strain. The experiments were conducted at the Laboratory of Fish Nutrition, Department of Animal Science, Federal University of Viçosa. The fish were maintained in aquariums of 130 liters arranged in water recirculation system, controlled temperature and individual aeration and they were fed *ad libitum* six daily in experimental period of 30 days in each experiment. In the experiment I aimed to evaluate the ideal ratio of digestible threonine:lysine in diets containing suboptimal level of 1.53% digestible lysine. Were used 420 fingerlings with a initial weight of 0.95 ± 0.01 g, distributed in a completely randomized experimental design. The treatments consisted of five diets with different ratios of digestible threonine:lysine (70, 77, 84, 91 and 98%), maintained with equal content of energy. In the experiment II aimed to evaluate the ideal ratio of digestible tryptophan:lysine in diets containing suboptimal level of 1.53% digestible lysine. Were used 360 fingerlings with a initial weight of 1.16 ± 0.19 g, distributed in a completely randomized block design. The treatments consisted of five diets with different ratios of digestible tryptophan:lysine (19.5, 21, 22.5, 24 and 25.5%), maintained with equal content of energy. In both experiments were evaluated the performance parameters and feed efficiency, body composition, rate daily deposition protein and fat and nitrogen retention efficiency. In the experiment I there was quadratic effect of digestible threonine:lysine ratio on feed intake, weight gain, feed conversion, specific growth rate and nitrogen retention efficiency. For feed conversion 1.358% was obtained as optimal level, which corresponded to the ideal ratio of digestible threonine:lysine of 88%. In the experiment II no effect was observed of ratios digestible tryptophan:lysine on

performance parameters and feed efficiency, body composition, rates daily deposition protein and fat, and nitrogen retention efficiency. The ideal ratio of digestible threonine: lysine and digestible tryptophan:lysine recommended in diets for Nile tilapia fingerlings are 88% and 19.5%, respectively.

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura mundial vem transformando-se em uma atividade cada vez mais consolidada para abastecer à crescente demanda por produtos pesqueiros frente ao estancamento das capturas observado desde o final dos anos 80 (FAO, 2010).

A aquicultura brasileira ainda é uma atividade desenvolvida modestamente, firmando-se como atividade econômica no cenário nacional da produção de alimentos a partir de 1990, quando a produção de pescado girava em torno de 25.000 toneladas/ano e evoluindo para uma produção aproximada de 479 mil toneladas/ano em 2010. Apesar do significativo aumento na produção, o país ocupa a décima oitava posição mundial entre os produtores de pescado cultivado (MAPA, 2012).

A tilápia é a segunda espécie de maior importância na aquicultura mundial e é a primeira espécie produzida pela aquicultura continental brasileira, desempenhando papel cada vez significativo na economia de muitas regiões brasileiras ao longo das duas últimas décadas (FAO, 2010). É considerada uma das espécies com maior potencial para sustentar uma expansão produtiva do setor em nível nacional e internacional (Furuya & Furuya, 2010).

A espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi introduzida no Brasil há mais de 30 anos, tornando-se atualmente a espécie mais produzida em cativeiros no país (Ostrensky et al., 2008). Do ponto de vista nutricional, as tilápias alimentam-se dos níveis primários da cadeia trófica, aceitam grande variedade de alimentos e respondem com semelhante eficiência à ingestão de proteínas de origem vegetal e animal, características que representam uma série de vantagens produtivas à

espécie (Kubitza, 2000; Furuya, 2010). De acordo com Ostrensky & Borghetti (2006), somada às características de produção, a espécie é muito aceita no mercado consumidor brasileiro e apresenta grande demanda internacional.

A nutrição de peixes é ainda uma das áreas mais carentes da aquicultura brasileira, juntamente com melhoramento genético, sanidade e parâmetros de qualidade da água (Ostrensky et al., 2008). Rações formuladas para aquicultura estão entre as mais caras dentre as destinadas ao mercado da nutrição animal devido ao uso de altos níveis de ingredientes caros e ao processamento a que são submetidas. Segundo Furuya (2007), o elevado teor proteico da dieta é o principal responsável pelos altos custos característicos das rações utilizadas na piscicultura.

As rações formuladas para a produção de tilápias encontradas comercialmente possuem níveis de proteína bruta variando entre 24,0 a 56,0%, o que implica em elevada participação de ingredientes proteicos que correspondem a mais de 50,0% de seu custo (Gonçalves et al., 2009). Segundo Abidi & Khan (2008), o valor biológico das fontes proteicas, que está relacionado ao conteúdo e ao balanceamento de aminoácidos essenciais, deve ser considerado na nutrição de peixes.

Dentre os ingredientes utilizados para a formulação das rações para animais aquáticos, a farinha de peixe é considerada a fonte proteica principal mesmo que a sua utilização apresente desafios como: pequeno aumento da quantidade global produzida nos últimos anos, grande variabilidade sazonal/geográfica da produção em qualidade e composição, e preocupação como vetor de contaminação (Trushenski et al., 2006). Apesar do alto valor comercial e dos fatores anteriormente citados, a farinha de peixe é ainda a fonte proteica mais utilizada na formulação das rações para aquicultura por possuir melhor balanceamento de aminoácidos, contribuindo assim

para o aumento do valor nutritivo das dietas (Furuya, 2010).

Os ingredientes de origem vegetal utilizados na composição de rações comerciais que normalmente apresentam menor valor comercial representam importante alternativa à utilização de farinha de peixe na formulação de rações para a aquicultura. Porém, fontes proteicas de origem vegetal muitas vezes possuem níveis insuficientes de aminoácidos considerados essenciais para atender às exigências dos animais, fazendo-se necessária a suplementação com aminoácidos industriais (Abidi & Khan, 2008).

Grande número dos estudos científicos sobre exigências nutricionais para peixes tem abordado as exigências de proteína e aminoácidos por representarem o componente mais caro das formulações (Abidi & Khan, 2008; Ahmed, 2007; Ahmed & Khan, 2005; Ahmed et al., 2004; Bomfim et al., 2010; Bomfim et al., 2008ab; Botaro et al., 2007; Cowey, 1994; Furuya et al., 2012; Furuya & Furuya, 2010, Furuya et al., 2005; Furuya et al., 2004; Furuya et al., 2000; Gaylord et al., 2005; NRC, 2011; Santiago & Lovell, 1988; Silva et al., 2006; Takishita et al., 2009; Tibaldi & Tulli, 1999; Twibell et al., 2003; Wilson, 2003).

Peixes não possuem exigência específica por proteína bruta, mas apresentam exigência por adequado balanceamento de aminoácidos essenciais e aminoácidos não essenciais, que devem estar presentes em proporções adequadas, podendo ser obtidos pela combinação de matérias primas ou pela suplementação com aminoácidos industriais (Cowey, 1994; Wilson & Poe, 1985, Wilson, 2003).

Deficiências em aminoácidos essenciais normalmente ocasionam prejuízos ao crescimento e desenvolvimento dos peixes, resultando na diminuição da eficiência de

utilização dos alimentos, além de implicarem em redução da resistência a doenças pelo comprometimento dos mecanismos de resposta imunológica (Pezzato et al., 2004).

Aminoácidos industriais têm sido utilizados comercialmente para atender as exigências em aminoácidos dos animais há mais de 40 anos. Devido ao alto custo das farinhas de peixe e ao aumento do uso de fontes proteicas mais econômicas e com perfis de aminoácidos inferiores, o uso destes ingredientes tem sido viabilizado nas formulações para atender as exigências de aminoácidos dos peixes (NRC, 2011).

A suplementação com aminoácidos industriais é uma ferramenta que possibilita diminuir níveis excessivos de proteína na dieta, de maneira que a relação entre os aminoácidos componentes da dieta possa ser manipulada para atender às exigências dietéticas do animal (Sakomura & Rostagno, 2007). Em aquicultura, a suplementação de rações com aminoácidos industriais é uma estratégia que vem crescendo por ser uma maneira eficiente para atender e tentar não exceder a exigência dos peixes (Davis & Morris, 1997; Schumacher et al., 1997, Furuya 2010).

A eficiência de utilização dos aminoácidos industriais pelos animais representa ainda fator controverso na nutrição de peixes. Alguns pesquisadores observaram que os aminoácidos industriais são utilizados tão eficientemente quanto os aminoácidos ligados à proteína intacta para atender às exigências nutricionais de diferentes espécies de peixes (Rodehutscord et al., 1997; Williams et al., 2001; Rollin et al., 2003; Espe et al., 2006). No entanto, outros pesquisadores afirmam que os aminoácidos industriais são utilizados de maneira menos eficiente que os aminoácidos provenientes de proteínas intactas (Hauler et al., 2007; Dabrowiski et

al., 2010).

Pesquisadores trabalhando com truta arco-íris e com bagres observaram que os aminoácidos provenientes de fontes industriais são absorvidos mais rapidamente ou precocemente no trato intestinal em relação aos aminoácidos provenientes de fontes proteicas (Tantikitti & March, 1995; Zarate & Lowell, 1997; Zarate et al., 1999). A maior rapidez ou absorção precoce dos aminoácidos industriais pode ocasionar um aumento temporário na concentração dos aminoácidos disponíveis nos tecidos e músculos, resultando em desequilíbrios temporários nos sítios de síntese proteica. Segundo Schumacher et al. (1997), devido à absorção mais lenta dos aminoácidos derivados da digestão proteica, os aminoácidos provenientes das fontes industriais começam a ser catabolizados.

As perdas metabólicas de nitrogênio de dietas suplementadas com aminoácidos industriais podem ser reduzidas por meio da adoção de menores intervalos de arraçoamento que mantêm as concentrações plasmáticas dos aminoácidos provenientes de fontes industriais mais estáveis e compatíveis com a capacidade de utilização pelos tecidos (Tantikitti & March, 1995). Adicionalmente, os grânulos da ração devem apresentar elevada estabilidade na água para reduzir as perdas de aminoácidos industriais por lixiviação, que ocorrem em maiores proporções que as perdas dos aminoácidos ligados à proteína (Zarate & Lovell, 1997).

Segundo Halver & Hardy (2002), a formulação de rações com base no conceito de proteína ideal pode ser uma estratégia eficiente para atender às exigências nutricionais das espécies, além de proporcionar redução dos excedentes de nutrientes visando minimizar os impactos negativos sobre os sistemas

de criação e os ecossistemas aquáticos.

A proteína ideal é definida como o balanceamento exato nas exigências de aminoácidos essenciais e o suprimento adequado de aminoácidos não essenciais capaz de fornecer, sem deficiências ou excessos, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos exigidos para manutenção e máxima deposição proteica (Parsons & Baker, 1994; Green & Hardy, 2002). Este conceito foi estabelecido por meio da proposta de que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos em relação a um aminoácido de referência.

A lisina foi escolhida pelos pesquisadores como aminoácido referência na determinação do perfil da proteína ideal por ser o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas formuladas para animais monogástricos, além de poder ser economicamente obtida na forma industrial e também devido ao seu metabolismo ser orientado principalmente para deposição de proteína corporal (Sakomura & Rostagno, 2007).

A razão para o uso do conceito de proteína ideal nas formulações de rações para produção animal é fundamentada no fato de que as relações entre os aminoácidos essenciais e a lisina permanecem praticamente constantes, apesar de diversos fatores dietéticos, ambientais e genéticos poderem afetar as exigências dos aminoácidos (Sakomura & Rostagno, 2007). Desta maneira, os pesquisadores determinam as proporções ideais de aminoácidos essenciais em relação à lisina e utilizam tais informações como base para calcular os níveis dos aminoácidos nas rações.

O emprego adequado e eficiente do conceito de proteína ideal na nutrição de

peixes depende do estudo e da determinação das relações dos aminoácidos considerados essenciais com a lisina digestível, para as diferentes espécies e fases de criação dos peixes.

A quantificação das exigências dos aminoácidos geralmente é feita através de experimentos de dose-resposta, sendo o ganho de peso considerado o principal critério de resposta. O menor nível do aminoácido essencial que propicia o melhor resultado de ganho de peso é identificado como a exigência dietética mínima (Wilson, 2002; NRC, 2011).

Objetivando maior clareza e assertividade entre pesquisas sobre as relações aminoacídicas, é importante considerar fatores como: metodologia utilizada para estimar as relações dos nutrientes, desenho experimental utilizado nos estudos realizados, dietas (práticas ou purificadas) e a fase de produção dos peixes avaliados. Além disto, diferenças nos parâmetros físico-químicos da água e condições sanitárias durante a execução dos trabalhos também podem ocasionar variações nas estimativas das relações aminoácidos:lisina obtidas entre os estudos.

Outros fatores a serem considerados são a utilização de linhagens de baixo desempenho e a consideração de todos os aminoácidos essenciais do perfil da proteína ideal nas rações, resultando assim em variadas relações aminoácido:lisina, o que pode vir a limitar a resposta dos animais (Baldisserotto, 2002; Boscolo et al., 2002; Dabrowski & Guderley, 2002; Ahmed et al., 2004; Ahmed, 2007; Bomfim et al., 2010).

Os avanços gerados por programas de melhoramento genético vêm selecionando e produzindo animais altamente eficientes que apresentam melhor

desempenho e maior produtividade (Furuya et al., 2000; Furuya et al., 2004). Assim, é correto considerar que as exigências nutricionais das linhagens de peixes são passíveis de modificação com o tempo, sendo necessário que atualizações das exigências de aminoácidos essenciais sejam feitas, julgando todos os possíveis fatores que podem influenciar esta importante característica produtiva. Neste sentido, a fase produtiva da vida do animal deve ser considerada, uma vez que as exigências podem diferir entre os estágios da vida do peixe.

Deficiências ou excessos de aminoácidos interferem na utilização da fração nitrogenada, afetando assim o desempenho, a composição química e o rendimento de carcaça dos peixes, implicando em redução da produtividade, aumento do custo de produção e aumento da excreção de nitrogênio para o ambiente aquático (Furuya et al., 2001; Cho & Bureau, 2001; Green et al., 2002; Twibell et al., 2003).

Dentre os aminoácidos essenciais, as determinações das exigências de treonina e de triptofano tornam-se fundamentais em virtude de serem aminoácidos limitantes na maioria dos ingredientes alternativos à farinha de peixe, como o farelo de soja. Juntamente com a lisina e a metionina, estes aminoácidos apresentam disponibilidade na forma industrial, possibilitando a formulação de dietas de maior eficiência produtiva e com menor impacto ambiental.

A treonina é um dos aminoácidos limitantes em fontes proteicas de origem vegetal, além de ser um importante aminoácido envolvido em muitos processos de manutenção, em particular como precursor do sistema imune em mamíferos e em processos de reparo da mucosa intestinal (Bequette, 2003; Li et al., 2007).

Peixes estão em constante interação com o ambiente aquático que contém

uma grande variedade de microrganismos patogênicos e não patogênicos. A epiderme e as secreções de muco epidérmico, rico em treonina, agem como barreira biológica entre os peixes e os potenciais patógenos, atuando como a primeira linha de defesa contra tais organismos (Baldisserotto, 2002; NRC, 2011).

Segundo Subramanian et al. (2008), a quantidade de secreção e a atividade antimicrobiana do muco secretado por células epidérmicas variam entre diferentes espécies de peixes e estas variações são devidas às diversas composições de mucos secretados, visto que substâncias bioquímicas presentes no muco e a quantidade de muco secretada parecem diferir dependendo das condições ecológicas e fisiológicas, tais como salinidade, pH, estresses de manipulação e estágios de crescimento da vida dos peixes. A variação da quantidade de muco secretado entre diferentes espécies de peixes tem uma importante função na suscetibilidade dos animais à infecção (Blackstock & Pickering, 1982; Lebedeva et al., 2002).

Em suínos, as exigências dos aminoácidos utilizados em maior proporção para os processos de manutenção, como a treonina (produção de mucina e imunoglobulinas) parecem ser maiores em condições de desafio sanitário, em função de serem constituintes fundamentais dos compostos relacionados à resposta imunológica do animal (Obled, 2003; Machado & Fontes, 2005).

O efeito específico da treonina sobre o sistema imune de peixes ainda não foi avaliado (Li et al., 2008). Segundo Bomfim et al. (2008b) e o NRC (2011), compostos ricos em treonina denominados mucinas são sintetizados em grandes quantidades pelos peixes no tubo digestivo e, principalmente, para as necessidades adicionais de recobrimento da pele, regulando a integridade das barreiras intestinal e epitelial dos peixes. Bequete (2003) afirma que mucinas são relativamente resistentes à digestão e, assim perdas endógenas de treonina podem ser altas.

Apesar da grande importância, há poucas informações sobre as exigências de treonina em dietas para a tilápia do Nilo alimentadas com rações práticas considerando os diferentes estágios de vida dos peixes. A recomendação sobre exigência de treonina é a preconizada no NRC (2011), baseada em estudo no qual utilizaram-se para a determinação tilápias juvenis da linhagem comum alimentados com dietas purificadas (Santiago & Lovell, 1988).

O nível de exigência de treonina recomendado no NRC (2011) é de 1,05% de treonina na dieta, correspondente a uma relação da treonina com a lisina de 73%. No Brasil, dois outros estudos foram realizados objetivando avaliar a inclusão de treonina em dietas práticas (Silva et al., 2006; e Bomfim et al., 2008b).

Silva et al. (2006) verificaram que a relação ideal de treonina com a lisina é de 96%, correspondente ao nível de 1,35% de treonina na dieta para juvenis de tilápia do Nilo avaliadas em tanques-rede. Já Bomfim et al. (2008) ao avaliarem os efeitos dos níveis de treonina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo, determinaram que a relação ideal de treonina com a lisina digestível é de 89%, correspondente ao nível de treonina digestível de 1,28%.

O triptofano é outro importante aminoácido essencial precursor de um fundamental neurotransmissor, a serotonina (5-hidroxitriptamina) e do agente antioxidante, a melatonina. Aumentos crônicos das concentrações e da atividade da serotonina no cérebro estão relacionados com a diminuição ou com a supressão de interações agressivas e com canibalismo em espécies de peixes carnívoras, o que pode causar muitas perdas em produção sob condições de manejo intensivo (Aldegunde et al., 2000; Li et al., 2008).

A suplementação dietética com L-triptofano tem sido associada com a supressão do comportamento agressivo em juvenis de garoupa e de bacalhau do Atlântico (Hseu et al., 2003; Höglund et al., 2005), com a redução do canibalismo e da anorexia induzida por estresse em juvenis de truta marrom (Höglund et al., 2007) e com a prevenção de estresse causado pelo aumento do cortisol em truta arco-íris (Winberg et al., 2001, Lepage et al., 2003). Segundo Li et al. (2008), devido ao fato de a elevação prolongada dos níveis de cortisol afetarem negativamente o crescimento, o consumo de ração, a deposição de proteína e o sistema imune, a suplementação com triptofano industrial é uma promissora estratégia nutricional para a manutenção da sanidade dos animais em aquicultura (por exemplo transporte, manuseio e vacinação dos animais).

Os efeitos da suplementação de triptofano em rações sobre parâmetros comportamentais e de desempenho de muitas espécies de peixes têm sido grandemente avaliados (Aldegunde et al., 2000; Ahmed & Khan, 2005; Gaylor et al., 2005; Hseu et al., 2003; Höglund et al., 2005; Winberg et al., 2001, Lepage et al., 2003). Todavia, verifica-se escassez de informações na literatura sobre os efeitos do triptofano no comportamento e desempenho da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

O valor de exigência de triptofano em rações para a tilápia do Nilo é de 0,28% de triptofano total, ou de 19,6% em relação à lisina da ração (NRC, 2011). Este valor de exigência é resultado de estudo no qual foram utilizados juvenis de tilápia da linhagem comum recebendo rações purificadas que reconhecidamente implicam em menor consumo pelos animais (Santiago & Lovell, 1988).

Desta maneira, justifica-se a necessidade de avaliar as relações de

treonina e triptofano com a lisina, em rações práticas para alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Esta Tese foi redigida seguindo-se as normas para redação da Tese (UFV, 2012) em forma de artigos científicos e os artigos científicos elaborados com base nas normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDI, S.F.; KHAN, M.A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.39, p.1498-1505, 2008.
- AHMED, I. Dietary amino acid L-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture International**, v.15, n.5, p. 337-350, 2007.
- AHMED, I; KHAN, M.A. Dietary tryptophan requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.36, p. 687-695, 2005.
- AHMED, I; KHAN, M.A.; JAFRI, A.K. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.35, p. 162-170, 2004.
- ALDEGUNDE, M.; SOENGAS, J.L., ROZAS, G. Acute effects of L-tryptophan on tryptophan hydroxylation rate in brain regions (Hypothalamus and Medulla) of Rainbow Trout. **Journal of Experimental Zoology** 286, 131-135, 2000.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 212p.
- BEQUETE, B.J. Amino acid metabolism in animals: an overview. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.87-101.
- BLACKSTOCK, N.; PICKERING, A.D. Changes in the concentration and histochemistry of epidermal mucous cells during the alevin and fry stages of the brown trout, *Salmo trutta*. **Journal of Zoology**. 197, p.463-471, 1982.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- 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 rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1713-1720, 2008a.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2077-2084, 2008b.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e crescimento. **Revista Brasileira de**

Zootecnia v.31, n.2, p.539-545, 2002.

BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R. et al. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, n.3, p.517-525, 2007.

CAMARGO, S.G.O. & POUHEY, L.O.F. Aquicultura – Um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência** v.11, n.4, p.393-396, 2005.

CHO, C.Y. & BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research** v.32, p.349-360, 2001 (Suppl. 1).

COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture** v.124, p.1-11, 1994.

DABROWSKI, K.; ZHANG, Y.F.; KWASEK, K. et al. Effects of protein-, peptide- and free amino acid-based diets in fish nutrition. **Aquaculture Research**. 41, pp. 668-683, 2010.

DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.) **Fish Nutrition**. 3. ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.

DAVIS, S.J. & MORRIS, P.C. Influence of multiple amino acid supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. **Aquaculture Research** v.28, p.65-74, 1997.

D'MELLO, J.P.F. Amino Acids as Multifunctional Molecules. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.1-14.

D'MELLO, J.P.F. Adverse effects of amino acids. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.125-142.

ESPE, M.; LEMME, A.; PETRI, A. et al. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? **Aquaculture**, 255, p. 255-262, 2006.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2010**. Rome, FAO 2010. 197 p.

FURUYA, W.M.; GRACIANO, T.S.; VIDAL, L.V.O. et al. Digestible lysine requirement of Nile tilapia fingerlings fed arginine-to-lysine balanced diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.41, n.3, p.485-490, 2012.

FURUYA, W.M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

FURUYA, W.M. & FURUYA, V.R.B. Nutritional innovations on amino acids

- supplementation in Nile tilapia diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.88-94, 2010 (supl.especial).
- FURUYA, W.M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: III Seminário de Aqüicultura, Maricultura e Pesca – 10 a 12 de abril de 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte. 2007. p.121-139.
- 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.; NEVES, P.R. et al. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo na fase de terminação. **Ciência Rural** v.34, n.5, p.1571-1577, 2004.
- 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, 2001.
- 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 (Suplemento).
- GAYLORD, T.G.; RAWLES, S.D.; DAVIS, K.B. Dietary tryptophan requirements of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture Nutrition** 11, 367-374, 2005.
- GONÇALVES, G.S., PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Relação lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p. 2299-2305, 2009.
- GREEN, J.A. & HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acids pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, p.97-108, 2002.
- GREEN, J.A.; HARDY, R.W.; BRANNON, E.L. The optimum dietary essential : nonessential amino acid ratio for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), which maximizes nitrogen retention and minimizes nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, 109-115, 2002.
- HAULER, R.C.; CARTER, C.G.; EDWARDS, S.J. Feeding regime does not influence lysine utilization by Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. **Aquaculture**, 273, pp. 545-555, 2007.
- HALVER, J.E. & HARDY, R.W. **Fish Nutrition**. Washington: Academic Press, 2002. p. 755-769.
- HÖGLUND, E.; SORENSEN, C.; BAKKE, M.J. et al. Attenuation of stress-induced anorexi in brown trout (*Salmo trutta*) by pre-treatment with dietary L-tryptophan. **British Journal Nutrition** 97, 786-789, 2007.

- HÖGLUND, E.; BAKKE, M.J.; OVERLI, O. et al. Suppression of aggressive behavior in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) by L-tryptophan supplementation. **Aquaculture**, 249, 525-531, 2005.
- HSEU, J.R.; LU, F.I.; SU, H.M. et al. Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, 0-12, 2003.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LEBEDEVA, N.Y.; VOSYLIENE, M.Z.; GOLOVKINA, T.V. The study of effects of toxicants and heliophysical factors on biochemical parameters of external mucus in carp. **Acta Zoologica Lituanica**, v.12, n.2, p. 103-109, 2002.
- LEPAGE, O.; TOTTMAR, O.; WINBERH, S. Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Experimental Biology** 205, 3679-3687, 2003.
- LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino Acids**, 2008, 11p.
- LI, P.Y.; YIN, D.; LI, S.W. et al. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, 98: pp. 237-252, 2007.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MAPA, 2012. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2010**. Brasília, DF. 129p.
- 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 and shrimp**, Washington: National Academy of Science, 2011. p376.
- OBLED, C. Amino acid requirements in inflammatory states. **Canadian Journal of Animal Science**. Downloaded from pubs.aic.ca by 186.204.113.192, p.365-373 2003.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, 2008. 276 p.
- OSTRENSKY, A. & BORGHETTI, J.R. Água e aqüicultura. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (3. ed.) **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p.579-604.
- 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, PR. **Anais...** Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.

- PEZZATTO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.C.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: tecArt, 2004. p.75-169.
- 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** 127: 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** 90: pp. 865-876, 2003.
- SANTIAGO, C.B. & LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition** v.118, p.1540-1546, 1988.
- SAKOMURA, N.K. & ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SCHUMACHER, A.; WAX, C., GROPP, J.M. Plasma amino acids in rainbow trout fed intact protein or crystalline amino acids. **Aquaculture** v.151, p.15-28, 1997.
- SILVA, C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. et al. Níveis de treonina para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p. 1258-1264, 2006.
- SUBRAMANIAN, S.; ROSS, N.W.; MACKINNON, S.L. Comparison of antimicrobial activity in the epidermal mucus extracts of fish. **Biochemistry and Physiology, Part B**, 150, p. 85-92, 2008.
- TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, no.11, p.2099-2105, 2009.
- TANTIKITTI, C. & MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of conditions. **Fish Physiology Biochemistry**. 14(3), 179-194, 1995.
- TIBALDI, E. & TULLI, F. Dietary threonine requirement of juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.175, p. 155-166, 1999.
- TRUSHENSKI, J.T.; KASPER, C.S.; KOHLER, C.C. Challenges and opportunities in finfish nutrition. **North American Journal of Aquaculture**, v.68, p.122-140, 2006.
- TWIBELL, R.G.; GRIFFIN, M.E.; MARTIN, B.; PRICE, J.; BROWN, P.B. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition** v.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Norma para redação de teses**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 2p.
- WILLIAMS, K.; BARLOW, C.; RODGERS, L. Efficacy of crystalline and protein-

bound amino acid enrichment of diets for barramundi/Asia seabass (*Lates calcarifer* Bloch). **Aquaculture Research** 32, pp. 415-429, 2001.

WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.

WILSON, R.P. Amino acid and Proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.) **Fish Nutrition**. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.144-179.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology** v.80B, n.2, p.385-388, 1985.

WINBERG, S.; OVERLI, O.; LEPAGE, O. Suppression of aggression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by dietary L-tryptophan. **The Journal of Experimental Biology** 204, 3867-3876, 2001.

ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T; PAYNE, M Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition** 5:17-22, 1999.

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 yong channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture** 159: 87-100, 1997.

Relação de treonina com a lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO - Objetivando-se determinar a relação de treonina:lisina digestível em rações para tilápia do Nilo, foram utilizados 420 alevinos masculinizados de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,95 \pm 0,01$ g, em delineamento inteiramente ao acaso, composto por cinco tratamentos, sete repetições por tratamento e doze peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco dietas de diferentes relações treonina:lisina digestível (70%, 77%, 84%, 91% e 98%), mantidas com igual teor de energia e lisina digestíveis. Os peixes foram mantidos em 35 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água e aeração individuais, temperatura controlada e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 30 dias. Avaliaram-se os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, a composição corporal, as taxas diárias de deposição de proteína e gordura e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. Verificou-se efeito quadrático das relações de treonina:lisina digestível na ração sobre o consumo de ração, o ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa de crescimento específico e sobre a eficiência de retenção de nitrogênio. Para a conversão alimentar foi obtido 1,358% como nível ótimo, que correspondeu a relação ideal treonina:lisina digestível de 88%. A relação treonina:lisina digestível recomendada nas rações para alevinos de tilápia do Nilo é de 88%, que corresponde ao nível de treonina digestível de 1,358%.

Threonine to digestible lysine ratio in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT - Aiming to determine the ratio of digestible threonine:lysine in diets for Nile tilapia, 420 masculinized Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, Thailand strain, with an initial average weight 0.95 ± 0.01 g, were allotted at a completely randomized design, with five treatments, seven replications by treatment and twelve fishes for experimental unit. The treatments consisted of five diets with different ratios of digestible threonine:lysine (70, 77, 84, 91 and 98%), maintained with equal content of energy and digestible lysine. The fish were maintained in 35 aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water and aeration, controlled temperature and they were fed *ad libitum* six daily meals during 30 days. Performance and feed efficiency parameters, body component weights, the daily protein and fat deposition rates and nitrogen retention efficiency of the fish were evaluated. It was evidenced the quadratic effect of ratios digestible threonine:lysine in the diet on feed intake, weight gain, feed conversion ratio, specific growth rate and nitrogen retention efficiency. For feed conversion 1.358% was obtained as optimal level, which corresponded to the ideal ratio of digestible threonine:lysine of 88%. The digestible threonine:lysine ratio recommended in diets for Nile tilapia fingerlings is 88%, which corresponds to the level of digestible threonine of 1.358%.

Introdução

A tilápia do Nilo é a primeira espécie de importância para a produção de peixes nacional. É uma espécie com reconhecido potencial para aquicultura que apresenta grande aceitabilidade e demanda no mercado nacional e internacional (Furuya & Furuya, 2010). O conhecimento sobre as exigências nutricionais de aminoácidos essenciais para a tilápia do Nilo é de grande importância para adequada formulação de dietas para a tilapicultura.

A proteína da dieta é o componente mais caro das rações para a maioria das espécies de peixes, principalmente por ser fonte de aminoácidos essenciais utilizados para processos de reparação e crescimento dos tecidos. É desejável minimizar os níveis de proteína das rações sem reduzir o crescimento dos peixes, o que não só reduz os custos de alimentação como também reduz a proporção de proteína em excesso que é metabolizada, resultando na produção de resíduos indesejáveis para serem eliminados no ambiente (Cho & Bureau, 2001; Furuya et al., 2001).

A suplementação da ração com aminoácidos industriais é uma ferramenta que possibilita diminuir níveis excessivos de proteína na dieta, de maneira que a relação entre os aminoácidos componentes da ração possa ser balanceada para atender às exigências nutricionais do animal (Sakomura & Rostagno, 2007). Portanto, a suplementação com aminoácidos industriais é uma maneira eficiente para atender e tentar não exceder a exigência dos peixes, possibilitando a aplicação prática do conceito de proteína ideal em formulação de rações para a aquicultura comercial.

Dentre os aminoácidos essenciais, a treonina é usualmente um dos aminoácidos mais limitantes em dietas práticas para peixes (Ahmed et al., 2004; Silva et al.,

2006; Ahmed, 2007; Abidi & Khan, 2008; Botaro et al., 2007; Bomfim et al., 2008). Adicionalmente, a treonina é o primeiro aminoácido limitante para a produção de mucina, sintetizada em grande quantidade pelos peixes no tubo digestivo e, principalmente, para as necessidades adicionais de recobrimento da pele e síntese de imunoglobulinas (Bomfim et al., 2008; NRC, 2011).

O objetivo com o presente trabalho foi estimar a relação ideal de treonina:lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, Minas Gerais. Esta pesquisa foi conduzida estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

Foram utilizados 420 alevinos masculinizados de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,95 \pm 0,01$ g, em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos, sete repetições e 12 peixes por aquário que foi considerado unidade experimental.

O período experimental foi estipulado em 30 dias precedido por um período de três dias de adaptação dos animais aos aquários experimentais.

Utilizaram-se 35 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 de água.

O sistema de recirculação e renovação de água onde os peixes foram alojados possuía um sistema de filtragem de água a cada nove aquários experimentais. Cada sistema de filtragem era constituído por um filtro mecânico com volume de 35 litros, composto por lã acrílica e lajota em seu leito, em sequência um filtro biológico com volume útil de 300 litros no qual estava alocada uma bomba de vazão 8000 litros/hora, uma resistência elétrica controlada por um termostato Fullgauge (17S fullgauge), e mídia filtrante.

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

A temperatura da água foi mantida em torno de 28°C e medida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o 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 aferidos a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

A limpeza dos aquários foi realizada duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, e este procedimento foi feito após as leituras da temperatura da água.

O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, por meio de iluminação proveniente de lâmpadas mistas, controlado por temporizador automático.

As rações foram formuladas a base de milho, farelo de soja e glúten de milho

e suplementadas com quatro níveis de L-Treonina, resultando em cinco rações experimentais (1,071%, 1,178%, 1,285%, 1,392% e 1,500% de treonina digestível), correspondente às seguintes relações da treonina digestível com a lisina digestível: 70%, 77%, 84%, 91% e 98% (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural) com diferentes relações treonina digestível:lisina digestível.

Ingredientes %	Relação treonina digestível:lisina digestível (%)				
	70	77	84	91	98
Farelo de soja	55,86	55,86	55,86	55,86	55,86
Milho	31,21	31,21	31,21	31,21	31,21
Glúten de milho	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57
Amido de milho	1,47	1,38	1,29	1,21	1,12
Óleo de soja	2,54	2,51	2,49	2,47	2,44
Lisina-HCl	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
DL-Metionina	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193
L-Treonina	0,000	0,111	0,222	0,333	0,444
L-Triptofano	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
Fosfato bicálcico	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
Premix vitamínico e mineral ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Proteína bruta (%)	30,82	30,91	31,00	31,08	31,17
Energia digestível (kcal/kg)	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Fibra Bruta (%)	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
Ca total (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
P disponível (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina (%) digestível	1,530	1,530	1,530	1,530	1,530
Met. + Cist (%) digestível	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071
Treonina digestível (%)	1,071	1,178	1,285	1,392	1,500
Triptofano digestível (%)	0,398	0,398	0,398	0,398	0,398
Treonina/Lisina Dig.	70,00	77,00	84,00	91,00	98,00

¹ Composição por kilograma do produto: vitamina A - 1.200.000 UI; vitamina D₃ - 200.000 UI; vitamina E - 1.200 mg; vitamina K₃ - 2.400 mg; vitamina B₁ - 4.800 mg; vitamina B₂ - 4.800 mg; vitamina B₆ - 4.800 mg; vitamina B₁₂ - 4.800 mg; vitamina C - 48 g; ácido fólico - 1.200 mg; ácido pantotênico - 12.000 mg; biotina - 48 mg; 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.

² Vitamina C: calcic salt, 2- ácido ascórbico monofosfato - 42% princípio ativo.

Devido à suplementação com aminoácidos industriais e com base no conceito da proteína ideal, foi possível formular rações com teor de proteína bruta reduzido, nas quais foram mantidas o mesmo teor de lisina digestível, energia digestível,

cálcio e fósforo disponível, de forma a atender as exigências nutricionais mínimas para alevinos sugeridas pelo NRC (1993).

O teor de lisina digestível utilizado nas rações foi fixado em 1,53% considerado subótimo ao nível de 1,70% de lisina digestível preconizado por Bomfim et al. (2010). A adoção do nível subótimo de lisina foi feita para garantir que toda lisina digestível consumida fosse utilizada e a relação de treonina digestível:lisina digestível estimada refletisse as reais necessidades dos peixes. A relação dos demais aminoácidos:lisina foram mantidas no mínimo seis pontos acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993).

Em relação aos ingredientes, nas rações experimentais somente variaram a inclusão da L-treonina, amido e óleo. Níveis crescentes de L-treonina foram adicionados com objetivo de obter as diferentes relações treonina:lisina digestível estudadas. Para que as rações experimentais mantivessem o mesmo teor de energia digestível, foram feitos ajustes nas inclusões de amido e óleo.

Os valores para aminoácidos digestíveis e fósforo disponível foram estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes de acordo com Rostagno et al. (2005) e com Furuya (2010), e de energia de acordo com Boscolo et al. (2002a) e Pezzato et al. (2002).

As rações experimentais foram peletizadas e foram fornecidas *ad libitum* diariamente, em seis refeições (8:00; 10:00; 12:00; 14:00; 16:00 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as dietas foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, em quantidades que possibilitem a ingestão máxima, sem que houvesse perdas, até a aparente saciedade dos animais.

No início do período experimental foram sacrificados 84 peixes por

insensibilização em banho com suspensão contendo água e óleo de cravo solução 5% (Eugenol 99,5%, Biodinamica[®]) por 5 minutos. Após terem sido sacrificados por insensibilização prolongada, os peixes foram pesados e congelados em nitrogênio líquido, para análise corporal.

Ao final do experimento foram selecionados oito animais por unidade experimental, com os pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade. Os animais selecionados foram sacrificados por insensibilização em banho com suspensão contendo água e óleo de cravo solução 5% (Eugenol 99,5%, Biodinamica[®]) por 5 minutos, e congelados em nitrogênio líquido para possibilitar a liofilização das amostras de carcaça dos peixes.

As análises bromatológicas das dietas 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 (2006).

Foram avaliados os seguintes índices de desempenho zootécnico e eficiência alimentar: ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e eficiência de retenção de nitrogênio.

Para determinação da taxa de crescimento específico (TCE), foi empregada a equação apresentada a seguir, utilizando-se transformações logarítmicas.

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

Período experimental (dias)

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

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

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (2007).

Os dados foram interpretados por meio de análises de regressão em nível de 5% de probabilidade. Os efeitos dos níveis de treonina digestível foram analisados mediante o uso dos modelos de regressão linear, quadrático ou descontínuo Linear Response Plateau (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável.

Resultados e Discussão

Os valores dos parâmetros de qualidade de água obtidos foram de $28,1 \pm 0,70^\circ\text{C}$ para temperatura, de $6,80 \pm 0,30$ para o pH, 6,0 ppm para o oxigênio dissolvido. Os valores encontram-se dentro da faixa de temperatura recomendada para a criação da espécie estudada que é de 27°C a 32°C segundo Kubitzka (2000), e estão acima dos valores mínimos de pH e oxigênio dissolvido na água preconizados para tilápias.

Houve efeito do aumento dos níveis de treonina digestível na dieta sobre o consumo de ração, o ganho de peso, a conversão alimentar e a taxa de

crescimento específico dos alevinos de tilápia do Nilo recebendo rações com níveis crescentes de treonina digestível (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina digestível:lisina digestível da ração

Parâmetro	Relação treonina:lisina digestível (%)					P valor	CV (%)
	70	77	84	91	98		
Peso inicial (g)	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,09	1,17
Consumo de ração (g) ¹	4,58	4,83	4,94	4,99	4,73	0,04	13,09
Ganho de peso (g) ¹	3,74	3,99	4,13	4,16	3,91	0,03	11,81
Sobrevivência (%)	90,48	97,62	97,62	96,43	97,62	0,32	6,11
Conversão alimentar (g/g) ¹	1,22	1,20	1,19	1,20	1,20	0,23	3,42
Taxa de crescimento específico (%/dia) ¹	5,29	5,46	5,56	5,58	5,39	0,04	6,20
Taxa de eficiência proteica (g/g)	2,55	2,95	3,02	2,98	2,98	0,45	4,17

CV- coeficiente de variação

¹Efeito Quadrático (P<0,05).

A elevação da relação treonina:lisina digestível na ração influenciou (P<0,05) o consumo de ração dos alevinos, que aumentou até o nível estimado de 1,319% de treonina digestível, correspondente a relação treonina:lisina digestível de 86% (Figura 1).

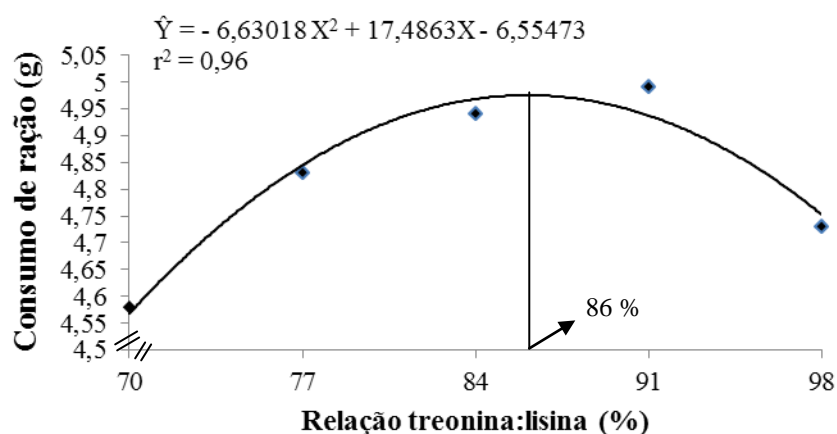


Figura 1 – Consumo de ração de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.

Este resultado foi semelhante ao obtido por Bomfim et al. (2008) que verificaram variação significativa no consumo de ração dos alevinos que aumentou até o nível de treonina correspondente a 89% com a lisina digestível. Por outro lado, Silva et al. (2006) observaram redução do consumo de ração de tilápia do Nilo com peso inicial médio de 37,60 g devido ao aumento nas concentrações de treonina na ração, acima de uma relação correspondente a 65% com a lisina digestível. A diferença no peso inicial dos peixes verificada entre os trabalhos ($0,95 \times 37,60$ g) pode justificar as divergências nos resultados.

O aumento verificado no consumo de ração até a relação de treonina:lisina digestível de 86% é um indicativo de que ocorreu melhora gradativa no perfil dos aminoácidos na ração. Considerando o relato de Bureau & Encarnação (2006), dietas com perfil desbalanceado de aminoácidos podem ocasionar redução no consumo de ração dos peixes. Fundamentando esta proposição, Yamamoto et al. (2000) verificaram que ao permitir livre acesso a diferentes rações, a truta arco-íris demonstrou preferência por dietas que apresentaram perfil de aminoácidos essenciais adequadamente balanceados.

A variação da relação treonina:lisina digestível das dietas influenciou ($P < 0,05$) o ganho de peso dos alevinos que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 1,321% de treonina digestível, correspondente a relação treonina:lisina digestível de 86% (Figura 2).

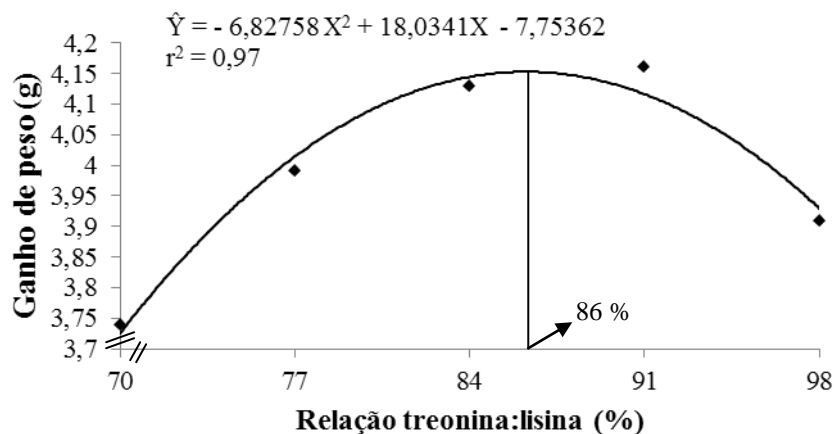


Figura 2 – Ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.

Aumento significativo no ganho de peso dos peixes em razão da alteração na relação treonina:lisina na ração até o valor de 73% também foi observado por Santiago & Lovell (1988) em estudo conduzido com alevinos de tilápia do Nilo comum utilizando rações purificadas. Da mesma forma, Silva et al. (2006) verificaram melhora linear no ganho de peso de tilápia do Nilo com aumento na relação treonina:lisina na ração até 96%.

Em contrapartida, Bomfim et al. (2008) não verificaram efeito do aumento da relação treonina:lisina na ração na taxa de crescimento dos alevinos de tilápia do Nilo.

A inconsistência de resultados observada entre os trabalhos, quanto aos efeitos da relação entre os dois aminoácidos na ração sobre o ganho de peso e as diferenças nos valores onde se obtiveram os melhores resultados, pode estar relacionada a variações em fatores como: linhagem e peso inicial dos peixes, composição e processamento das rações experimentais e temperatura, pH e oxigênio dissolvido na água.

O aumento do ganho de peso dos alevinos de tilápia do Nilo até o nível estimado de 1,321% de treonina digestível, correspondente a relação treonina:lisina digestível de 86% ocorreu em resposta ao aumento no consumo de ração pelos peixes em função da melhoria da relação ideal entre a treonina digestível com o aminoácido referência.

Não houve efeito ($P>0,05$) das relações treonina:lisina digestível das rações sobre a taxa de sobrevivência dos alevinos. Estes resultados corroboram com os observados por Santiago & Lovell (1988), Bomfim et al. (2008) e por Silva et al. (2006) que também não verificaram efeito da suplementação de treonina digestível sobre a taxa de sobrevivência de tilápias do Nilo em diversas fases de criação.

Apesar de não ter ocorrido variação significativa, foi observado redução de 7,0% na taxa de sobrevivência dos peixes quando se utilizou a ração com relação treonina digestível:lisina digestível de 70%. Com esse resultado ficou evidenciada que as concentrações desses dois aminoácidos na ração na proporção de 70% podem comprometer a viabilidade dos peixes.

Um fator que pode ter contribuído para a ausência de efeito significativo das relações treonina:lisina digestível testadas sobre a viabilidade dos peixes foi a ausência de desafio ambiental e sanitário que poderiam ocasionar alteração e, possivelmente aumento da quantidade exigida de treonina.

Acredita-se que em situações de desafio sanitário ou de estresse por manejo, o organismo dos peixes precise produzir quantidades de muco excessivas quando comparadas às produzidas em situações de normalidade. Desta maneira, a treonina que é o primeiro aminoácido limitante para a produção de mucina, assim como de imunoglobulinas na maioria dos animais monogástricos, seria exigida em

quantidades superiores às exigidas para a maximização do crescimento em condições de normalidade, considerando que o aminoácido teria um chamado adicional para atender as necessidades de resposta imune (Bomfim et al., 2008)

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) da elevação da relação treonina:lisina digestível da ração sobre a conversão alimentar que melhorou até o nível estimado de 1,358% de treonina digestível correspondente a relação treonina:lisina digestível de 88% (Figura 3).

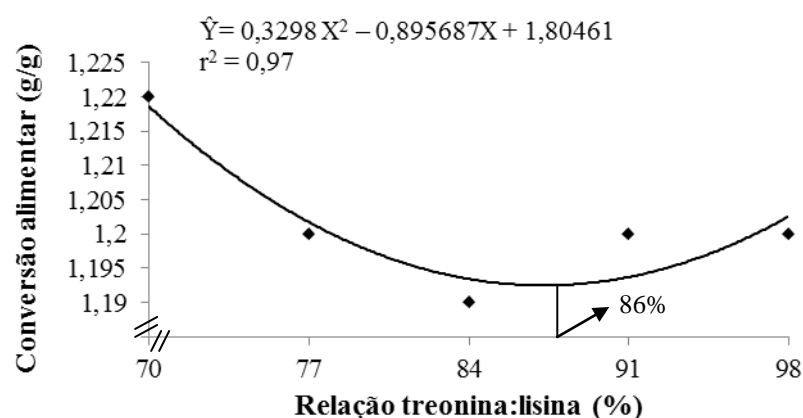


Figura 3 – Conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.

Influência da relação treonina:lisina da ração na conversão alimentar de alevinos de tilápia também foi verificada por Silva et al. (2006) e Bomfim et al. (2008), muito embora as melhores respostas tenham sido obtidas com as rações em que essas relações corresponderam, respectivamente, a 96% e 69%.

Com os dados de conversão alimentar obtidos neste estudo ficou evidenciado que a exigência de treonina dos alevinos de tilápia do Nilo para maximizar sua resposta de eficiência de utilização do alimento para ganho é maior que a necessária para melhor resposta de crescimento. Pode-se ainda inferir com esse resultado que a

composição do ganho de peso provavelmente tenha sido alterada com aumento proporcional na deposição de proteína em relação ao de gordura.

A taxa de crescimento específico variou ($P < 0,05$) de forma quadrática ao tendo aumentado até o nível estimado de 1,316% de treonina digestível, correspondente a relação treonina:lisina digestíveis de 86% (Figura 4).

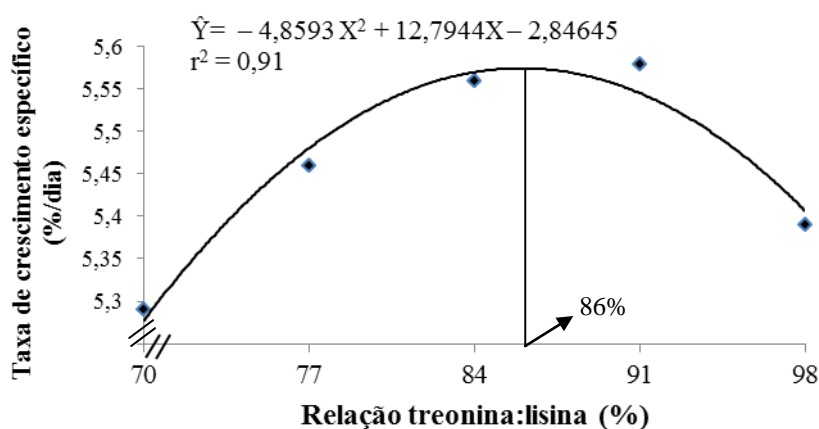


Figura 4 – Taxa de crescimento específico de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.

Os resultados de taxa de crescimento específico encontrados neste estudo diferem dos observados por Bomfim et al. (2008), que não verificaram efeito deste parâmetro em resposta ao incremento da relação treonina:lisina da ração. Contudo, o valor médio da taxa de crescimento de 5,46% ao dia observado neste trabalho foi semelhante à taxa média de crescimento de 5,7% ao dia obtida por Santiago & Lovell (1988) ao trabalharem com juvenis, e foi superior ao valor de 2,0% ao dia obtido por Silva et al. (2006) em trabalho com tilápias na fase de crescimento. Entretanto, o valor observado neste estudo foi inferior à taxa média de crescimento de 8,5% ao dia encontrada por Bomfim et al. (2008) ao trabalharem com alevinos em semelhantes

condições experimentais.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) das relações treonina:lisina digestíveis das rações sobre a eficiência proteica para ganho dos peixes. Este resultado assemelha-se ao obtido por Bomfim et al. (2008) que também não verificaram efeito do aumento das relações de treonina:lisina digestível das rações sobre a eficiência proteica para ganho de alevinos de tilápia do Nilo. De maneira diferente, Silva et al. (2006) encontraram resposta linear deste parâmetro à elevação das relações treonina:lisina nas rações.

O aumento dos níveis de treonina digestível na ração não influenciou a composição corporal, as taxas de deposições diárias de proteína e de gordura corporais dos alevinos. Em contrapartida, houve efeito dos tratamentos sobre a eficiência de retenção de nitrogênio dos alevinos em experimentação (Tabela 3).

Tabela 3. Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível da ração

Parâmetros	Relação treonina:lisina digestível (%)						P valor	CV (%)
	Inicial	70	77	84	91	98		
Umidade corporal (%)	79,43	73,28	71,84	73,23	74,87	70,23	0,259	4,80
Gordura corporal (%)	1,9	7,56	8,13	7,89	7,27	8,40	0,388	17,74
Proteína corporal (%)	14,12	17,81	18,24	18,84	18,78	18,12	0,094	8,07
Deposição diária de gordura (mg/dia)	-	11,27	12,63	12,72	11,87	12,75	0,073	15,46
Deposição diária de proteína (mg/dia)	-	23,43	25,53	27,34	27,71	24,87	0,268	13,95
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) ¹	-	47,96	56,98	60,17	59,20	57,06	0,021	10,45

CV– coeficiente de variação

¹ Efeito Quadrático ($P<0,05$).

O aumento das relações treonina:lisina digestível da ração não influenciou ($P>0,05$) o teor de umidade e a porcentagem de gordura e de proteína

corporal dos peixes, como também não houve efeito ($P>0,05$) sobre a deposição de gordura e de proteína corporal. De forma consistente com esse resultado, Silva et al. (2006) não verificaram variação significativa nesses parâmetros de carcaça de tilápia do Nilo devido o aumento da relação treonina:lisina da ração. No entanto, Bomfim et al. (2008) constataram aumento linear na porcentagem e na deposição de proteína corporal de alevinos de tilápia do Nilo devido a elevação da relação entre esses dois aminoácidos na ração até o valor de 89%.

Embora não tenha sido observada variação significativa na deposição de proteína corporal dos peixes neste estudo, foi verificado que entre os tratamentos correspondentes as rações com relação treonina:lisina de 70 a 91% ocorreu aumento gradativo no valor absoluto desse parâmetro de até 18,3%. Como entre esses mesmos tratamentos os valores absolutos de deposição de gordura corporal aumentaram em somente 5,3%, a proporção de proteína:gordura depositada no tecido corporal dos peixes variou de 2,08 (70%) para 2,33 (91%). Este resultado está coerente com os dados de conversão alimentar, confirmando a variação na composição do ganho com aumento na proporção de proteína corporal depositada.

Observou-se efeito ($P<0,05$) da relação treonina:lisina digestível da ração sobre a eficiência de retenção de nitrogênio que melhorou até o nível estimado de 1,344% de treonina digestível, correspondente a relação treonina:lisina digestível de 87% (Figura 5).

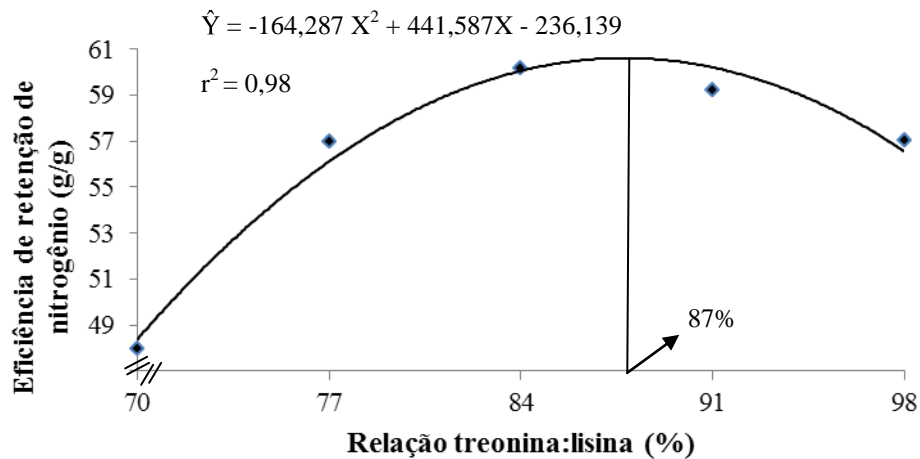


Figura 5 – Eficiência da retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível.

Influência da relação treonina:lisina da ração sobre a eficiência de retenção de nitrogênio também foi observada por Silva et al. (2006). Já Bomfim et al. (2008) não observaram efeito do aumento da relação desses aminoácidos sobre a eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo.

Com base nos parâmetros de desempenho, os valores estimados das relações treonina digestível:lisina digestível obtidos neste estudo são superiores aos valores encontrados por Santiago & Lovell (1988) e por Bomfim et al. (2008) de 73% e 69%, respectivamente e são inferiores ao valor encontrado por Silva et al. (2006) de 96%. Já com base nos parâmetros de composição corporal, deposições diárias de proteína e de gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio, o valor estimado de 88% de treonina digestível:lisina digestível para tilápia do Nilo obtido neste assemelha-se ao valor encontrado por Bomfim et al. (2008) de 89% e foi inferior ao obtido por Silva et al. (2006) de 96%.

As diferenças observadas entre os resultados podem estar associadas a fatores relacionados à espécie, como a linhagem de tilápias utilizada ou a fase de

crescimento analisada.

De acordo com Akiyama et al. (1997) e Dabrowski & Guderley (2002), linhagens de peixes com maior capacidade de crescimento têm maior exigência de aminoácidos digestíveis do que as de menor capacidade de crescimento.

Em relação à fase de crescimento analisada, Baldisserotto (2002) relata que peixes na fase inicial (larvas e alevinos) apresentam elevada taxa de crescimento, que está diretamente relacionado à deposição de tecido muscular. Entretanto, a exigência de manutenção dos animais aumenta de acordo com seu peso, uma vez que o aumento da exigência de alguns aminoácidos relacionados à manutenção dos animais, como a treonina, é ocasionado pela associação destes aminoácidos com as perdas endógenas e a produção intestinal e epitelial de mucina em peixes (Obled, 2003; Machado & Fontes, 2005; Bequete, 2003). Desta maneira, a relação da treonina com a lisina aumenta conforme a exigência de manutenção dos animais, considerando que a lisina é utilizada quase totalmente para deposição proteica (Pereira et al., 2008).

Ou as diferenças entre os resultados podem estar relacionadas ainda a fatores como composição das rações e temperatura da água utilizada nos diferentes trabalhos.

Segundo Griffin et al. (1992), rações purificadas têm menor aceitabilidade pelos peixes, devido à menor palatabilidade quando comparadas às rações práticas, acarretando em menor ganho de peso e pior eficiência alimentar, quando comparados a peixes alimentados com rações práticas. Assim, podem-se justificar as variações observadas entre os resultados obtidos no presente estudo e os encontrados por Santiago & Lovell (1988) que trabalharam com rações purificadas.

A temperatura da água utilizada nos diferentes estudos é outro importante

fator a ser considerado, uma vez que este parâmetro da água influencia diretamente o metabolismo dos peixes, afetando seu desempenho (Moura et al., 2007). Aliado a esta característica, Baldisserotto (2002) relata que variações na temperatura da água além de alterar o metabolismo dos peixes, podem também alterar a absorção de nutrientes. Segundo Kubitzka (2000), temperaturas acima de 32°C e abaixo de 27°C reduzem o apetite e o crescimento de tilápias, e abaixo de 18°C suprimem o sistema imunológico dos peixes desta espécie. Dessa maneira, temperaturas da água utilizadas nos estudos que sejam mantidas abaixo das médias recomendadas para a espécie podem ser responsáveis por estimativas de exigências nutricionais subestimadas, uma vez que cada espécie de peixe possui uma faixa de temperatura na qual expressam maior potencial de crescimento (Ahmed, 2007; Moura et al., 2007).

CONCLUSÃO

A relação ideal de treonina:lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo recomendada é de 88%, correspondente ao nível de 1,358% de treonina digestível.

LITERATURA CITADA

- ABIDI, S.F.; KHAN, M.A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.39, p.1498-1505, 2008.
- AHMED, I. Dietary amino acid L-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture International**, v.15, n.5, p. 337-350, 2007.
- AHMED, I; KHAN, M.A.; JAFRI, A.K. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.35, p. 162-170, 2004.
- AKIYAMA, T.; OOHARA, I.; YAMAMOTO, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species. **Fisheries Science**, v.63, i.6, p.963-970, 1997.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 212p.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2077-2084, 2008.
- 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.546-551, 2002a.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.539-545, 2002b.
- BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R. et al. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, n.3, p.517-525, 2007.
- BUREAU, D.P.; ENCARNAÇÃO, P.M. Adequately defining the amino acid requirements of fish: the case example of lysine. In: VIII SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA – 15 A 17 DE NOVIEMBRE DE 2006, 2006, Monterrey - Nevo León. **Anais Avances en Nutrición Acuícola VIII**,

2006. p.29-54.

- CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research** v.32, p.349-360, 2001 (Suppl. 1).
- DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.) **Fish Nutrition**. 3. ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.
- D'MELLO, J.P.F. Adverse effects of amino acids. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.125-142.
- FURUYA, W.M.; FURUYA, V.R.B. Nutritional innovations on amino acids supplementation in Nile tilapia diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.88-94, 2010 (supl.especial).
- FURUYA, W.M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.
- FURUYA, W.M; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. 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, 2001.
- GRIFFIN, M.E.; BROWN, P.B.; GRANT, A.L. The dietary lysine requirement of juvenile hybrid striped bass. **Journal of nutrition** v.22, p.1332-1337, 1992.
- KAUSHIK, S.J.; SEILIEZ, I. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. **Aquaculture Research**, v.41, p.322-332, 2010.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Fernando Kubitza. 2000. 285p.
- MOURA, G.S.; OLIVEIRA, M.G.A.; LANNA, E.T.A., JÚNIOR, A.M.; MACIEL, C.M.R.R. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.42, n.11, p.1609-1615, 2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**, Washington: National Academy of Science, 2011. p376.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of Fish**. Washington: National Academy Press, 1993.
- 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, PR. **Anais...** Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.
- PEREIRA, A.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos

- 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11 p.1984-1989, 2008.
- 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.
- RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. 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.
- 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: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186 p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.
- SILVA, C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. et al. Níveis de treonina para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p. 1258-1264, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - Métodos Químicos e Biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 235p.
- TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, no.11, p.2099-2105, 2009.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007.
- YAMAMOTO, T.; SHIMA, T.; FURUITA, H. et al. Self-selection of diets with different amino acid profiles by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** v.187, p.375-386, 2000.

Relação de triptofano com a lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO - Objetivando-se determinar a relação de triptofano:lisina digestível em rações para tilápia do Nilo, foram utilizados 360 alevinos masculinizados de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,16 \pm 0,19$ g, em delineamento em blocos casualizados, composto por seis blocos, cinco tratamentos por bloco, seis repetições por tratamento e doze peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco dietas de diferentes relações triptofano:lisina digestível (19,5%, 21%, 22,5%, 24% e 25,5%), mantidas com igual teor de energia e lisina digestíveis. Os peixes foram mantidos em 30 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água e aeração individuais, temperatura controlada e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 30 dias. Avaliaram-se os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, a composição corporal, as taxas diárias de deposição de proteína e gordura e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. Não foi verificado efeito do aumento das relações de triptofano:lisina digestível nas rações sobre ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química corporal e eficiência de retenção de nitrogênio. A relação triptofano:lisina digestível recomendada nas rações para alevinos de tilápia do Nilo é de 19,5%, que corresponde ao nível de triptofano digestível de 0,298%.

Tryptophan to digestible lysine ratio in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT – Aiming to determine the ratio of digestible tryptophan:lysine in diets with for Nile tilapia, 360 masculinized Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, Thailand strain, with an initial average weight 1.16 ± 0.19 g, were allotted at a completely randomized block design, with five treatments, six replications by treatment and twelve fishes for experimental unit. The treatments consisted of five diets with different ratios of digestible tryptophan:lysine (19.5, 21, 22.5, 24 and 25.5%), maintained with equal content of energy and digestible lysine. The fish were maintained in 30 aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water and aeration, controlled temperature and they were fed *ad libitum* six daily meals during 30 days. Performance and feed efficiency parameters, body component weights, the daily protein and fat deposition rates and nitrogen retention efficiency of the fish were evaluated. There was no effect of increased relations tryptophan:lysine in the diet on weight gain, specific growth rate, survival rate, feed intake, feed conversion rate, protein efficiency ratio, deposition rates of daily protein and fat, body composition (moisture, protein and fat) and efficiency of nitrogen retention. The digestible tryptophan:lysine recommended in diets for Nile tilapia fingerlings is 19.5%, which corresponds to the level of digestible tryptophan of 0.298%.

Introdução

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi introduzida no Brasil há mais de 20 anos, tornando-se atualmente a espécie mais produzida em cativeiros no país. As tilápias são peixes que aceitam uma grande variedade de alimentos e respondem com semelhante eficiência à ingestão de proteínas de origem vegetal e animal, características que conferem uma série de vantagens produtivas à espécie.

Grande número dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem abordado as exigências de proteínas e aminoácidos por representarem o componente mais caro das formulações. Adicionalmente, quando em níveis excedentes às exigências dos animais resultam em elevada excreção de nitrogênio que constitui um dos principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Furuya et al. 2001). Segundo Wilson e Poe (1985), peixes não possuem exigência específica por proteína bruta, mas exigência por adequado balanceamento de aminoácidos essenciais e não-essenciais, que devem estar presentes em proporções adequadas e que podem ser obtidas pela combinação de ingredientes ou pela suplementação com aminoácidos industriais.

As rações utilizadas na aquicultura além de atenderem às exigências nutricionais das espécies, devem proporcionar reduzidos excedentes de nutrientes visando minimizar os impactos negativos sobre os sistemas de criação e os ecossistemas aquáticos (Henry-Silva et al. 2006). A formulação de rações com base no conceito de proteína ideal pode ser uma estratégia eficiente para atender às condições anteriormente citadas. A proteína ideal é definida como o perfil de aminoácidos que atende às exigências dos animais, sem que os aminoácidos fiquem

em excesso ou deficiência (Wang & Fuller, 1989; Emmert & Baker, 1997).

O conceito de proteína ideal tem sido utilizado na nutrição de suínos e aves há muitos anos, e a sua aplicabilidade em nutrição de peixes vem crescendo e tem sido o foco de muitos estudos (Green e Hardy, 2002; Furuya et al., 2004; Bomfim et al., 2008ab; Bomfim et al., 2010; Takishita et al., 2009; Furuya et al., 2012). Para a adequada aplicação do conceito de proteína ideal na formulação de rações para a piscicultura, é necessário que as exigências dos aminoácidos em relação à exigência de lisina dos peixes sejam quantificadas.

O triptofano é um aminoácido essencial para a tilápia do Nilo por afetar o crescimento e a eficiência alimentar dos peixes, além de ser importante substrato para a produção de diversas moléculas com atividade biológica como a serotonina e a melatonina. A serotonina é um neurotransmissor presente no sistema nervoso central dos vertebrados envolvida em muitos e diferentes processos, com efeito sobre diversos mecanismos fisiológicos e comportamentais como a ingestão alimentar, a agressividade e o canibalismo (De Pedro et al., 1998; Gaylord et al., 2005; Höglund et al., 2005; Hseu et al., 2003; Winderg & Nilsson, 1993; Winberg et al., 2001; NRC, 2011; Poston & Rumsey, 1983).

O objetivo com o presente trabalho é estimar a relação ideal de triptofano:lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no

município de Viçosa, Minas Gerais. Esta pesquisa foi conduzida estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

Foram utilizados 360 alevinos masculinizados de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,16 \pm 0,19$ g, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, composto por cinco tratamentos, seis repetições e doze peixes por unidade experimental. Na distribuição dos animais dentro de cada bloco, adotou-se como critério o peso inicial dos animais.

O período experimental foi estipulado em 30 dias precedido por um período de três dias de adaptação dos animais aos aquários experimentais.

Foram utilizados 30 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.

O sistema de recirculação e renovação de água onde os peixes foram alojados possuía um sistema de filtragem de água a cada nove aquários experimentais. Cada sistema de filtragem era constituído por um filtro mecânico com volume de 35 litros, composto por lã acrílica e lajota em seu leito, em sequência um filtro biológico com volume útil de 300 litros no qual estava alocada uma bomba de vazão 8000 litros/hora, uma resistência elétrica controlada por um termostato Fullgauge (17S fullgauge), e mídia filtrante.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, sendo previamente

decolorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

A temperatura da água foi mantida em torno de 28°C e medida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o 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 aferidos a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

A limpeza dos aquários foi realizada duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, e este procedimento foi feito após as leituras da temperatura da água.

O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, por meio de iluminação proveniente de lâmpadas mistas, controlado por temporizador automático.

As rações foram formuladas a base de milho, farelo de soja, glúten de milho e concentrado proteico de soja e suplementadas com quatro níveis de L-Triptofano, resultando em cinco rações experimentais (0,298%, 0,321%, 0,344%, 0,367% e 0,390% de triptofano digestível), correspondente às seguintes relações do triptofano digestível com a lisina digestível: 19,5%, 21,0%, 22,5%, 24,0% e 25,5% (Tabela 1).

Devido a suplementação com aminoácidos industriais e com base no conceito da proteína ideal, foi possível formular rações com teor de proteína bruta reduzido, nas quais foram mantidas o mesmo teor de lisina digestível, energia digestível, cálcio e fósforo disponível, de forma a atender as exigências nutricionais mínimas para alevinos sugeridas pelo NRC (1993).

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural) com diferentes relações triptofano:lisina digestível.

Ingredientes %	Relação triptofano:lisina digestível (%)				
	19,5	21	22,5	24	25,5
Farelo de soja	29,37	29,37	29,37	29,37	29,37
Milho	38,82	38,82	38,82	38,82	38,82
Glúten de milho	18,40	18,40	18,40	18,40	18,40
Concentrado proteico de soja	6,612	6,612	6,612	6,612	6,612
Amido de milho	0,202	0,146	0,096	0,041	0,020
Óleo de soja	0,111	0,111	0,110	0,110	0,100
Inerte	1,545	1,577	1,605	1,636	1,644
Lisina-HCl	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
DL-Metionina	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
L-Treonina	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313
L-Triptofano	0,000	0,024	0,047	0,071	0,094
Fosfato bicálcico	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11
Premix vitamínico e mineral ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Proteína bruta (%)	32,39	32,41	32,43	32,45	32,47
Energia digestível (kcal/kg)	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Fibra Bruta (%)	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
Ca Total (%)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
P Disponível (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina (%) Digestível	1,530	1,530	1,530	1,530	1,530
Met. + Cist (%) Digestível	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071
Treonina Digestível (%)	1,377	1,377	1,377	1,377	1,377
Triptofano Digestível (%)	0,298	0,321	0,344	0,367	0,390
Triptofano./Lisina Dig.	19,5	21,0	22,50	24,00	25,50

¹ Composição por kilograma do produto: vitamina A - 1.200.000 UI; vitamina D3 - 200.000 UI; vitamina E - 1.200 mg; vitamina K3 - 2.400 mg; vitamina B1 - 4.800 mg; vitamina B2 - 4.800 mg; vitamina B6 - 4.800 mg; vitamina B12 - 4.800 mg; vitamina C - 48 g; ácido fólico - 1.200 mg; ácido pantotênico - 12.000 mg; biotina - 48 mg; 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.

² Vitamina C: calcic salt, 2- ácido ascórbico monofosfato - 42% princípio ativo.

O teor de lisina digestível utilizado nas rações foi fixado em 1,53% considerado subótimo ao nível de 1,70% de lisina digestível preconizado por Bomfim et al. (2010). A adoção do nível subótimo de lisina foi feita para garantir que toda lisina digestível consumida fosse utilizada e a relação de triptofano digestível:lisina digestível estimada refletisse as reais necessidades dos peixes. A

relação dos demais aminoácidos:lisina foram mantidas no mínimo seis pontos acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993).

Em relação aos ingredientes, nas rações experimentais somente variaram a inclusão da L-Triptofano, amido, óleo e inerte. Níveis crescentes de L-Triptofano foram adicionados com objetivo de obter as diferentes relações triptofano:lisina digestível estudadas. Para que as rações experimentais mantivessem o mesmo teor de energia digestível, foram feitos ajustes nas inclusões de amido e óleo.

Os valores para aminoácidos digestíveis e fósforo disponível foram estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes de acordo com Rostagno et al. (2005) e com Furuya (2010), e de energia de acordo com Boscolo et al. (2002a) e Pezzato et al. (2002).

As rações experimentais foram peletizadas e foram fornecidas *ad libitum* diariamente, em seis refeições (8:00; 10:00; 12:00; 14:00; 16:00 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as dietas foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, em quantidades que possibilitem a ingestão máxima, sem que houvesse perdas, até a aparente saciedade dos animais.

No início do período experimental foram sacrificados 40 peixes com peso médio de cada bloco, constituindo seis amostras iniciais, por insensibilização em banho com suspensão contendo água e óleo de cravo solução 5% (Eugenol 99,5%, Biodinamica[®]) por 5 minutos. Após terem sido sacrificados por insensibilização prolongada, os peixes foram pesados e congelados em nitrogênio líquido, para análise corporal.

Ao final do experimento foram selecionados oito animais por unidade experimental, com os pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade. Os

animais selecionados foram sacrificados por insensibilização em banho com suspensão contendo água e óleo de cravo solução 5% (Eugenol 99,5%, Biodinâmica[®]) por 5 minutos, e congelados em nitrogênio líquido para possibilitar a liofilização das amostras de carcaça dos peixes.

As análises bromatológicas das dietas 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 (2006).

Foram avaliados os seguintes índices de desempenho zootécnico e eficiência alimentar: ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e eficiência de retenção de nitrogênio.

Para determinação da taxa de crescimento específico (TCE), foi empregada a equação apresentada a seguir, utilizando-se transformações logarítmicas.

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

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

A eficiência de retenção de nitrogênio foi expressa em porcentagem, tendo sido calculada pela diferença do nitrogênio corporal final e inicial,

dividido pelo nitrogênio total consumido, multiplicado por 100.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (2007).

Os dados foram interpretados por meio de análises de regressão em nível de 5% de probabilidade. Os efeitos dos níveis de treonina digestível foram analisados mediante o uso dos modelos de regressão linear, quadrático ou descontínuo Linear Response Plateau (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável.

Resultados e Discussão

Com o sistema de abastecimento de água e de aeração utilizado durante a condução do experimento os valores dos parâmetros de qualidade de água obtidos foram de $28,4 \pm 0,50^{\circ}\text{C}$ para temperatura, de $6,80 \pm 0,10$ para o pH, $6,6 \pm 0,20$ ppm para o oxigênio dissolvido. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação da espécie estudada, que é de 27°C a 32°C segundo Kubitza (2000), e estão acima dos valores mínimos de pH e oxigênio dissolvido na água preconizados para tilápias.

A elevação da relação triptofano:lisina digestível na dieta não influenciou ($P>0,05$) o consumo de ração dos alevinos de tilápia do Nilo (Tabela 2). Este resultado difere dos obtidos por Ahmed & Khan (2005) e Ahmed (2012), que verificaram efeito significativo do aumento das relações de triptofano:lisina total sobre o consumo de ração de alevinos de carpa alimentados com dietas purificadas. Diferenças nas rações experimentais e nas espécies de peixes utilizadas podem em parte justificar as diferenças de repostas observadas entre os trabalhos.

Tabela 2. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação triptofano:lisina digestível da ração

Parâmetro	Relação triptofano:lisina digestível (%) ¹					P valor	CV (%)
	19,5	21	22,5	24	25,5		
Peso inicial (g)	1,17	1,18	1,17	1,17	1,12	0,10	4,36
Consumo de ração (g)	5,43	4,86	5,09	5,68	5,08	0,44	10,15
Ganho de peso (g)	5,64	5,28	5,60	5,27	5,1	0,32	15,87
Sobrevivência (%)	97,22	98,61	95,83	95,83	90,28	0,26	12,47
Conversão alimentar (g/g)	0,96	0,92	0,91	0,91	1,09	0,11	17,61
Taxa de crescimento específico (%/dia)	5,90	5,69	5,84	5,17	5,55	0,31	10,79
Taxa de eficiência proteica (g/g)	3,13	3,36	3,39	3,39	3,02	0,11	11,29

CV- coeficiente de variação

¹ Efeito não significativo (P>0,05).

A ausência de efeito dos tratamentos sobre o consumo de ração é um indício de que a relação mínima de triptofano:lisina digestível de 19,5%, correspondente ao nível de 0,298% de triptofano digestível avaliado neste trabalho atendeu às exigências dos alevinos de tilápia do Nilo, para máximo consumo.

O padrão de resposta de consumo de ração observado neste estudo não confirma o relato de Hseu et al. (2003), de que a suplementação de triptofano na ração por ocasionar aumento no nível circulante de serotonina, resulta em redução do consumo de ração dos peixes.

Não se verificou efeito (P>0,05) da variação da relação triptofano:lisina digestível das rações sobre o ganho de peso dos peixes. Embora Santiago & Lovell (1988), Ahmed & Khan (2005) e Ahmed (2012) tenham verificado influência dos níveis de triptofano da ração sobre o ganho de peso dos peixes, estes resultados não contradizem os deste estudo, já que as melhores respostas foram obtidas com níveis de triptofano cujas relações com a lisina corresponderam, respectivamente, a 19,6%, 17,34% e 13,5%. Assim, pode-se inferir que a menor relação triptofano:lisina

digestível de 19,5% avaliada no presente estudo, atendeu a exigência dos alevinos para expressarem todo o seu potencial de crescimento.

A taxa de sobrevivência dos alevinos não variou ($P>0,05$) com o aumento da relação triptofano:lisina digestíveis na ração. Estudos conduzidos por Santiago & Lovell (1988) com juvenis de tilápia do Nilo, por Ahmed & Khan (2005) com alevinos de carpa e por Ahmed (2012) com alevinos de catfish também não evidenciaram influência da relação desses dois aminoácidos na ração sobre a taxa de sobrevivência dos peixes.

Não houve efeito ($P>0,05$) da relação triptofano:lisina digestível na ração sobre a conversão alimentar.

Ahamed (2012) verificou melhoria da conversão alimentar de alevinos de catfish alimentados com rações purificadas contendo níveis crescentes de triptofano total até o nível de 0,34%, correspondente a relação triptofano:lisina total de 14,33%. Resultado semelhante foi observado por Ahmed & Khan (2005) ao avaliarem os efeitos da suplementação de triptofano sobre a conversão alimentar de carpas, que melhorou até o nível de 0,38% de triptofano, correspondente a relação triptofano:lisina total de 17,34%.

O aumento das relações triptofano:lisina digestível na ração não influenciou ($P>0,05$) a taxa de crescimento específico dos peixes.

Estes resultados diferem dos observados em outras espécies de peixes. Avaliando alevinos de catfish alimentados com dietas purificadas, Ahmed (2012) observou aumento das taxas de crescimento específico devido ao aumento dos níveis de triptofano total até o nível de 0,34%, correspondente a relação de 14,33% de

triptofano:lisina total. Em estudo com alevinos de carpa, Ahmed & Khan (2005) obteve melhorias das taxas de crescimento específico dos alevinos em resposta aos níveis de triptofano da dieta, até o nível de 0,36% de triptofano total que corresponde a uma relação triptofano:lisina total de 16,43%.

Não houve efeito ($P>0,05$) das relações triptofano:lisina digestível das rações sobre a eficiência proteica para ganho dos alevinos, indicando que a ração contendo a menor relação de 19,5% de triptofano:lisina digestível, correspondente ao nível de triptofano digestível de 0,298% foi suficiente para maximizar a eficiência proteica para ganho de alevinos de tilápia do Nilo.

Ahmed (2012) observou efeito suplementação de triptofano na ração sobre a taxa de eficiência proteica que aumentou até o nível de 0,34% de triptofano, correspondente a relação triptofano:lisina total de 14,33%. Ahmed & Khan (2005) também relataram efeito dos níveis de triptofano sobre a taxa de eficiência proteica que aumentou até o nível de 0,36% de triptofano, correspondente a relação triptofano:lisina total de 16,43%.

Com base nos parâmetros de desempenho e de eficiência alimentar, o valor obtido de 19,5% de triptofano:lisina digestível, correspondente a 0,298% de triptofano digestível atendeu à exigência do aminoácido para maximizar o desempenho e a eficiência alimentar dos alevinos. Este resultado difere do valor preconizado por Santiago & Lovell (1988) de 19,6% de triptofano:lisina total, correspondente ao nível de triptofano total de 0,28% para maximizar o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo com peso inicial médio de 0,056 g, da linhagem comum alimentados com dietas purificadas, uma vez que os autores trabalharam com valores de aminoácidos totais. Adicionalmente, a relação estimada no presente estudo é

superior ao valor obtido a partir dos valores de exigência de triptofano e de lisina preconizados no NRC (2011), de 18,75% de triptofano:lisina, correspondente ao nível de 0,30% de triptofano na dieta.

O aumento das relações triptofano:lisina digestível da ração não influenciou ($P>0,05$) os parâmetros de composição corporal, as deposições de proteína e gordura corporal, como não influenciou a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes (Tabela 3). Estes resultados estão coerentes com os de desempenho, onde não se verificou variação significativa no ganho de peso, na conversão alimentar e na eficiência proteica para ganho dos peixes entre os tratamentos.

Tabela 3. Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação triptofano:lisina digestível da ração

Parâmetros	Relação triptofano:lisina digestível (%) ¹						P valor	CV (%)
	Inicial	19,5	21	22,5	24	25,5		
Umidade corporal (%)	77,51	74,89	74,50	75,62	74,79	75,96	0,34	1,30
Gordura corporal (%)	3,61	6,72	6,76	6,22	6,54	5,80	0,28	10,51
Proteína corporal (%)	14,72	17,69	17,33	16,42	17,26	15,38	0,35	10,60
Deposição diária de gordura (mg/dia)	-	13,82	13,19	12,51	14,74	10,68	0,30	17,56
Deposição diária de proteína (mg/dia)	-	34,83	32,06	31,76	37,35	27,15	0,33	19,64
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) ¹	-	57,84	60,94	57,83	60,60	48,16	0,22	15,21

CV– coeficiente de variação

¹ Efeito não significativo ($P>0,05$).

Deficiências de triptofano na dieta são relacionadas à perda do apetite, piora no crescimento, aumento da mortalidade, lesões de pele e nadadeiras e lesões hemorrágicas em carpas, deformidades na mandíbula e anemia em catfish do canal, deformidades no focinho e edema das brânquias em tilápias (Shiau & Suen, 1992; NRC 2011). Nenhum destes sinais foi observado nos animais em experimento, o que indica que a ração com menor relação triptofano:lisina digestível atendeu à

exigência do aminoácidos para alevinos de tilápia do Nilo.

Com base nos parâmetros de composição corporal, deposições diárias de proteína e de gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio, o valor estimado de 19,5% de triptofano:lisina digestível, correspondente a 0,298% de triptofano digestível para tilápia do Nilo obtido neste estudo assemelha-se ao valor preconizado por Santiago & Lovell (1988) de 19,6% de triptofano:lisina total, correspondente ao nível de triptofano total de 0,28% para maximizar a composição da carcaça.

CONCLUSÃO

A relação ideal de triptofano digestível:lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo estimada é de 19,5%, correspondente ao nível de 0,298% de triptofano digestível.

LITERATURA CITADA

- AHMED, I. Dietary amino acid L-tryptophan requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), estimated by growth and haemato-biochemical parameters. **Aquaculture International**, v.15, n.5, p. 337-350, 2012.
- AHMED, I. & KHAN, M.A. Dietary tryptophan requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.36, i.7, p. 687-695, 2005.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina + cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.783-790, 2008a.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.1713-1720, 2008b.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2077-2084, 2008c.
- 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.546-551, 2002.
- DE PEDRO, N.; PINILLOS, M.L.; VALENCIANO, A.L. et al. Inhibitory effect of serotonina on feeding behaviour in goldfish: involvement of CFR. **Peptides**, 19 (3), p.505-511, 1998.
- EMMERT, J.L. & BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **The Journal of Applied Poultry Research**. 6, p. 462-470, 1997.
- FURUYA, W.M.; GRACIANO, T.S.; VIDAL, L.V.O. et al. Digestible lysine requirement of Nile tilapia fingerlings fed arginine-to-lysine balanced diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.41, n.3, p.485-490, 2012.
- FURUYA, W.M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R. et al. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo na fase de terminação. **Ciência Rural** v.34, n.5, p.1571-1577, 2004.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. 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, 2001.
- GAYLORD, T.G.; RAWLES, S.D. et al. Dietary tryptophan requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture Nutrition** 11, p.367-374, 2005.
- GREEN, J.A. & HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acids pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, p.97-108, 2002.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, L.E. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.641-647, 2006.
- HÖGLUND, E.; BAKKE, M.J.; OVERLI, O. et al. Suppression of aggressive behavior in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) by L-tryptophan supplementation. **Aquaculture**, 249, 525-531, 2005.
- HSEU, J.R.; LU, F.I.; SU, H.M. et al. Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, 0-12, 2003.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Fernando Kubitza. 2000. 285p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**, Washington: National Academy of Science, 2011. p376.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of Fish**. Washington: National Academy Press, 1993.
- NG, W.-K.; SERRINI, G.; ZHANG, Z.; et al. Niacin requirement and inability of tryptophan to act as a precursor of NAD⁺ in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**. 152, p.273-285, 1997.
- POSTON, H.A. & RUMSEY, G.L. Factors affecting dietary requirement and deficiency signs of L-tryptophan in rainbow trout. **Journal of Nutrition**. 113, p.2568-2577, 1983.
- PEREIRA, A.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11 p.1984-1989, 2008.
- 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.

QUADROS, M.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Crude protein reduction and digestible methionine + cystine and threonine to digestible ratios lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.8, p.1400-1406, 2009.

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: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186 p.

SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.

SHIAU, S.Y. & SUEN, G.S. Estimation of the niacin requirements for tilapia fed diets containing glucose or dextrin. **Journal of Nutrition**. 122, p. 2030-2036, 1992.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - Métodos Químicos e Biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 235p.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, no.11, p.2099-2105, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007.

WANG, T.C. & FULLER, M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. **British Journal of Nutrition**. 62, p. 77-89, 1989.

WILSON, R.P. Amino acid and Proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.) **Fish Nutrition**. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.144-179.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology** v.80B, n.2, p.385-388, 1985.

WINBERG, S.; OVERLI, O.; LEPAGE, O. Suppression of aggression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by dietary L-tryptophan. **The Journal of Experimental Biology** 204, 3867-3876, 2001.

CONCLUSÕES GERAIS

Realizaram-se dois experimentos objetivando-se determinar as relações ideais de treonina e triptofano digestível com a lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa, com base nos parâmetros de desempenho, eficiência alimentar, composição corporal, nas taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, e na eficiência de retenção de nitrogênio. Conclui-se que:

- a relação ideal de treonina digestível:lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo estimada é de 88%, correspondente ao nível de 1,358% de treonina digestível;

- A relação ideal de triptofano digestível:lisina digestível em rações práticas para alevinos de tilápia do Nilo estimada é de 19,5%, correspondente ao nível de 0,298% de triptofano digestível.