
Wilson Massamitu Furuya

NUTRIÇÃO DE TILÁPIAS NO BRASIL

RESUMO: As tilápias são os peixes mais utilizados em confinamento no Brasil em tanques de terra e tanques-rede. Diversos grupos de pesquisa têm estudado as exigências de energia, proteína (aminoácidos), vitaminas e minerais de tilápias. Para otimizar a conversão alimentar e reduzir os excedentes de nitrogênio e fósforo, os valores de digestibilidade da energia e nutrientes dos alimentos devem ser considerados na elaboração de dietas economicamente viáveis. Devido a variações nas exigências de novas linhagens introduzidas, são necessárias pesquisas para elaboração de dietas sustentáveis do ponto de vista ambiental, que resultem em retorno econômico por meio de melhorias no crescimento, eficiência alimentar e rendimento de filé. Este trabalho apresenta uma revisão sobre as exigências nutricionais de tilápias determinada no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: alimento, alimentação, exigências nutricionais, nutrição.

TILAPIA NUTRITION IN BRAZIL

ABSTRACT: Tilapias are the most common cultured fish produced in Brazil in earth ponds and cages. Several research groups have studied the energy, protein (amino acids), vitamins and minerals requirements of tilapias. In order to optimize feed conversion ratio and reduce surplus nitrogen and phosphorus, values of digestibility of energy and nutrients from each feed must be considered to elaborate economical diets. Due to variations in the requirement of new introduced strains of tilapia, an ongoing research is necessary to elaborate economical and environmental sustainable diets in

Data de submissão: 22/08/2011. Data de aceite: 09/11/2011
Mestre e Doutor em Zootecnia. Professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha na área de Aquicultura com ênfase em Nutrição de Peixes.

order to improve fish growth, efficiency and fillet yield. This paper reviews nutritional requirements of tilapia in Brazil.

KEYWORDS: diet, feeding, fish, nutritional requirements, nutrition.

INTRODUÇÃO

No Brasil, nos últimos anos, muitas pesquisas foram realizadas para determinar as exigências nutricionais de aminoácidos, minerais, vitaminas para tilápias, especialmente para a tilápia do Nilo, bem com os efeitos sobre o crescimento e saúde dos peixes foram analisados criticamente, especialmente em condições comerciais, quando os peixes são submetidos ao desafio constante de acordo com fatores internos e externos (BARROS et al., 2009). O estado fisiológico do peixe também influencia as exigências nutricionais, bem como as condições ambientais, o tamanho e a idade dos peixes (WILSON, 2002).

Entre as tilápias, a tilápia do Nilo é a espécie mais importante no Brasil, onde a produção passou progressivamente de criação tradicional em tanques de terra para criação mais intensiva em tanques-rede. A tilapicultura desempenha papel cada vez mais importante na economia de muitas regiões brasileiras ao longo das últimas duas décadas. Assim, o estudo da nutrição e alimentação de tilápias é, ano após ano, o foco de muitos grupos de pesquisa.

Devido à complexa interação entre fatores endógenos e ambientais, relacionados à grande diversidade de espécies de peixes, alimentos utilizados e abordagem metodológica, a compreensão de “estado-de-arte” da nutrição de peixes na alimentação de aquicultura é muitas vezes difícil (HUA & BUREAU, 2009). No entanto, grandes progressos foram alcançados sobre o papel dos nutrientes na alimentação de tilápias frente aos atuais desafios de criação em condições brasileiras. Este trabalho apresenta uma revisão de pesquisas realizadas no Brasil sobre a nutrição de tilápias.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Energia

A exigência dietética de energia para tilápias é expressa como energia digestível (ED) ou energia metabolizável (EM). A EM é preferível à ED, que fornece estimativa mais precisa da energia utilizada para o

crescimento. No entanto, a determinação da EM é difícil em organismos aquáticos. Além disso, a EM oferece pouca vantagem em relação à ED, já que as perdas de urina e brânquias são pequenas, sendo mais prático o uso da ED (EL-SAYED, 2006). No Brasil, diversos pesquisadores já determinaram valores de energia DE dos alimentos mais utilizados em dietas comerciais de tilápias.

A exigência de energia de manutenção (ME_m) é proporcional ao peso metabólico. O expoente é mais adequado para sua expressão igual a 0,80 para tilápias em crescimento (MEYER-BURGDORFF et al., 1989) e, aparentemente, preferível ao valor comumente utilizado de 0,75, expoente que é mais adaptado para comparações entre espécies e estimativas para os animais adultos da mesma espécie.

A exigência de energia de manutenção de peixes é cerca de 1/10 a 1/20 dos animais homeotérmicos de peso semelhante e em condições de termoneutralidade (BRETT, 1973). A exigência de energia de manutenção dos peixes é menor do que a de mamíferos e aves, uma vez que os peixes não regulam a temperatura corporal e gastam menos energia para manter a postura na água (LOVELL, 1988).

Os custos energéticos para a formação de ureia e ácido úrico são de 3,1 e 2,4 kcal/kg, respectivamente (MARTIN & BLAXTER, 1965); enquanto a amônia, o principal produto do catabolismo proteico em peixes (GOLDSTEIN & FORSTER, 1970), pode ser facilmente liberada para a água através das brânquias (LOVELL, 1988).

A exigência de EM_m de peixes criados em sua temperatura ótima de crescimento é de 9,56-14,34 kcal/PV^{0,8} (BUREAU et al., 2002) com média de 13,62 kcal/PV^{0,80} (MEYER-BURGDORFF et al., 1989). As exigências de proteína corporal e a deposição lipídica estimada a partir dos valores da deposição de proteína ou lipídios e as eficiências de utilização da EM para deposição de proteína e gordura (k_p e k_g , respectivamente) são de aproximadamente 52,3 e 76,3 para k_p e k_f , respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 Exigência dietética de energia metabolizável de manutenção (EM_m), eficiência energética da deposição de proteína (k_p) e gordura (k_g) de alguns peixes

| Species | ME _m (kcal/day) | k_p | k_g |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|
| Carpa comum ¹ | 10,04 kcalxP ^{0,75} | 0,56 | 0,72 |
| “Sea bass” europeu ² | 10,03 kcalxP ^{0,79} | 0,54 | 0,91 |
| “Gilthead sea bream” ² | 14,10 kcalxP ^{0,83} | 0,47 | 0,66 |
| Tilápia do Nilo ³ | 13,62 kcalxPW ^{0,83} | - | - |

P = peso corporal

Adaptado de ¹SCHWARTZ & KIRSCHGESSNER (1995), ²LUPATSCH (1988); ³MEYER-BURGDORFF et al. (1989).

O melhor crescimento e eficiência alimentar ocorrem em peixes que recebem dietas com relação proteína: energia (P/E) próxima de 100 mg proteína/kcal de ED (BOSCOLO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2009), ou então 9,13-14,3 kcal ED/g de PD (BOSCOLO et al., 2006), para cada kg de dieta (Figura 1).

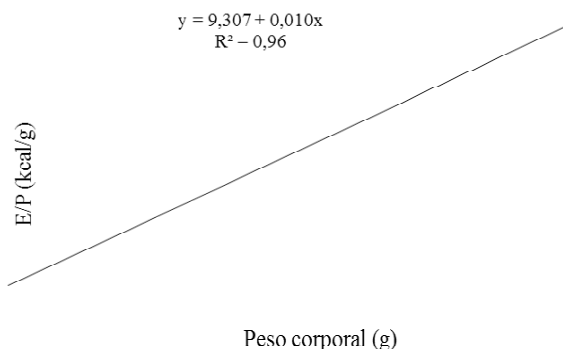


Figura 1 Relação energia: proteína (E/P), como kcal ED/g de PD em dietas para a tilápia-do-Nilo em função do peso corporal dos peixes (Adaptado de FURUYA et al, 2000; BOSCOLO et al. 2006; GONÇALVES et al., 2009; BOTARO et al., 2007; FURUYA et al., 2005; RIGHETTI et al., 2011).

Considerando os valores energéticos da proteína (5,65 kcal/g) e gordura (9,45 kcal/g) (HEPHER et al., 1983), o ganho diário de lipídios e os custos energéticos associados são altamente variáveis em função da idade ou peso dos peixes.

Proteína e aminoácidos

Os peixes, assim como animais terrestres, não possuem exigência verdadeira de proteína, mas de dieta equilibrada em aminoácidos (WILSON, 2002). As exigências dietéticas de proteína variam de acordo com o peso corporal e também forma de apresentação da proteína (Figura 2).

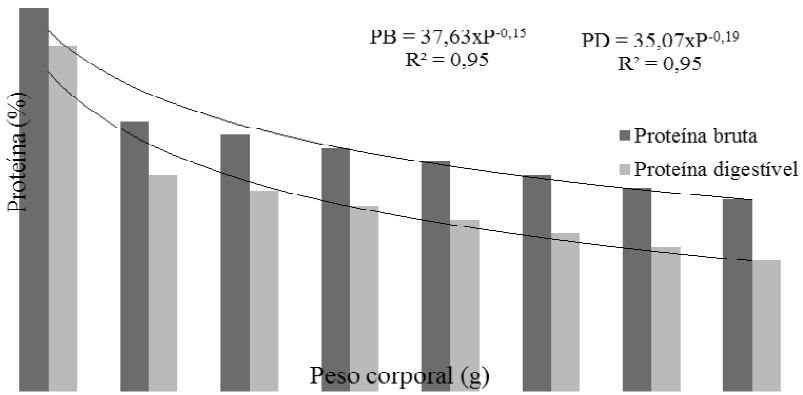


Figura 2 Exigências dietéticas de proteína bruta e proteína digestível (DP) da tilápia do Nilo em função do peso corporal (P). Adaptado de FURUYA (1996); FURUYA et al. (2000); FURUYA et al. (2005), HAYASHI et al. (2002); BOTARO et al. (2007); BOMFIM et al. (2008a) e GONÇALVES et al. (2009).

A possibilidade de reduzir o nível de proteína foi demonstrada em dietas para a carpa (VIOLA & LAHAV, 1991), a tilápia do Nilo (FURUYA et al., 2005; BOTARO et al., 2007) (Tabela 2) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (CHENG et al., 2003; GAYLORD & BARROWS, 2009).

Tabela 2 Redução da proteína em dietas para a tilápia do Nilo de acordo com a categoria de peso dos peixes e aminoácidos suplementados

| Categoria de peso (g) | Redução da proteína (%) | Aminoácido suplementado |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0,8-15 ¹ | 32 to 28 | L/M/T |
| 4,4-120 ² | 30 to 27,5 | L/M/T |
| 35-270 ³ | 27 to 24,3 | L/M/T |
| 106-493 ⁴ | 26,7 to 24,5 | L/M/T/A |

Adaptado BOMFIM et al. (2008a), FURUYA et al. (2005), BOTARO et al. (2007), RIGHETTI et al. (2011). *Aminoácido suplementado: L = L-lisina; M = DL-metionina; T = L-treonina e A = L-arginina

A redução do teor de proteína em dietas para peixes é importante para a formulação de dietas de baixo custo e baixo impacto ambiental, especialmente quando os peixes são criados intensivamente, em que a maior parte da exigência dos peixes é atendida pela energia e por nutrientes dos alimentos da dieta. Reduzir o teor de proteína em dietas

para tilápias é uma estratégia para aumentar a sustentabilidade pela menor entrada de nitrogênio sem prejuízos econômicos.

As exigências de proteína e aminoácidos de tilápias encontram-se nas tabelas descritas por FURUYA (2010) e NRC (1993; 2011). No Brasil, diversos experimentos já foram realizados para determinar as exigências de aminoácidos com os valores de aminoácidos digestíveis dos alimentos, principalmente para determinar as exigências de metionina, lisina e treonina.

Em dietas práticas, a exigência de 0,75% metionina (NRC, 1993) para a tilápia do Nilo é considerada elevada para ser suplementada via aminoácidos industriais, pois considerando que a relação metionina:cistina dos alimentos utilizados em dietas comerciais é próxima de 1:1, o valor de aminoácidos sulfurados fica próximo de 1,50%. Logo, há necessidade de elevada suplementação de metionina industrial, o que eleva o custo de produção. Por outro lado, as menores exigências de metionina estimadas para tilápias no Brasil têm viabilizado sua suplementação.

A exigência de metionina + cistina para a tilápia-do-Nilo foi determinada como de aproximadamente 60% da lisina da dieta, ou 0,9% na dieta (FURUYA et al., 2004c; BOMFIM et al., 2008b; QUADROS et al., e de 2009.). A suplementação de treonina está associada ao maior ganho de peso da tilápia do Nilo (BOMFIM et al., 2008c) e aumento no rendimento de filé (SILVA et al., 2006), especialmente em dietas formuladas à base de proteína do farelo de soja. Assim, a treonina é um aminoácido limitante no farelo de soja quando a produção de carne é considerada.

Outro aminoácido importante é a lisina, um dos aminoácidos mais limitantes em dietas para tilápias. Não está relacionada somente ao crescimento dos peixes, mas ao aumento da retenção de nitrogênio corporal (BOTARO et al., 2007). A exigência de lisina varia de 5,5-6% da proteína da dieta (FURUYA et al., 2004b; FURUYA et al., 2006; 2009; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010), dados superiores ao valor recomendado pelo NRC (1993) para tilápias (5,1% de proteína).

Poucas são as informações disponíveis sobre as exigências de triptofano, arginina, fenilalanina, leucina, isoleucina e valina para a tilápia do Nilo. Para esses aminoácidos, é comum o uso de padrão de aminoácidos corporal para estimar as exigências nutricionais de aminoácidos (Figura 2). A relação positiva entre o padrão de aminoácidos corporal e as exigências nutricionais determinadas em experimentos de dose-resposta foi observada por WILSON & POE (1991).

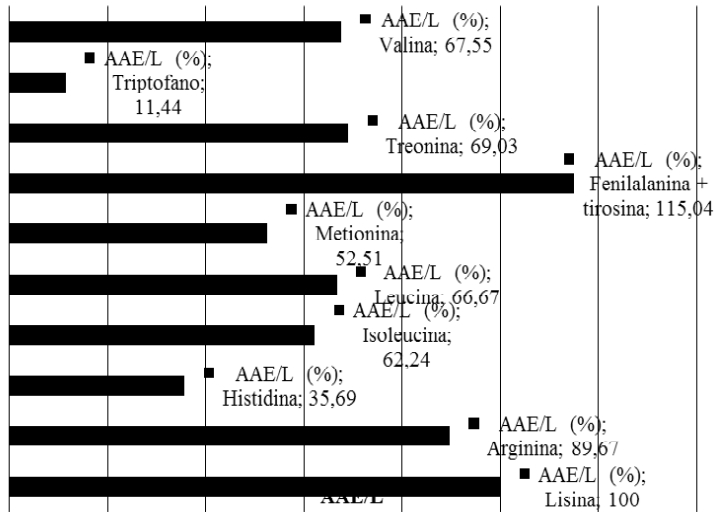


Figura 2 Relação aminoácido essencial em relação à lisina (AAE/L), incluindo cistina (L) corporal da tilápia do Nilo. (Adaptado de TEIXEIRA et al., 2008).

Arai (1981) usou o conteúdo de aminoácidos essenciais/ conteúdo aminoácidos totais (incluindo cistina e tirosina) x 1000 (A / E) corporal do salmão coho (*Oncorhynchus kisutch*) para balancear aminoácidos dietéticos. O autor constatou que peixes alimentados com dietas elaboradas com base na proteína da caseína e suplementadas com aminoácidos para simularem o padrão corporal de aminoácidos apresentaram melhor crescimento e eficiência alimentar. Ogata et al. (1983) utilizaram esta técnica para estimar as exigências de aminoácidos de salmão (*Oncorhynchus masou*) e FORSTER & OGATA et al. (1998) utilizaram este método para estimar as exigências de aminoácidos de linguado (*Paralichthys olivaceus*) de “red sea bream” (*Pagrus major*). Enquanto NGAMSAE et al. (1999) aplicaram a metodologia em dietas para a perda prateada (*Bidyanus bidyanus*).

Proteína ideal

O perfil de aminoácidos ideal refere-se ao conceito de proteína ideal. Emprega o conceito de que, enquanto a exigência absoluta de aminoácidos é alterada devido a fatores genéticos ou ambientais, as

relações entre os aminoácidos permanecem praticamente constantes. Este conceito tem sido amplamente utilizado em dietas para suínos e aves, e aplicado para apresentar as exigências de aminoácidos do bragre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) nos Estados Unidos (WILSON & POE, 1991) e inicialmente aplicado em dietas para tilápias no Brasil por FURUYA et al. (2004a).

A exigência de aminoácidos sulfurados é de aproximadamente 60% da lisina com base no conceito de proteína ideal, independente da idade ou peso dos peixes (Figura 3).

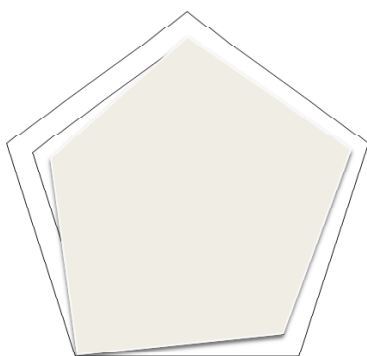


Figura 3 Exigência de metionina + cistina da tilápia do Nilo com base no conceito de proteína ideal (Adaptado de FURUYA et al., 2004c, BOMFIM et al., 2008b; QUADROS et al., 2009), os valores determinados através de dose-resposta de pesquisas; TEIXEIRA et al. (2008), com base na composição corporal de aminoácidos).

Como a avaliação econômica é importante em criações comerciais de tilápias, além dos dados de desempenho, as variáveis de custo em ração/kg de ganho e custo em ração/por kg de carne de filé foram introduzidas por SILVA et al. (2006) e BOTARO et al. (2007) em experimentos conduzidos com tilápia do Nilo.

Ao avaliarem níveis crescentes de treonina em dietas para tilápia do Nilo, SILVA et al. (2006) observaram que a resposta econômica do custo em ração/kg de ganho de peso foi obtida com dietas contendo 0,92% de treonina, mas o melhor retorno econômico para produção de filé foi obtido em dietas contendo 1,21% de treonina.

É importante a elaboração de dietas de forma a maximizar a eficiência de utilização da proteína dietética pelos peixes (VERSTEGEN & JONGBLOED, 2003) e obter a melhor resposta sobre o desempenho

produtivo economicamente viável, mas também para obter carne de boa qualidade para consumo humano e a sustentabilidade da criação intensiva de peixes.

No Brasil, os nutricionistas têm concentrado esforços para reduzir os teores de proteína das dietas com a elaboração mais precisa de rações, com base em valores de nutrientes digestíveis, pela suplementação de aminoácidos, adequação do manejo alimentar e tecnologias de processamento para aumentar a estabilidade dos grânulos em meio aquático e o valor nutritivo das dietas.

Minerais e vitaminas

Minerais e vitaminas são nutrientes essenciais para o funcionamento normal dos processos biológicos e a higidez do animal. Vários são os trabalhos realizados no Brasil sobre as exigências de vitaminas e minerais para tilápias (Tabela 3).

As tilápias podem absorver alguns minerais da água, como o cálcio, magnésio, ferro, sódio, potássio, cobre, zinco e selênio. No entanto, efetivamente, o fósforo é mais utilizado a partir dos alimentos. A troca de íons da água pelas brânquias e pele dos peixes dificulta a determinação das exigências de minerais (NRC, 1993). Há evidências de que os minerais disponíveis na água não sejam suficientes para atender às exigências de peixes sob sistema intensivo de confinamento, principalmente fósforo (MIRANDA et al., 2000; FURUYA et al., 2008a, b).

O fósforo é um nutriente essencial, vital para a formação dos ossos, transferência de energia na forma de ATP, e um componente essencial dos sistemas-tampão no sangue (LOVELL, 1988), também envolvido no controle do apetite, ganho de peso e eficiência alimentar (MC DOWELL, 1992). A deficiência desse mineral causa problemas de crescimento, anormalidades esqueléticas, piora na conversão alimentar, baixo teor de cinzas corporal e vértebras e retenção de gordura corporal (CÂMARA, 2008), deformidades ósseas, particularmente na região da cabeça (FURUYA et al., 2004a).

A disponibilidade de fósforo de ingredientes alimentares varia de acordo com as espécies de peixes, a composição da dieta e forma de fósforo. A exigência de fósforo varia de 0,46-0,75% (PEZZATO et al., 2006; FURUYA et al., 2008a, b; QUINTERO-PINTO, 2008).

Tabela 3 Exigências de minerais e vitaminas para a tilápia do Nilo (matéria natural)

| Mineral/vitamina | Unidade | Valor |
|---|---------|----------|
| Vitamina A ¹ | UI | 4.769,00 |
| Vitamina E ² | mg/kg | 50,00 |
| Vitamina B ₆ ³ | mg/kg | 5,00 |
| Ácido fólico ⁴ | mg/kg | 1,00 |
| Vitamina C ^{*5} | mg/kg | 600,00 |
| Colina ⁶ | mg/kg | 800,00 |
| Fósforo disponível (PC < 3.6 g) ⁷ | % | 0,75 |
| Fósforo disponível (PC = 3.6 e < 30 g) ⁸ | % | 0,65 |
| Fósforo disponível (PC = 30 e <146 g) ⁹ | % | 0,51 |
| Fósforo disponível s (PC = 146 g) ⁹ | % | 0,46 |
| Cobre ¹⁰ | mg/kg | 4,00 |
| Ferro ¹¹ | mg/kg | 60,00 |
| Selênio ¹² | mg/kg | 0,25 |
| Zinco ¹³ | mg/kg | 79,51 |

PC =Peso corporal

*Considerando desafios contra agentes estressores e/ou etiológicos.

^{1,2}BACCONI-CAMPECHE et al. (2009) e GUIMARÃES (2009); ²SAMPAIO (2003); ³TEIXEIRA (2009); ⁴BARROS et al., (2009); ⁵FALCON et al. (2007); ⁶FERNANDES-JUNIOR (2008); ⁷PEZZATO et al. (2006); ⁸FURUYA et al. (2008a,b) e QUINTERO-PINTO (2008); ⁹QUINTERO-PINTO (2008); ¹⁰FERRARI et al. (2004); ¹¹KLEEMANN (2002); ¹²SAMPAIO (2003); ¹³SÁ et al. (2004).

Além do fósforo, cobre, zinco e ferro são importantes em dietas para peixes. A elevada concentração de cobre na dieta induz a alterações hepáticas (FERRARI et al., 2004), enquanto a deficiência altera negativamente os parâmetros hematológicos e da atividade da fosfatase alcalina (SÁ et al., 2004). A deficiência nutricional de ferro altera os padrões de hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio e concentração de hemoglobina, indicando a ocorrência de anemia microcítica e hipocrômica. A exigência mínima de ferro para a tilápia do Nilo é 60,0 mg Fe/kg (KLEEMANN, 2002).

As vitaminas desempenham papel importante em várias reações metabólicas, que influenciam o crescimento e a saúde dos animais (MC DOWELL, 2000). A deficiência de vitamina A em dietas para juvenis de tilápia do Nilo resulta em letargia, natação errática, exoftalmia, erosão da base da nadadeira caudal e acúmulo de líquido seroso na

cavidade visceral (GUIMARÃES, 2009). A tilápia do Nilo requer 4.704 UI de vitamina A/kg de dieta para ganho de peso e 4.138 UI de vitamina A/kg de dieta para garantir a salubridade. A deficiência de vitamina A resulta em aumento das taxas de mortalidade neutropenia, redução do número de eritrócitos, percentual de hematócrito e hemoglobina (GUIMARÃES, 2009) exoftalmia e catarata (BACCONI-CAMPECHE et al., 2009).

Na piscicultura intensiva, os peixes estão constantemente expostos a situações de estresse, o qual, muitas vezes, determina modificações temporárias na homeostase e induz os peixes a alterar suas respostas fisiológicas, na tentativa de se adaptarem a novas situações (FALCON et al., 2007).

O uso de parâmetros hematológicos como indicadores de saúde tem sido adotado pelo binômio entre nutrição e saúde dos peixes (RANZANI-PAIVA & SILVA-SOUZA, 2004). O ácido ascórbico (vitamina C) é uma das vitaminas mais estudadas para a tilápia. Tilápias alimentadas com dietas contendo baixos níveis de ácido ascórbico apresentam baixas taxas de crescimento e sobrevivência (TOYAMA et al., 2000). O adequado de vitamina C melhora o sistema imunológico e é importante em situações de estresse por calor (FALCON et al., 2007).

A suplementação de colina (800 mg/kg) é necessária para melhor ação liotrópica (VIEIRA et al 2001;. Fernandes Júnior, 2008). O efeito direto da colina sobre o desempenho de tilápias é moderado, mas o efeito sobre a deposição de gordura corporal é visível (GRACIANO et al., 2010).

A vitamina E influencia o sistema imunológico e pode aumentar as defesas humoral e celular. A função mais importante desta vitamina é a ação antioxidante, a qual protege os lipídios dos tecidos do ataque dos radicais livres. Além disso, influencia a oxidação lipídica e composição, bem como protege os filés durante o armazenamento (OTANI, 2009).

Para atender às exigências de vitaminas e minerais em dietas práticas para tilápias, os suplementos vitamínicos e minerais têm sido desenvolvidos para reduzir as perdas durante o processo de extrusão e são comumente adicionados em dietas de tilápia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante o balanceamento dietético dos aminoácidos em rações formuladas com base em proteína de origem vegetal, para

maximizar a eficiência de utilização da proteína e promover o crescimento dos peixes com bom rendimento de filé.

Em estudos de nutrição de tilápias, além do ganho de peso e conversão alimentar, é importante tanto a avaliação da viabilidade econômica como dos aspectos quantitativos e qualitativos da carne.

É importante o desenvolvimento de modelos matemáticos para prever respostas dietéticas dos níveis de energia e nutrientes sobre o desempenho produtivo, reprodutivo e saúde dos peixes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAI, S. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisitch*, fry. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, v.47, p.547-550, 1981.

BACCONI-CAMPECHE, D.F.; CATHARINO, R.R.; GODOY, H.T.; CYRINO, J.E.P. Vitamin A in diets for Nile tilapia. Scientia Agricola, v.66, p.751-756, 2009.

BARROS, M.M.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; PEZZATO, L.E.; FALCON, D.R.; GUIMARÃES, I.G. Haematological response and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed diets containing folic acid. Aquaculture Research, v.40, p.895-903, 2009.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S.; RIBEIRO F.B.; TAKISHITA, S.S. Exigências de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.783-790, 2008b.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; RIBEIRO, F.B.; QUADROS, M. 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, p.1713-1720, 2008a

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F.B.; SOUZA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.1-8, 2010.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F.B.; ARAÚJO, W.A.G., Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.2077-2084, 2008c.

- BOSCOLO W.R., SIGNOR A., FEIDEN A., BOMBARDELL, R.A, SIGNOR A.A., REIDEL A. Energia Digestível para alevinos de de tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, p.629-633, 2006.
- BOTARO, D.; FURUYA W.M.; SILVA L.C.R.; SANTOS L.S.; SILVA, T.S.C.; SANTOS V.G. 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, p. 517-525, 2007.
- BRETT, J.R., Energy expenditure of sockeye salmon during sustained performance. Journal of the Fisheries Research Board Canada, v.30, p.1799-1809, 1973.
- BUREAU, D.; KAUSHIK, S.J., CHO, C.Y. Bioenergetics. In: In: HALVER J.E., HARDY R.W. (Eds.). Fish Nutrition. New York: Academic Press, p.1-59. 2002.
- CHAMBER, C.R. Exigência de fósforo para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na terminação. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil. 2008.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W.; USRY, J.L. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. Aquaculture, v.218, p.553-565, 2003.
- EL-SAYED A.M. Tilapia culture. CABI Publishing, Cambridge, USA. 2006.
- FALCON, D.R.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E. Physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed Fe vitamin C and lipid-supplemented diets and submitted to low-temperature stress. Journal of the World Aquaculture Society, v.38, p.287-295, 2007.
- FERNANDES JÚNIOR, A.C. Colina em rações para a tilápia do Nilo: desempenho produtivo e respostas hematológicas antes e após o estímulo a frio. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2008.
- FERRARI, J.E.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; GONÇALVES, G.S.; HISANO, H.; KLEEMANN, G.K. Níveis de cobre em dietas para tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Acta Scientiarum – Animal Sciences, v.26, p.429-436, 2004.
- FORSTER, I.P.; OGATA, H., Lysine requirement of juvenile japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture, v.161, p.131-142, 1998.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G.; SANTOS, V.G.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 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, p.1433-1441, 2005.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação. Ciência Rural, v.3, p. 1933-1937, 2004B.

FURUYA, W.M.; FUJII, K.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SILVA, L.C.R.; MICHELATTO M. Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-nilo (35 a 100 g). Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.961-966, 2008a.

FURUYA, W.M.; FUJII, K.M.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SALES, P.J.P. Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-do-Nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.1517-1522, 2008b.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; MURAKAMI, A.E.; RIBEIRO, R.P. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase inicial. Acta Scientiarum - Animal Sciences, v.18, p. 307-319, 1996.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M. Exigências de proteína para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, p.1912-1917, 2000.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; PEZZATO, A.C.; FURUYA, V.R.B.; MIRANDA, E.C. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture Research, v.3, p.1110-1116, 2004a.

FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; FURUYA, V.R.B. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, p.937-942, 2006.

FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R., BOTARO, D., SAKAGUTI, E.S., FURUYA, V.R.B. Exigência de metionina+cistina para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Ciência Rural, v.34, p.1933-1937, 2004c.

FURUYA, W.M. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: GFM, 100p. 2010.

GAYLORD, T.G.; BARROWS, F.T. Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds. Aquaculture, v. 287, p.180-184, 2009.

- GOLDSTEIN, L.; FORSTER, R.P. Nitrogen metabolism in fish. In: CAMPBELL J.W. Comparative biochemistry of nitrogen metabolism. New York: Academic Press, p. 495-515. 1970.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; SANTA ROSA M.J. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápia-do-nylo, formuladas com base no conceito de proteína ideal. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.2289-2298, 2009.
- GUIMARÃES, I.G. Vitamina A em dietas para tilápia do Nilo. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia /UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2009.
- HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M.; MEURER, F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a reversão sexual. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, p.823-828, 2002.
- HEPHER, B.; LIAO, I.C.; CHENG, S.H.; HSIEH, C.S. Food utilization by red tilapia - effects of diet composition, feeding level, and temperature on utilization efficiencies for maintenance and growth. Aquaculture, v.32, p.255-275, 1983.
- HUA, K.; BUREAU, D.P. Development of a model to estimate digestible lipid content of salmonid fish feeds. Aquaculture, v.286, p.271-276, 2009.
- KLEEMANN, G.K. Exigência nutricional de ferro da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia /UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2002.
- LOVELL, T. Nutrition and feeding of fish. 2nd ed. Norwell: Kluwer Academic Press: 1988. 267pp.
- LUPATSCH, I.; KISSIL, G.W.M.; SKLAN, D.; PFEFFER, E. Energy and protein requirements for maintenance and growth in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Aquaculture Nutrition, v.4, p.165-173, 1998.
- MARTIN, A.K.; BLAXTER, K.L. The energy cost of urea and uric acid synthesis in sheep. In: BLAXTER K.L. Energy metabolism. New York: Academic Press, p. 83-91. 1965.
- MCDOWELL, L.R. Minerals in Animal and Human Nutrition. San Diego: Academic Press. 1992. 524p.
- MEYER-BURGDORFF, K.H.; OSMAN, M.F.; GUNTHER, K.D. Energy metabolism in *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, v.79, p.283-291, 1989.

MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; GRANER, C.F.; ROSA, G.J.; QUINTERO-PINTO, L.G.Q. Relação cálcio/fósforo disponível em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, p.2162-2171, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 114pp.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C.: National Academy Press, 2011. 376p.

NGAMRNAE, P.; DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M. Arginine and phenylalanine requirement of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* and validation of the use of body amino acid composition for estimating individual amino acid requirements. Aquaculture, v.5, p.173-180, 1999.

OGATA, H.; ARAI, S.; NOSE, T. Growth response of cherry salmon *Oncorhynchus masou* and amago salmon *O. rhodurus* fry fed purified casein supplemented with amino acids. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, p.49, p.903-908, 1983.

OTANI, F.S. Influência da adição in vivo de vitamina E e de métodos de abate nos atributos de qualidade de filés de tilápia. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Aquicultura/CAUNESP/UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. 2009.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; ROSA, M.J.S.; GUIMARÃES, I.G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. Ciência Rural, v.36, p.1600-1606, 2006.

QUADROS, M.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; ABREU M.L.T.; RIBEIRO F.B.; TAKISHITA S.S. Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, .1400-1406, 2009.

QUINTERO-PINTO, L.G. Exigências dietárias e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia – UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, Brasil. 2008.

RANZANI-PAIVA, M.J.; SILVA-SOUZA, A.T. Hematologia de peixes brasileiros. In: TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA. M.A.P. Sanidade de Organismos Aquáticos. São Paulo: Varela, p. 90-120. 2004.

RIGHETTI, J.S. Redução da proteína em dietas para a tilápia-do-Nio pela suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, p.469-476, 2011.

SÁ, M.V.C.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; PADILHA P.M. Optimum zinc supplementation level in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles diets. *Aquaculture*, v.238, p.385-401, 2004.

SAKAGUTI, T.G.; GONÇALVES, G.S.; NATALI, M.R.M.; VIDAL, L.V.O.; RIGHETTI, J.S.; MICHELATO, M.; FURUYA, W.M. Desempenho e morfologia hepática de juvenis de tilápia do nilo alimentados com dietas suplementadas com metionina e colina. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p. 737-743, 2010.

SAMPAIO, F.G. Selênio e vitamina E em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de Mestrado. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2003.

SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA, T.S.C.; SALES, P.J.P. Níveis de treonina em rações para tilápias do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.1258-1264, 2006.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; BOMFIM, M.A.D.; QUADROS, M.; SOUZA, M.P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v38, p.2099-2105, 2009.

TEIXEIRA, C.P. Suplementação de vitamina B₆ em dietas práticas e purificadas no desempenho produtivo e resposta hemática da tilápia do Nilo submetida a estímulo térmico. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, Botucatu, SP, Brasil. 2009.

TEIXEIRA, E.A.; CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; EULER, A.C.C. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis* sp.). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.9, p.239-246, 2008.

TOYAMA, G.N.; CORRENTE, J.E.; CYRINO, J.E.P. Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. *Scientia Agricola*, v.66, p. 221-228. 2000.

VERSTEGEN, M.W.A.; JONGBLOED, A.W. Crystalline amino acids and nitrogen emission. In: D´MELLO, J.P.F. Amino acids in animal nutrition. Edinburgh: CABI, p.449-48, 2003.

VIEIRA, I.; CYRINO, J.E.P.; PEZZATO, L.E. Utilização de colina e betaína na nutrição da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Scientia Agricola*, v.58, p.675-680, 2001.

VIOLA, S.; LAHAV, E. Effects of lysine supplementation in practical carp feeds on total protein sparing and reduction of pollution. *The Israeli*

Journal of Aquaculture, v.43, p.112-1128, 1991.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER J.E., HARDY R.W. (Eds.), Fish Nutrition. New York: Academic Press, p.143-179. 2002.

WILSON, R.P.; POE, W.E. The 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, p.373-376, 1991.