Suplementação de metionina sintética em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual

Robie Allan Bombardelli^{1*}, Wilson Rogério Boscolo¹, Bruno Olivetti de Mattos², Eduardo Antônio Sanches², Mirna Adriane Syperreck², Aldi Feiden¹ e Marcelo Rodrigues Reis²

¹Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Rua da Faculdade, 645, 85.903-000, Jardim La Salle, Toledo, Paraná, Brasil. ²Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR), Campus de Toledo, Toledo, Paraná, Brasil. *Autor correspondente: rabombardelli@unioeste.br

RESUMO. O trabalho teve objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis dietéticos de metionina na nutrição da tilápia do Nilo, durante a fase de reversão sexual. Foi considerada como uma unidade experimental um aquário de 35 litros, contendo 15 larvas. Os tratamentos foram constituídos pela alimentação das larvas com dietas contendo 0,56%, 0,65%, 0,75%, 0,85%, 0,95% de metionina total. Os animais foram alimentados *ad libitum*. No final do experimento, foram avaliados os parâmetros de peso e comprimento médio, ganho de peso diário, fator de condição, sobrevivência e as características bromatológicas da carcaça dos animais de umidade, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo. Os dados foram submetidos à análise de variância ($\alpha=0,05$). Ao final do experimento, não foi observada diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos. Conclui-se que em rações para tilápia do Nilo, na fase estudada, a suplementação de metionina sintética não influenciou no desempenho nem na composição corporal dos animais.

Palavras-chave: metionina, aminoácidos, nutrição, tilápia do Nilo, reversão sexual.

ABSTRACT. Synthetic methionine meal supplement in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) during sex reversal phase. The present work aimed to evaluate the effect of methionine dietary levels on performance and chemical composition from Nile tilapia, during sex reversal phase. A 35 liter-aquarium with 15 animals was considered as an experimental unit. The treatments had been constituted by larvae feeding with diets containing 0.56; 0.65; 0.75; 0.85; 0.95% of total methionine. The animals were fed on *ad libitum* regimen. In the end of the experimental period, the performance parameters of length and weight, daily weigh gain, factor condition and survival were evaluated. The carcass chemical characteristics from animals as moisture, mineral matter, crude protein and ether extract were also evaluated. The data were submitted to the variance analysis ($\alpha=0,05$). No difference ($P>0.05$) among treatments was observed. Results show that in rations for Nile tilapia, in this phase, the use of synthetic methionine affected neither the performance nor chemical composition of the animals.

Key words: methionine, aminoacids, nutrition, Nile tilapia, sex reversal.

Introdução

Consideradas como um dos grupos de peixes de água doce com maior potencial para a piscicultura mundial, as tilápias (Stickney, 2000) são o segundo grupo de peixes de água doce mais cultivado em todo o mundo, ficando atrás apenas das carpas (Alceste e Jorry, 1998). No Brasil, acredita-se que metade da produção anual dos peixes cultivados seja proveniente da tilapicultura (Lovshin e Cyrino, 1998).

Dentre as mais de 22 espécies de tilápias cultivadas, atualmente, no mundo (El-Sayed, 1999), as espécies do gênero *Oreochromis*, em especial a *O. niloticus*, tem sido considerada a mais importante para as condições de cultivo. Isto se deve, principalmente, às características de rápido crescimento, adaptabilidade às diversas condições de cultivo e alta aceitação pelo mercado consumidor (Meurer *et al.*, 2000; Meurer, 2002).

Outra característica determinante na consolidação dos cultivos dessa espécie é o fato de

aceitar e desenvolver-se bem no período larval, a partir da completa alimentação com ração artificial (Santiago *et al.*, 1987; Meurer *et al.*, 2002). Assim, a formulação de dietas completas, que atendam às exigências nutricionais desses peixes, é de fundamental importância. Neste sentido, o adequado uso de nutrientes como as proteínas e aminoácidos em dietas de peixes são de grande importância, uma vez que a maioria das espécies apresentam elevadas exigências nutricionais (Bombardelli *et al.*, 2004), além de que alimentos protéicos representam o maior custo na composição das rações (Pillay, 1990).

Schwarz *et al.* (1998) sugerem que as dietas devem ser formuladas de modo a buscar a maximização das taxas de retenção de nitrogênio e redução da excreção de resíduos nitrogenados, de modo a alcançar maiores índices de crescimento. Esse fato não está limitado apenas às exigências e ingestão de proteínas, mas também ao balanço de aminoácidos existente na dieta (Carter *et al.*, 1998). Isto porque o desbalanço nutricional de tais nutrientes pode resultar em efeito antagônico ou tóxico (Lovell, 1998). Ainda tal desbalanço pode levar ao acúmulo ou redução de certos aminoácidos, sejam estes essenciais ou não, os quais podem limitar a assimilação de outros ou até mesmo levar à redução da síntese protéica ou outras atividades metabólicas (NRC, 1993). Neste sentido, Stickney (1997) corrobora essa última afirmação quando sugere que aminoácidos corretamente suplementados pela dieta podem ser estimulantes para o anabolismo protéico.

As rações utilizadas para a tilápia do Nilo, na fase inicial de criação, caracterizam-se por apresentar altos teores de proteína, e os alimentos protéicos são geralmente, em sua maioria, de origem animal. Essas fontes protéicas normalmente suprem as exigências de aminoácidos, exceto quando substituídas por fontes vegetais como o farelo de soja (Stickney, 1997). Assim, as fontes protéicas vegetais, apesar de mais baratas, apresentam balanço aminoacídico inadequado aos peixes (El-Dahhar e El-Shazly, 1993).

Os peixes requerem os mesmos 10 aminoácidos essenciais que os mamíferos e as deficiências geralmente estão relacionadas à redução do ganho de peso ou em algumas espécies de peixes a certas patologias, como cataratas em trutas (Wilson, 1989). Dentre outros, a metionina é um aminoácido essencial e um dos mais limitantes aos peixes (Lovell, 1998). Para a tilápia do Nilo, entre os diversos aspectos metabólicos e fisiológicos, a deficiência dietética de metionina implica na

suplementação de colina (Kasper *et al.*, 2000), uma vez que esse aminoácido é seu precursor metabólico. No metabolismo protéico, a metionina desempenha função importante, uma vez que é convertida em cistina para a incorporação nas proteínas durante a síntese, e a forma S-adenosil-metionina é o principal doador de grupos metil no corpo (Ahmed *et al.*, 2003). Segundo o NRC (1993), sua exigência para juvenis de tilápia do Nilo é de 0,75% (na presença de 0,15% de cistina). No entanto, em rações formuladas com ingredientes convencionais, nas quais as fontes protéicas são de origem vegetal, para se obter esse teor, é necessária a inclusão de altos níveis desse aminoácido na forma sintética, fato esse que pode levar ao aumento do custo das rações.

O objetivo do presente experimento foi avaliar o efeito da suplementação dietética de níveis crescentes de metionina durante a fase inicial de criação, sobre o desempenho e composição bromatológica da carcaça da tilápia do Nilo.

Material e métodos

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Toledo. O período experimental teve duração de 30 dias. Foram utilizadas 375 larvas de tilápia do Nilo, apresentando idade correspondente a quatro dias após a eclosão, as quais foram alojadas em 25 aquários com volume útil de 35 L. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e cinco repetições cada. Foi considerada como uma unidade experimental um aquário de 35 L, contendo 15 larvas e aeração artificial por pedra microporosa. Os tratamentos foram constituídos pela alimentação das larvas com dietas contendo 0,56%; 0,65%; 0,75%; 0,85%; 0,95% de metionina total.

As dietas foram formuladas de modo a atender às exigências nutricionais da espécie (Tabela 1) com 38,6% e 3.800 kcal.kg de ração⁻¹ de proteína e energia digestível, respectivamente, de acordo Hayashi *et al.* (2002). Para a elaboração das rações, os ingredientes foram triturados em moinho de facas, em peneira com abertura de 0,50 mm (Hayashi *et al.*, 1999). O aminoácido sintético, DL-metionina foi utilizado para suplementar os respectivos níveis de metionina apresentados nos diferentes tratamentos. Ao final da confecção das rações experimentais, foi feita a inclusão do andrógeno 17- α -metil-testosterona na quantidade de 60 mg.kg de ração⁻¹ (Popma e Green, 1990).

Os animais foram alimentados com as rações na forma farelada, conforme Meurer *et al.* (2003a). Para

o fornecimento das rações, utilizou-se um regime de alimentação *ad libitum* com frequência de arraçoamento de cinco vezes ao dia (Sanches e Hayashi, 2001) em horários pré-determinados, (8h, 10h30min., 13h30min., 15h30min. e 17h30min.).

As unidades experimentais foram sifonadas diariamente, pela manhã (7h) e pela tarde (16h), para a retirada das fezes e sobras de ração não-ingeridas, de forma a realizar uma renovação de 10% do volume total do aquário nos primeiros dez dias, 20% até o vigésimo dia e 30% até final do período experimental. Parâmetros físico-químicos da água, como a temperatura foram mensurados diariamente, pela manhã e pela tarde, antes das sifonagens. Outros parâmetros como o pH, o oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica da água foram quantificados semanalmente pela manhã, sempre antes da sifonagem.

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais utilizadas para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a fase de reversão sexual

Ingredientes	Níveis de metionina total na ração (%)				
	0,56	0,65	0,75	0,85	0,95
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,20
Calcário calcítico	2,109	2,098	2,085	2,072	2,060
DL-metionina (99%)	0,00	0,092	0,193	0,295	0,396
Fosfato bicálcico	3,029	3,018	3,006	2,995	2,983
Farelo de soja ¹	26,467	26,052	25,596	25,140	24,684
Farinha de vísceras de aves ²	53,760	54,103	54,480	54,857	55,234
Óleo de soja ¹	12,115	12,117	12,119	12,122	12,124
Supl. (min. + vit.) ³	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100	100	100	100	100
Nutrientes ⁴	0,56	0,65	0,75	0,85	0,95
Proteína Digestível (%)	38,60	38,60	38,60	38,60	38,60
Energia Digestível (kcal.kg ⁻¹)	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800
Fósforo Total (%)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Cálcio (%)	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Gordura (%)	23,49	23,55	23,63	23,70	23,78
Linoléico (%)	8,56	8,57	8,58	8,59	8,60
Lisina (%)	2,05	2,04	2,04	2,04	2,07
Metionina + Cistina (%)	2,32	2,41	2,52	2,62	2,73
Metionina (%)	0,56	0,65	0,75	0,85	0,95

¹De acordo com os dados de digestibilidade apresentados por Boscolo *et al.* (2002). ²De acordo com os dados de digestibilidade apresentados por Meurer *et al.* (2003b). ³Níveis de garantia por quilograma do produto (Supre Mais): Vit. A, 1.200.000UI; Vit. D₃, 200.000UI; Vit. E, 12.000 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit. B₂, 4.800 mg; Vit. B₆, 4.000 mg; Vit. B₁₂, 4.800 mg; Ác. Fólico, 1.200 mg; Pantotenato Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; Biotina, 48 mg; Colina, 65.000 mg; Niacina, 24.000 mg; Ferro, 10.000 mg; Cobre, 6.000 mg; Manganês, 4.000 mg; Zinco, 6.000 mg; Iodo, 20 mg; Cobalto, 2 mg; Selênio, 20 mg. ⁴Valores calculados.

Ao final do período experimental, os animais foram insensibilizados e sacrificados por choque térmico a aproximadamente 2°C, a partir de imersão em água contendo gelo. Em seguida, os animais foram avaliados quanto ao peso (mg) e ao comprimento (cm) final médio, ao ganho de peso diário (mg.dia⁻¹), ao fator de condição e à sobrevivência (%).

Em seguida, os animais foram avaliados quanto às características bromatológicas de composição corporal, sendo os parâmetros avaliados os teores de

umidade (%), de cinzas (%), de proteína bruta (%) e de extrato etéreo (%), segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Desses parâmetros, apenas o extrato etéreo foi obtido a partir de uma única amostra composta por tratamento, proveniente das respectivas repetições.

Os dados dos parâmetros físico-químicos da água, de desempenho zootécnico e das características bromatológicas da carcaça foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade. Em caso de evidência de diferença significativa, foi aplicada a análise de regressão a 5% de probabilidade. O *software* utilizando nas análises estatísticas foi o SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997).

Resultados e discussão

Os valores dos parâmetros físico-químicos da água das unidades experimentais, como oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e temperatura, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), contudo seus valores médios foram de $5,62 \pm 1,03$ mg.L⁻¹; $7,63 \pm 0,26$; $102 \pm 0,05$ mS.cm⁻¹ e $25,0 \pm 1,52$ °C, respectivamente. Esses parâmetros permaneceram dentro dos valores considerados adequados para a aqüicultura (Boyd, 1990; Sipaúba-Tavares, 1995) e para o bom desempenho da tilápia do Nilo (Popma e Phelps, 1998).

Os resultados de desempenho zootécnico da tilápia do Nilo, durante a fase de reversão sexual, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados de desempenho zootécnico da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a dietas contendo diferentes níveis de metionina, durante a fase de reversão sexual

Variáveis	Níveis de metionina total (%)					C.V.(%)
	0,56	0,65	0,75	0,85	0,95	
Peso inicial médio (mg)	9,30	9,30	9,30	9,30	9,30	
Comprimento inicial médio (cm)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
Peso final médio (mg)	890	850	910	900	1.010	12,70 ^{ns}
Comprimento final médio (cm)	3,38	3,38	3,45	3,41	3,48	4,857 ^{ns}
Ganho de peso diário (mg.dia ⁻¹)	29,36	28,02	30,02	29,69	33,36	11,52 ^{ns}
Fator de condição	0,023	0,022	0,022	0,021	0,024	13,91 ^{ns}
Sobrevivência (%)	100	98,67	98,67	97,33	98,67	2,87 ^{ns}

^{ns}= diferenças não significativas ($p > 0,05$).

Não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos para nenhuma das variáveis avaliadas. Isto sugere que a suplementação dos diferentes níveis de metionina não afetaram o desempenho da tilápia do Nilo durante a fase de reversão sexual. Resultados semelhantes foram obtidos por Li e Robinson (1998) ao suplementarem os aminoácidos sintéticos lisina, metionina e suas combinações em rações deficientes em proteína para bagre do canal (*Ictalurus punctatus*). Boscolo (2003),

avaliando a farinha de resíduos do processamento de tilápias na nutrição de alevinos dessa espécie, verificou resultados semelhantes ao presente experimento e sugeriu que as rações para essa fase de criação devem apresentar ao menos 0,51% de metionina total. Por outro lado, NRC (1993) recomenda o nível mínimo de metionina nas rações para alevinos de tilápia do Nilo de 0,75%, desde que na presença de 0,15% de cistina.

Considerando a inexistência de efeitos entre os tratamentos e o elevado peso final dos animais (Tabela 2), que foi superior ao esperado para condições normais de cultivo sugeridas por Popma e Green (1990) e Kubitzka (2000) (300 mg a 500 mg, respectivamente), que não houve efeito deletério dos tratamentos sobre o desempenho dos animais. Esses resultados podem ser explicados devido ao fato das rações terem sido confeccionadas com a sua principal fonte de proteína, a farinha de vísceras de aves (Tabela 1) e o farelo de soja, visto que, segundo Furuya (2000), em rações para a tilápia do Nilo na fase de crescimento, na qual a principal fonte de proteína é o farelo de soja, a suplementação de metionina se torna indispensável.

Apesar da necessidade de suplementação dietética de aminoácidos para tais tipos de rações, Stickney (1997) sugeriu que esse procedimento não proporciona efeito significativo quanto às taxas de crescimento e retenção de proteínas, ao menos quando aminoácidos sintéticos na forma cristalizada são empregados. Viola *et al.* (1994) também sugerem que a tilápia é uma das espécies que não utiliza de forma tão eficiente os aminoácidos sintéticos quanto as proteínas dietéticas intactas.

Os resultados verificados no presente experimento também mostram essa inconsistência dos efeitos dos tratamentos. Esse fato pode estar associado às perdas do aminoácido sintético utilizado, a DL-metionina, por lixiviação ou sua dissolução na água, uma vez que a ração foi fornecida na forma farelada. Essa hipótese, apesar de não ter sido objeto de estudo neste experimento, pode ser corroborada por Alam *et al.* (2001), os quais estudaram que o uso de metionina sintética na forma cristalina e protegida com carboximetil celulose e k-carragenano em rações para juvenis de *Paralichthys olivaceus*, a fim de se evitar perdas por lixiviação.

Por outro lado, outros autores verificaram que a inclusão de metionina sintética em rações de peixes têm mostrado efeito positivo em espécies como a tilápia do Nilo na fase de crescimento (Furuya, 2000) e alevinagem (Boscolo *et al.*, 2001), a truta arco-íris (Médale *et al.*, 1998) e o salmão

(Storebakken *et al.*, 2000). Isto porque provavelmente as rações utilizadas foram processadas na forma peletizada, o que reduz a perda de nutrientes por lixiviação (Meurer, 2002).

Uma segunda hipótese que poderia justificar a inconsistência dos resultados do presente experimento é que a ineficiência quanto à utilização de aminoácidos sintéticos livres, presentes na dieta, pode ser atribuída a sua rápida absorção em relação aos aminoácidos provenientes das proteínas digeridas (Segovia-Quintero e Reigh, 2004). Esse fato pode conseqüentemente levar à maior taxa de catabolismo desses aminoácidos (Baldisserotto, 2002), sendo estes direcionados preferencialmente para o metabolismo energético do que para a síntese de proteínas (Li e Robinson, 1998), reduzindo assim a eficiência de sua utilização.

Os resultados de características bromatológicas da carcaça dos animais estão apresentados na Tabela 3. Não foi verificado efeito dos tratamentos ($p > 0,05$) para nenhuma das variáveis avaliadas. Isto sugere que a suplementação de metionina sintética, na forma utilizada, não alterou a composição bromatológica corporal da tilápia do Nilo.

A ausência de diferença estatística quanto à qualidade bromatológica corporal dos animais, semelhantemente às variáveis de desempenho zootécnico, possivelmente pode ser explicada pelo fato da inadequada utilização desse aminoácido pelos animais ou pela perda por lixiviação.

Os resultados de Li e Robinson (1998) vêm corroborar com essa última hipótese, visto que estes autores, ao suplementarem os aminoácidos sintéticos lisina, metionina e suas combinações em rações contendo reduzidos conteúdos protéico para bagre do canal, não verificaram efeito dos tratamentos sobre as variáveis de desempenho zootécnico nem para as de características bromatológicas da carne.

Tabela 3. Características bromatológicas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a dietas contendo diferentes níveis de metionina total, durante a fase de reversão sexual

Variáveis	Níveis de metionina total (%)					C.V.(%)
	0,56	0,65	0,75	0,85	0,95	
Umidade (%)	78,14	77,92	76,09	77,04	77,47	8,59 ^{ns}
Matéria mineral (%) ¹	13,45	8,92	11,05	10,63	11,05	34,66 ^{ns}
Proteína bruta (%) ¹	56,88	56,58	56,66	45,99	55,82	5,53 ^{ns}
Extrato etéreo (%) ¹	22,48	22,47	24,00	23,90	23,96	

¹Dados obtidos com base na matéria seca. ^{ns}=diferenças não significativas ($p > 0,05$).

Contrariamente aos resultados do presente experimento, Schwarz *et al.* (1998) suplementaram diferentes níveis de DL – metionina para *Ciprinus carpio* – e verificaram conjuntamente efeito dos tratamentos sobre o desempenho zootécnico e as características bromatológicas corporais. Estes

autores verificaram que a suplementação de DL – metionina – aumentou significativamente o conteúdo de proteínas em todas as partes do corpo, especialmente na musculatura do filé e, o conteúdo de gordura variou de forma inversamente proporcional com a suplementação desse aminoácido. Efeito semelhante foi verificado por Ahmed *et al.* (2003) quando testaram o mesmo aminoácido para a carpa indiana (*Cirrhinus mrigala*).

Apesar da inconsistência dos resultados do presente experimento, não é possível afirmar que a metionina não tenha sido limitante para os animais cultivados nesta fase de crescimento. Entretanto, pode-se sugerir que o uso de aminoácidos sintéticos na forma cristalina e não protegidos não se mostrou eficiente para a suplementação dietética em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. Isto provavelmente devido à inadequada utilização deste pelos animais, seja ela pelas perdas por lixiviação, dissolução ou taxa diferenciadas de absorção.

Novos estudos devem ser desenvolvidos nessa área a fim de se desenvolver protocolos específicos que permitam proteger e usar os aminoácidos sintéticos na nutrição de peixes, garantindo, assim, a sua adequada utilização pelos animais.

Conclusão

Para a tilápia do Nilo, na fase inicial de criação, a suplementação dietética do aminoácido sintético DL – metionina – na forma cristalizada e não protegida não influencia no desempenho e composição corporal dos animais alimentados com rações contendo níveis acima de 0,56% de metionina total.

Referências

- AHMED, I. *et al.* Dietary methionine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton), *Aquac. Int.*, London, v. 11, p. 449–462, 2003.
- ALAM, M.S. *et al.* Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by oxidation of radioactive methionine. *Aquac. Nutr.*, Oxford, v. 7, p. 201–209, 2001.
- ALCESTE, C.; JORRY, D. Análisis de las tendencias actuales en comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Union Europea. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. *Anais...* Recife: SIMBRAQ, 1998. p. 349.
- BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Santa Maria: Editora UFSM, 2002.
- BOMBARDELLI, R.A. *et al.* Metabolismo protéico em peixes. *Arq. Cienc. Vet. Zool.*, Umuarama, v. 7, n. 1, p. 69–79, 2004.
- BOSCOLO, W.R. *Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus L.)*. 2003. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.
- BOSCOLO, W.R. *et al.* Digestibilidade aparente da energia e proteína bruta de alguns alimentos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.
- BOSCOLO, W.R. *et al.* Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1397-1402, 2001.
- BOYD, C. *Water quality in ponds for aquaculture*. London: Birmingham Publishing Co., 1990.
- CARTER, C.G. *et al.* Protein synthesis, nitrogen excretion and long-term growth of juvenile *Pleuronectes flesus*. *J. Fish Biol.*, London, v. 53, p. 272–284, 1998.
- EL-DAHAR, A.A.; EL-SHAZLY, K. Effect of essential amino acids (methionine and lysine) and treated oil in fish diet on growth performance and feed utilization of Nile tilapia, *Tilapia nilotica* (L.). *Aquacult. Fish. Manag.*, Oxford, v. 24, n. 6, p. 731-739, 1993.
- EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 179, p. 149-168, 1999.
- FURUYA, W.M. *Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína do farelo de soja com base no conceito de proteína ideal em rações para a tilápia Nilo (Oreochromis niloticus L.)*. 2000. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- HAYASHI, C. *et al.* Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 21, n. 3, p. 733-737, 1999.
- HAYASHI, C. *et al.* Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo no período de reversão sexual. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 823-828, 2002.
- KASPER, C.S. *et al.* Coline is required by tilapia when methionine is not in excess. *J. Nutr.*, Philadelphia, v. 130, p. 238-242, 2000.
- KUBITZA, F. *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiá: Divisão de biblioteca e documentação, 2000.
- LI, M.H.; ROBINSON, E.H. Effects of supplemental lysine and methionine in low protein diets on weight gain and body composition of young channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 163, p. 297–307, 1998.
- LOVELL, T. *Nutrition and feeding of fish*. New York: Van Nostrand and Reinhold, 1998.
- LOVSHIN, L.L.; CYRINO, J.E.P. Status of commercial fresh water fish culture in Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 2., 1998, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: CBNA, 1998, p. 1.
- MÉDALE, F. *et al.* Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

- fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. *Aquat. Living Resour.*, London, v. 4, p. 239-246, 1998.
- MEURER, F. *Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus L.), e efeito do processamento da ração durante a reversão sexual*. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- MEURER, F. et al. Utilização de levedura *spray dried* na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Acta Sci.*, Maringá, v. 22, n. 2, p. 479-484, 2000.
- MEURER, F. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 566-573, 2002.
- MEURER, F. et al. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003a.
- MEURER, F. et al. Influência do Processamento da Ração no Desempenho e Sobrevivência da Tilápia do Nilo, Durante a Reversão Sexual. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 262-267, 2003b.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirement of Fish*. Washington: National Academy Press, 1993.
- PILLAY, T.V.R. *Aquaculture – Principles and Practices*. London: Blackwell Scientific Publications, 1990.
- POPMA, T.J.; GREEN, B.W. Aquacultural production manual: sex reversal of tilapia in earthen ponds. *Res. Dev. Ser.*, Alabama, v. 35, p. 1-15, 1990.
- POPMA, T.J.; PHELPS, R.P. Status report to commercial tilapia producers on monosex fingerling productions techniques. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. *Anais...* Florianópolis: SIMBRAq, 1998, p. 127.
- SANCHES, L.E.F.; HAYASHI, C. Effect of feeding frequency on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fries performance during sex reversal in hapas. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 4, p. 871-876, 2001.
- SANTIAGO, C.B. et al. Influence of feeding rate and diet from on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 64, p. 277-282, 1987.
- SCWARZ, F.J. et al. Studies on the methionine requirement of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 161, p. 121-129, 1998.
- SEGOVIA-QUINTERO, M.A.; REIGH, R.C. Coating crystalline methionine with tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, Amsterdam, Article in press, 2004.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de Alimentos (Métodos químicos e biológicos)*. Viçosa: Editora UFV, 2002.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.S. *Limnologia Aplicada à Aquicultura*. Jaboticabal: Finep, 1995.
- STICKNEY, R.R. Status of research on tilapia. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. *Tilapia Aquaculture in the Americas - volume two*. Baton Rouge: *World Aquacult. Soc.*, 2000. cap. 2, p. 21-33.
- STICKNEY, R.R. Tilapia nutrition, feeds and feeding. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Ed.). *Tilapia Aquaculture in the Americas - volume one*. Louisiana: *World Aquacult. Soc.*, 1997. cap. 3, p. 34-54.
- STOREBAKKEN, T. et al. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo Salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. *Aquac. Nutr.*, Oxford, v. 6, p. 103-108, 2000.
- UFV-Universidade Federal de Viçosa. *SAEG Sistema para análises estatísticas e genéticas. (Manual do usuário). Versão 7.1*. Viçosa: Editora UFV, 1997.
- VIOLA, S. et al. Present limits of protein sparing by amino acid supplementation of practical carp and tilapia feeds. *J. Aquac.-Bamidgeh*, Haifa, v. 46, p. 203-211, 1994.
- WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E. (Ed.). *Fish Nutrition*. New York: Academic Press, Inc, 1989. cap. 4, p. 112-153.

Received on September 21, 2004.

Accepted on October 05, 2005.