



## Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nilo: desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos

Lilian Dena dos Santos<sup>1</sup>, Wilson Massamitu Furuya<sup>2</sup>, Makoto Matsushita<sup>3</sup>, Lilian Carolina Rosa da Silva<sup>4</sup>, Tarcila Souza de Castro Silva<sup>5</sup>, Daniele Botaro<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Bolsista da CAPES; Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Av. Colombo, 5790, Maringá - PR.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia-UEM, Maringá - PR.

<sup>3</sup> Departamento de Química-UEM, Maringá - PR.

<sup>4</sup> Doutoranda - Programa de Pós-graduação em Zootecnia - PPZ/UEM. Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Mestranda - Programa de Pós-graduação em Zootecnia - PPZ/UEM.

<sup>6</sup> Doutoranda em Biofísica Ambiental, IBCCF - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar a influência da adição de CLA na dieta sobre o desempenho produtivo, a composição química e o perfil de ácidos graxos de tilápia-do-nilo. Foram utilizados 80 peixes revertidos, com  $109 \pm 10$  g, distribuídos em oito tanques ( $0,8 \text{ m}^3$  cada), em densidade de 10 peixes/tanque, durante 90 dias. Avaliou-se a inclusão na dieta de 2% de CLA (Luta-CLA<sup>®</sup>-BASF, Brasil) com 60% dos isômeros (*cis*-9,*trans*-11 e *trans*-10,*cis*-12) e 40% do veículo (ácido oléico e outros ácidos graxos). Como dieta utilizou-se ração comercial extrusada, com 29% PB e 3.000 kcal ED/kg de ração. Ao final do experimento, todos os peixes foram utilizados para avaliação do desempenho, da composição química e do perfil de ácidos graxos no fígado e nos filés. A taxa de eficiência protéica, o rendimento de carcaça, o índice hepatossomático e a gordura visceral não diferiram com a adição de CLA a dieta. A adição de CLA a dieta promoveu melhora no ganho de peso, aumento no consumo e melhora na conversão alimentar. Os peixes alimentados com dietas com adição de CLA apresentaram aumento na composição de ácidos graxos saturados e redução dos ácidos graxos n-6 nos filés. Houve também aumento na composição de ácidos graxos n-3 e de ácidos graxos poliinsaturados totais no fígado. Houve aumento da proteína nos filés de tilápias alimentadas com dietas enriquecidas com CLA. O uso do CLA melhora variáveis de desempenho produtivo, afeta o metabolismo e a proporção dos ácidos graxos nos filés e fígados e aumenta proteína nos filés em tilápia-do-nilo.

Palavras-chaves: conversão alimentar, fígado, filé, ganho de peso, n-3, n-6

## Conjugated linoleic acid (CLA) in Nile tilapia diets: productive performance, chemical and fatty acids composition

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate the influence of the addition of CLA in the diet on Nile tilapia productive performance, chemical and fatty acids composition. Eighty reversed fish with  $109 \pm 10$  g were used, distributed in eight tanks ( $0.8 \text{ m}^3$  each) in density of ten fishes/tank, during 90 days. It was evaluated the inclusion in the diets of 2% of CLA (Luta-CLA<sup>®</sup>-BASF, Brazil) with 60% of isomers (*cis*-9,*trans*-11 and *trans*-10,*cis*-12) and 40% of vehicle (oleic acid and other fatty acids). As diets, a commercial extruded ration with 29% CP and 3000 kcal DE/kg of ration was used. At the end of the experiment all fishes were used for the evaluation of performance, of chemical composition and profile of fatty acids on liver and fillets. No differences for protein efficiency ratio, carcass yield, hepatosomatic index and visceral fat, were observed with the addition of CLA in the diet. The addition of CLA in the diet improved weight gain, feed intake and feed conversion ratio. Fishes fed diets with addition of CLA showed an increase in saturated fatty acids composition, reduction in n-6 fatty acids in the fillets and increase in n-3 fatty acids and total polyunsaturated fatty acids composition in the liver. There was an increase of protein in fillets of tilapia fed with rations enriched with CLA. CLA utilization improve productive performance, affect the fatty acids metabolism and pattern in fillets and liver and increase the body protein of Nile tilapia.

Key Words: feed conversion ratio, liver, fillet, n-3, n-6, weight gain

### Introdução

A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais indicadas para a criação intensiva por

apresentar requisitos típicos dos peixes preferidos pelo mercado consumidor, como carne branca de textura firme e sabor delicado e ausência de espinhas em Y, além das características produtivas, como alta taxa de crescimento e

adaptabilidade em diversas condições e de criação (Jory et al., 2000). Segundo Fitzsimmons (2000), a produção mundial de tilápias será de 1.500.000 t em 2010.

O ácido linoléico conjugado (CLA) é um termo comum para um grupo de ácidos octadecadienóicos, que são isômeros conjugados posicionais e geométricos do ácido linoléico (C18:2), em que as duplas ligações são separadas por uma ligação simples carbono-carbono no lugar de um grupo metileno, dois dos quais (*cis*-9,*trans*-11 e *trans*-10,*cis*-12 CLA) possuem atividades biológicas (Pariza et al., 2001). O 18:2 (*cis*-9,*trans*-11) é considerado a forma primária de CLA presente naturalmente nos alimentos, ainda que o 18:2 (*cis*-9,*trans*-11) e o 18:2 (*trans*-10,*cis*-12) sejam os dois isômeros predominantes e presentes em níveis semelhantes no CLA sintético (Chin et al., 1992). Recentemente, aumentaram-se as evidências de que os isômeros *cis*-9,*trans*-11 e *trans*-10,*cis*-12 CLA podem agir benéficamente em sistemas biológicos de forma diferente.

O CLA tem sido amplamente estudado nos últimos anos, em virtude de seus benefícios à saúde humana (Whigham et al., 2000). Entretanto, a quantidade de CLA nos alimentos é pequena e seu consumo pelo homem é de apenas 0,5 a 1,0 g/pessoa/dia (Chin et al., 1992). Evans et al. (2002), considerando estudos realizados em ratos, estimaram que o consumo diário por uma pessoa de 70 kg deve ser de 16 g. Assim, mantidas as proporções, é necessária suplementação de CLA em dietas para animais domésticos objetivando o enriquecimento em alimentos destinados ao consumo humano.

O fornecimento de CLA em dietas para suínos, aves e peixes tem melhorado suas características de produção (Park et al., 1997; Ostrowska et al., 1999; Twibell et al., 2000; Yang et al., 2002). Assim, os efeitos do CLA na composição corporal (aparentemente induzido pelo *trans*-10,*cis*-12 CLA) e o crescimento/eficiência alimentar (aparentemente induzidos pelo *cis*-9,*trans*-11 CLA) parecem estar relacionados a mecanismos bioquímicos independentes (Pariza et al., 2001). De modo geral, todos os efeitos do CLA sobre o crescimento, a eficiência alimentar e o nível de lipídio corporal provavelmente estão relacionados às interações desses isômeros biologicamente ativos (Pariza et al., 2001).

Estudos realizados com utilização de CLA em dietas para várias espécies de peixes têm demonstrado resultados contraditórios sobre o desempenho animal, principalmente no crescimento e na composição dos lipídios corporais: Choi et al. (1999) com carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápia-do-nylo e *rockfish* (*Sebastes schlegli*); Twibell et al. (2000) com híbrido de *striped bass* (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*); Twibell et al. (2001) com perca amarela

(*Perca flavescens*); Schwarz et al. (2002) com carpa comum; Twibell et al. (2003) com bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*); e Yasmin et al. (2004) com juvenis de tilápia-do-nylo.

Entretanto, poucos estudos têm sido realizados para avaliar a utilização de CLA em dietas para tilápia-do-nylo. A avaliação dos efeitos da adição de CLA à alimentação de peixes é importante para avaliação de seus efeitos benéficos sobre o metabolismo desses animais e a possível obtenção de carcaças magras com melhor qualidade lipídica, oferecendo aos consumidores um alimento com todas as características de um alimento funcional, ou seja, capaz de ajudar no funcionamento físico e metabólico do organismo.

Este estudo foi realizado para avaliar os efeitos da utilização de ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) sobre o desempenho produtivo (crescimento, eficiência alimentar, rendimento de carcaça e outros), a composição química e o perfil de ácidos graxos.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aqüicultura durante 90 dias, no período dezembro de 2004 a fevereiro de 2005. Foram utilizados 80 peixes revertidos com  $109 \pm 10$  g de peso vivo, originados da Piscicultura Aquabel, Rolândia-PR, distribuídos em oito tanques de cimento amianto com volume unitário útil de  $0,8 \text{ m}^3$ .

Os peixes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições. Cada tanque com dez peixes foi considerado uma unidade experimental.

Em cada tanque foi instalado um sistema de aeração com difusores acoplados a um soprador central, mantendo o oxigênio entre 4 e 6 mg/L. A temperatura da água foi mantida em torno de 24 a 26°C por meio de aquecedores (150 W). A retirada das fezes foi realizada por meio de sifonagem diária dos tanques. Os tanques foram cobertos com lona plástica para proteção contra pássaros e para minimizar a produção primária.

Utilizou-se ração comercial extrusada (8 mm de diâmetro) contendo 29% de PB, 3.000 kcal de energia digestível/kg e 3,25% de lipídios totais (Tabela 1). Foram avaliadas dietas sem (ração controle) e com inclusão de CLA (LUTA-CLA®-BASF, Brasil) (ração-teste). O produto comercial utilizado possuía 60% dos isômeros (*cis*-9,*trans*-11, *trans*-10,*cis*-12 CLA) e 40% de veículo (ácido oléico (18:1n-9) e outros ácidos graxos). Na ração controle foram [51,0% de ácido linoléico (18:2n-6), 7,0% de linolênico (18:3n-3), 27,0% de oléico (18:1n-9), 11,0% de palmítico (16:0) e 4,0% de esteárico

Tabela 1 - Composição da dieta experimental (%)

Table 1 - Composition of the experimental diet (%)

Ingrediente <i>Ingredient</i>	(%)
Milho <i>Corn</i>	22,85
Gémen de milho <i>Corn germ</i>	9,00
Farelo de trigo <i>Wheat meal</i>	30,00
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	8,00
Farinha de carne <i>Meat meal</i>	3,00
Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	1,00
Farinha de vísceras de frango <i>Poultry byproduct meal</i>	25,00
Calcário calcítico <i>Limestone</i>	0,20
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup> <i>Mineral and vitamin mix</i>	0,50
Vitamina C <sup>2</sup> <i>Vitamin C</i>	0,03
Sal <i>Salt</i>	0,50
<b>Nutriente</b> <b><i>Nutrient</i></b>	
MS, % <sup>4</sup> <i>DM</i>	94,75
Energia digestível (kcal/kg) <sup>5</sup> <i>Digestible energy</i>	3.036,13
PB, % <sup>4</sup> <i>CP</i>	27,98
FB, % <sup>4</sup> <i>CF</i>	6,63
Lipídios totais (%) <sup>6</sup> <i>Total lipids</i>	3,25
Ca (%) <sup>4</sup>	2,47
P disponível (%) <sup>5</sup> <i>Available P</i>	0,76
Ácido linoléico conjugado (g/100 g de lipídios) <sup>6</sup> <i>Conjugated linoleic acid (g/100 g lipids)</i>	0,05

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

<sup>2</sup> Vitamina C: sal cálcico 2-monofosfato de ácido ascórbico com (42% de princípio ativo) (*calcium salt, ascorbic acid 2-monophosphate - 42% active principle*).

<sup>3</sup> Butil hidroxi-tolueno (*Butyl-hydroxi-toluen*).

<sup>4</sup> Valores determinados em laboratório (LANA-UEM, Maringá - PR) (*Values determined at Laboratory [LANA-UEM, Maringá - PR]*).

<sup>5</sup> De acordo com Pezzato et al. (2002) (*According to Pezzato et al. [2002]*).

<sup>6</sup> Valores determinados no laboratório Cromalimentos - DQI-UEM; Maringá - PR (*Values determined at Cromalimentos Laboratory - DQI-UEM, Maringá - PR*).

(18:0)] e na razão-teste 2% do produto comercial (1,2% de CLA).

A ração foi fornecida manualmente, em duas refeições (8 e 17h) até saciedade aparente, quando não se observava captura e regurgitação dos grânulos.

Todos os peixes foram pesados no início e ao final do experimento. Após a pesagem final, os animais foram sacrificados por meio de superdosagem de xilocaína (10 g/L) para avaliação do rendimento de carcaça e retirada dos filés. De cada unidade experimental, foram utilizados dez filés para determinação da composição centesimal.

Os valores de rendimento de carcaça eviscerada ( $RC_E$ ) e de carcaça inteira ( $RC_I$ ) foram obtidos pelas equações:

$$RC_E = \frac{(PV - PV_I)}{PV} \cdot 100$$

em que:  $RC_E$  = rendimento de carcaça eviscerada (%); PV = peso vivo (g);  $PV_I$  = peso das vísceras (g).

O peso da gordura visceral (retirada por meio de pinças e estiletos) e do fígado foram obtidos após a retirada das vísceras para determinação do rendimento de carcaça inteira e determinação da porcentagem de gordura visceral e do índice hepatossomático, respectivamente, por meio das equações:

$$GV = \frac{PGV}{PV} \cdot 100$$

em que: GV = gordura visceral (%); PGV = peso da gordura visceral (g); PV = peso vivo (g).

$$IHS = \frac{PF}{PV} \cdot 100$$

em que: IHS = índice hepatossomático; PF = peso do fígado (g); PV = peso vivo (g).

As taxas de eficiência protéica e de retenção de nitrogênio foram calculadas de acordo com as expressões descritas por Jauncey & Ross (1982):

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

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

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

em que: ERN = eficiência de retenção de nitrogênio (%);  $P_f$  e  $P_i$  = peso vivo (g) ao início e ao final do experimento, respectivamente;  $N_f$  e  $N_i$  = nitrogênio na carcaça (%) ao final e ao início do experimento, respectivamente;  $N_c$  = nitrogênio consumido (g).

Os filés dos peixes de cada tratamento foram analisados quanto aos teores de umidade, proteína bruta e cinzas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de

Zootecnia – DZO, da Universidade Estadual de Maringá - UEM, de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

As análises de lipídios totais e perfil de ácidos graxos dos filés e dos fígados foram realizadas no Laboratório de Cromalimentos do Departamento de Química – DQI/UEM (Bligh & Dyer, 1959; ISO, 1978).

Os dados foram submetidos às análises de variância e, em caso de significância, foram comparados pelo teste *t* por meio do programa SAEG (Euclides, 1983). Os dados de sobrevivência foram transformados pela expressão  $y = \arcsen$ , em que *x* é o valor da variável expresso em porcentagem.

## Resultados e Discussão

Os peixes alimentados com dietas sem e com CLA não diferiram ( $P > 0,05$ ) quanto à taxa de eficiência protéica, ao rendimento de carcaça, ao índice hepatossomático e à porcentagem de gordura visceral (Tabela 1). A suplementação de CLA resultou em aumento ( $P < 0,05$ ) no ganho de peso, no consumo de ração, na retenção de nitrogênio e na conversão alimentar.

Os dados de porcentagem de gordura visceral e índice hepatossomático obtidos neste estudo diferem dos encontrados por Twibell et al. (2000), que observaram que o conteúdo de gordura intraperitoneal foi menor em híbridos de “striped bass” alimentados com 1,0% de CLA em comparação aos peixes alimentados com a dieta sem adição de CLA. Os autores observaram ainda que a utilização de CLA resultou em aumento ( $P < 0,05$ ) do índice hepatossomático.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram os encontrados por Twibell et al. (2003), em estudo conduzido com bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) alimentado com dietas contendo 0; 0,5 e 1,0% CLA e três níveis de lipídios durante oito semanas. Esses autores observaram que o conteúdo de gordura visceral e o índice hepatossomático não foram afetados pela concentração de CLA na dieta.

Os dados de ganho de peso deste trabalho diferem dos obtidos por Choi et al. (1999), que forneceram dietas com 0; 1; 2,5; 5 e 10% de CLA para carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápia-do-nylo e rockfish (*Sebastes schlegli*) e não observaram diferenças no ganho de peso nos peixes alimentados com a dieta com 1,0% de CLA em relação àqueles alimentados com a dieta sem CLA. Esses autores observaram aumento de ganho de peso somente nos peixes alimentados com dieta contendo 2,5% de CLA, enquanto, neste trabalho, os animais alimentados com dieta com apenas 1,2% de CLA na dieta apresentaram aumento no ganho de peso.

A utilização de CLA resultou em aumento ( $P < 0,05$ ) no consumo, o que difere dos resultados obtidos por Twibell et al. (2000) em estudo realizado com híbridos de striped bass alimentados com dietas contendo 0; 0,5; 0,75 e 1,0% de CLA na dieta por oito semanas. Esses autores observaram redução no consumo pelos peixes alimentados com a dieta contendo 1,0% de CLA. Neste estudo, os peixes alimentados com CLA apresentaram maior ganho de peso, indicando que o maior consumo foi consequência do tamanho desses peixes.

Os resultados de conversão alimentar obtidos neste estudo corroboram os descritos por Twibell et al. (2000), que observaram melhor conversão alimentar nos peixes alimentados com a dieta com CLA. No entanto, em estudos mais

Tabela 2 - Desempenho de tilápias-do-nylo alimentadas com rações suplementadas ou não com CLA

Table 2 - Performance of Nile tilapia fed diets with or without CLA

Item	Dieta Diet	
	Sem CLA Without CLA	Com CLA With CLA
Peso inicial (g) (Initial weight)	109,28 ± 1,89a	109,17 ± 2,23a
Peso final (g) (Final weight)	230,35 ± 10,58b	250,78 ± 11,80a
Ganho de peso (g) (Weight gain)	121,07 ± 9,63b	141,61 ± 13,99a
Consumo de ração (g/peixe) (Feed intake, g/fish)	207,42 ± 6,05b	223,21 ± 3,07a
Conversão alimentar (Feed:gain ratio)	1,72 ± 0,13a	1,58 ± 0,13b
Taxa de eficiência protéica (Protein efficiency ratio)	2,13 ± 0,22a	2,26 ± 0,19a
Retenção de nitrogênio (%) (Nitrogen retention)	40,76 ± 2,21b	47,18 ± 2,72a
Índice hepatossomático (Hepatosomatic index)	2,21 ± 0,20a	2,06 ± 0,27a
Gordura visceral (%) (Visceral fat)	1,38 ± 0,27a	1,33 ± 0,32a
Peso do filé (g) (Fillet weight)	62,83 ± 3,09b	68,71 ± 4,36a
Peso carcaça (g) (Carcass weight)	201,17 ± 9,29b	219,37 ± 4,99a
Rendimento de carcaça (%) (Carcass yield)	87,34 ± 1,75a	87,82 ± 1,78a

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste *t*.  
Means followed by different letters within a row differ ( $P < 0,05$ ) by *t* test.

recentes realizados com juvenis de perca amarela e com bagre-do-canal (Twibell et al., 2001; Twibell et al., 2003), respectivamente, não houve melhora na conversão alimentar dos peixes alimentados com as dietas com CLA.

Twibell et al. (2003), em estudo realizado com bagre-do-canal alimentado com dietas contendo diferentes níveis de CLA e diferentes níveis de lipídios, observaram que a retenção da proteína foi afetada pela interação CLA × lipídio e que os valores também refletiram as concentrações de proteína na carcaça. No entanto, essa mudança não melhorou a eficiência alimentar. Esses autores observaram ainda que, quanto maior a inclusão de lipídio e CLA na dieta, maior a retenção de proteína. Neste estudo, também foi observado aumento na retenção de nitrogênio em peixes alimentados com CLA, no entanto, o aumento de retenção de nitrogênio não resultou em melhora no rendimento de carcaça pelos peixes, mas sim no crescimento em peso.

Os teores de umidade e lipídios totais não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os filés da tilápia-do-nylo alimentadas com dieta sem e com CLA (Tabela 3). Nas análises do fígado, não foram encontradas diferenças ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis avaliadas.

Foram encontradas diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os valores médios de proteína e cinzas nos filés de tilápia-do-nylo alimentadas com dietas sem e com suplementação de CLA. Observaram-se aumento do conteúdo de proteína bruta (de 17,76 para 18,35%) e diminuição do conteúdo de cinzas (de 1,28 para 1,09%) nos filés dos peixes alimentados com a dieta com CLA.

Os dados deste estudo apresentaram algumas alterações na composição química em relação aos teores de PB e cinzas no filé discordando de Yasmin et al. (2004), que, em estudo com juvenis de tilápia alimentados com 5% de CLA, não observaram diferenças na composição química no músculo dos peixes para nenhuma das variáveis, resultado obtido também por Berge et al. (2004) em estudo com

salmão-do-atlântico. Em estudo realizado com juvenis de truta arco-íris, Figueiredo-Silva et al. (2005) também não notaram diferenças na composição corporal dos peixes alimentados com 0 ou 2,0% de CLA ao final do período experimental.

Em estudo com ratos, Park et al. (1999) verificaram que o fornecimento de 0,5% de CLA na dieta resultou em aumento da proteína, umidade e de cinzas corporais, indicando que a inclusão de CLA melhora a retenção de proteína em ratos. Esses autores relataram que é possível que o efeito do CLA em aumentar a proteína corporal esteja relacionado à redução da gordura corporal, uma vez que o músculo esquelético é o principal local de combustão da gordura, indicando que o mecanismo de redução da gordura corporal em ratos pelo CLA envolve a inibição da gordura armazenada em adipócitos com elevada  $\beta$ -oxidação no músculo esquelético, acarretando aumento da massa do músculo esquelético. De acordo com Park et al. (1999), o *trans*-10, *cis*-12 é o isômero responsável pela indução de mudanças na composição corporal. Esta explicação, mesmo para aos resultados obtidos em outra espécie animal, pode ser plausível para justificar os efeitos observados neste estudo, considerando comportamentos semelhantes entre os dois metabolismos animais.

O teor de lipídios totais não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos; nos filés sem e com CLA, os valores encontrados foram de  $1,60 \pm 0,20\%$  e  $1,93 \pm 0,18\%$  (Tabela 4). Nos fígados, foram encontrados valores de  $3,52 \pm 0,28\%$  e  $3,70 \pm 0,41\%$  de lipídios, respectivamente.

A análise de perfil de ácidos graxos do filé e do fígado de tilápia-do-nylo alimentada com dietas suplementadas com CLA comprovou a incorporação dos CLA da dieta nos tecidos dos peixes (Tabela 4). Tanto no fígado como nos filés dos peixes alimentados com a dieta sem suplementação de CLA, foi detectado apenas um isômero de CLA [*cis*-9, *trans*-11] em quantidade muito pequena.

Tabela 3 - Composição dos filés e do fígado de tilápia-do-nylo alimentada com dietas sem e com CLA (base na matéria natural)

Table 3 - Fillet and liver composition of Nile tilapia fed diets with or without CLA (as-fed basis)

Item	Sem CLA Without CLA		Com CLA With CLA	
	Filé Fillet	Fígado Liver	Filé Fillet	Fígado Liver
Umidade (%) (Moisture)	81,29 ± 0,23	76,08 ± 0,62	80,81 ± 0,75	76,65 ± 0,40
Proteína bruta (%) (Crude protein)	17,76b ± 0,16	12,57 ± 1,19	18,35a ± 0,24	12,58 ± 1,01
Lipídios totais (%) (Total lipids)	1,60 ± 0,20	3,52 ± 0,28	1,93 ± 0,18	3,70 ± 0,41
Cinzas (%) (Ash)	1,28a ± 0,03	1,34 ± 0,07	1,09b ± 0,01	1,37 ± 0,07

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ), para filés, pelo teste t.

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ), para fígados, pelo teste t.

Means followed by different capital letters within a row differ ( $P > 0,05$ ) for fillets by t test.

Means followed by different small letters within a row differ ( $P > 0,05$ ) for livers by t test.

Tabela 4 - Composição de ácidos graxos dos filés e do fígado de tilápias-do-nylo alimentadas com dietas sem ou com CLA (% MN)  
 Table 4 - Fatty acids composition in the liver and fillet of Nile tilapia fed diets with and without CLA (% as-fed)

Ácido graxo Fatty acid	Dieta Diet			
	Sem CLA (g/100 g de lipídios) Without CLA (g/100 g of lipids)		Com CLA (g/100 g de lipídios) With CLA (g/100 g of lipids)	
	Filé Fillet	Fígado Liver	Filé Fillet	Fígado Liver
14:0	2,45 ± 0,15	2,50 ± 0,65	2,99 ± 0,58	1,57 ± 0,01
14:1 n-7	0,14 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,13 ± 0,07	0,11 ± 0,02
15:0	0,23 ± 0,02	0,18 ± 0,04	0,25 ± 0,02	0,16 ± 0,01
16:0	23,50 ± 1,22	27,46 ± 2,77	25,41 ± 1,87	21,06 ± 1,30
16:1 n-9	0,77 ± 0,04	1,05 ± 0,12	0,75 ± 0,04	1,03 ± 0,03
16:1 n-7	3,69 ± 0,32A	2,58 ± 0,40	2,77 ± 0,31B	1,32 ± 0,14
17:0	0,38 ± 0,04	0,53 ± 0,05	0,39 ± 0,02	0,67 ± 0,06
17:1 n-9	0,29 ± 0,01	0,25 ± 0,04	0,30 ± 0,01	0,25 ± 0,01
18:0	7,85 ± 0,52B	14,67 ± 0,63b	10,14 ± 0,71A	19,98 ± 1,73a
18:1 n-7 (t)	0,18 ± 0,04	0,32 ± 0,01	0,28 ± 0,10	0,65 ± 0,24
18:1 n-9	26,73 ± 1,23	16,38 ± 0,20	25,74 ± 1,57	15,32 ± 2,17
18:1 n-7	3,36 ± 0,13	2,32 ± 0,06	2,93 ± 0,66	1,76 ± 0,18
18:1 n-6	0,17 ± 0,01	0,20 ± 0,04	0,16 ± 0,05	0,25 ± 0,02
18:2 n-6 (t,t)	0,27 ± 0,02A	0,27 ± 0,02a	0,15 ± 0,01B	0,15 ± 0,01b
18:2 n-6	16,26 ± 0,69A	6,93 ± 1,32	14,44 ± 0,65B	7,32 ± 0,18
18:3 n-6	0,85 ± 0,06A	0,60 ± 0,03	0,57 ± 0,05B	0,53 ± 0,07
18:3 n-3	0,67 ± 0,02A	0,22 ± 0,11	0,60 ± 0,02B	0,30 ± 0,05
18:2 (9c, 11t)	0,22 ± 0,048B	0,18 ± 0,06b	1,51 ± 0,48A	0,70 ± 0,01a
18:2 (10t, 12c)	0,00 ± 0,00B	0,00 ± 0,00b	1,11 ± 0,19A	0,51 ± 0,02a
20:2 n-9	0,18 ± 0,01B	0,22 ± 0,05	0,34 ± 0,37A	0,26 ± 0,01
21:0	1,01 ± 0,18	0,66 ± 0,16	0,88 ± 0,26	0,83 ± 0,13
20:2 n-6	1,24 ± 0,19	1,41 ± 0,19a	0,71 ± 0,14	0,87 ± 0,04b
20:4 n-6	3,38 ± 0,72	4,62 ± 0,54	2,66 ± 0,82	5,52 ± 0,543
22:1 n-9	0,08 ± 0,01	0,43 ± 0,14a	0,08 ± 1,68	0,23 ± 0,16b
20:5 n-3	0,16 ± 0,01	0,23 ± 0,07	0,13 ± 0,04	0,23 ± 0,05
24:0	0,13 ± 0,02	0,184 ± 0,12	0,10 ± 0,02	0,13 ± 0,02
22:4 n-6	1,62 ± 0,25A	3,27 ± 0,34	0,81 ± 0,43B	3,60 ± 0,37
22:5 n-6	2,22 ± 0,49A	6,30 ± 1,51	1,37 ± 0,13B	7,14 ± 0,51
22:5 n-3	0,79 ± 0,18	0,82 ± 0,03b	0,67 ± 0,59	1,23 ± 0,08a
22:6 n-3	1,94 ± 0,43	3,13 ± 0,27b	1,62 ± 0,34	5,82 ± 0,78a
Soma e relações dos ácidos graxos Sum and fatty acids ratios				
AGPI	30,03 ± 3,42	28,45 ± 1,89b	27,06 ± 0,40	34,19 ± 2,38a
AGMI	35,97 ± 2,32	24,46 ± 0,83	33,96 ± 1,84	21,31 ± 2,61
AGS	36,19 ± 0,18B	47,09 ± 1,97	40,90 ± 1,75A	44,51 ± 0,22
n-6	26,40 ± 2,51A	23,96 ± 1,70	21,16 ± 0,38B	25,38 ± 1,47
n-3	3,61 ± 0,92	4,47 ± 0,26b	3,07 ± 0,27	7,58 ± 0,86a
AGPI/AGS	0,83 ± 0,10A	0,61 ± 0,07b	0,67 ± 0,02B	0,77 ± 0,045a
n-6/n-3	7,38 ± 0,92	5,36 ± 0,13a	6,97 ± 0,58	3,36 ± 0,19b

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha diferem ( $P < 0,05$ ), para filés, pelo teste *t*.

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem ( $P < 0,05$ ), para fígados, pelo teste *t*.

Means followed by different capital letters within a row differ ( $P < 0,05$ ) for fillets by *t* test.

Means followed by different small letters within a row differ ( $P < 0,05$ ) for livers by *t* test.

Nos filés dos peixes alimentados com a dieta suplementada com CLA, verificou-se aumento nas concentrações de 18:0, da soma total de ácidos graxos saturados (AGS) e da relação ácidos graxos poliinsaturados/ácidos graxos saturados (AGPI/AGS). Nos filés, foi observada ainda diminuição nas concentrações de 16:1n-7, 18:2n-6, 18:3n-6, 18:3n-3, 22:4n-6 e 22:5n-6, enquanto, no fígado, a inclusão de CLA na dieta acarretou aumento nas concentrações de 18:0, 22:5n-3, 22:6n-3, total de AGPI, dos ácidos

graxos da família n-3 e da relação AGPI/AGS, além de diminuição nas concentrações de 20:2n-6, 22:1n-9 e da relação n-6/n-3. Twibell et al. (2000; 2001), em experimento com híbridos de *striped bass* e perca amarela, respectivamente, também observaram nos fígados e nos filés a presença de apenas um isômero de CLA.

Twibell et al. (2000; 2001) e Berge et al. (2004) também não observaram diferenças nos valores de lipídios totais nos filés de híbridos de *striped bass*, perca amarela e

salmão-do-atlântico, respectivamente, alimentados com dieta suplementadas ou não com CLA. Por outro lado, os dados de lipídios totais obtidos neste estudo diferem dos encontrados por Twibell et al. (2000; 2001), que observaram menor concentração de lipídios no fígado dos peixes alimentados com a dieta com CLA.

Nos filés e nos fígados dos peixes alimentados com a dieta com CLA, foram observadas concentrações de 2,62 e 1,21% de CLA total (soma dos isômeros *cis*-9,*trans*-11 e *trans*-10,*cis*-12) em relação ao total de ácidos graxos, demonstrando que o acúmulo de CLA no músculo foi maior que nos fígados dos peixes. Esses valores foram inferiores aos encontrados por Twibell et al. (2000), que observaram em híbridos de *striped bass* alimentados com 1,0% de CLA valores de 8,1 e 5,8% de CLA total nos filés e fígados em relação ao total de ácidos graxos.

Twibell et al. (2000 e 2001) e Berge et al. (2004) observaram aumento nas concentrações de ácidos graxos saturados e diminuição de ácidos graxos monoinsaturados, demonstrando que o CLA afeta o metabolismo dos ácidos graxos em híbrido de *striped bass*, perca amarela e salmão-do-atlântico. Segundo Berge et al. (2004), a mudança na relação entre saturados e insaturados, principalmente os monoinsaturados, indica que o CLA causa redução na delta-9 desaturase no fígado, uma enzima que catalisa a inserção de uma dupla ligação entre os átomos C9 e C10, tanto no 16:0 quanto no 18:0 para a formação do 16:1 (n-7) e 18:1 (n-9).

Desse modo, como o CLA pode inibir a elongação dos saturados no fígado, pode acarretar acúmulo de saturados, conduzindo a uma mudança na composição dos ácidos graxos nos tecidos animais. A diminuição dos AGMI e dos AGPI nos tecidos de peixes alimentados com dietas suplementadas com CLA pode ser atribuída ao acúmulo de CLA no fígado, onde os isômeros podem influenciar diretamente a síntese de ácidos graxos e, assim, alterar a composição dos tecidos (Berge et al., 2004).

Com a inclusão de CLA na dieta, as concentrações de 18:3n-3 e 18:2n-6 diminuíram ( $P < 0,05$ ) nos filés, fato que não foi observado no fígado. Por outro lado, a concentração dos ácidos graxos n-3 de cadeia longa (22:5n-3 e 22:6n-3) no fígado dos peixes alimentados com CLA foi maior ( $P < 0,05$ ). De acordo Twibell et al. (2000), com o fornecimento de CLA, os ácidos graxos n-3 parecem ser retidos no fígado, diminuindo suas concentrações no músculo.

Neste estudo, observou-se redução dos ácidos araquidônico e linoléico nos filés. A suplementação com CLA inibe a produção de ácidos graxos adipogênicos, como ácido linoléico, ácido araquidônico (AA) e seus metabólitos eicosanóides. A redução do AA e de outros

ácidos graxos adipogênicos pode diminuir a esterificação dos triacilgliceróis e a conversão em fosfolipídios, que são críticos para o metabolismo celular e/ou síntese nos lipídios segundo mensageiros, como prostaglandina  $J_2$  ( $PGJ_2$ ), que pode regular a adipogênese. Vários estudos relatam como um CLA-mediado diminui essas longas cadeias de ácidos graxos. Por exemplo, Belury & Kempa-Stecko (1997) determinaram que CLA (isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10,*cis*-12) é incorporado nos lipídios neutros hepáticos e fosfolipídios de ratos por um gasto do ácido linoléico e do AA. Sugano et al. (1997) observaram diminuição nas concentrações hepáticas de 20:4 por meio de suplementação de 1% de uma mistura de CLA isômeros por duas semanas em ratos.

Stangl (2000) encontrou diminuição do 18:2 e 20:4 no fígado de ratos consumindo 3% de uma mistura de CLA isômeros por 39 dias. Em galinhas poedeiras alimentadas com 2,5% de uma mistura de isômeros de CLA, também foram encontrados na gema menores níveis de 18:2, 18:3 e 20:4 em comparação à gema do ovo produzido pelas galinhas do tratamento controle (Du et al., 2000). Assim, o CLA pode diminuir os sinais das células derivados do ácido araquidônico, como prostaglandinas e leucotrienos, que são críticos reguladores do crescimento, da diferenciação e do metabolismo da célula (Evans, 2002).

Neste estudo comprovou-se que ocorre redução do ácido linoléico (18:3n-3), precursor dos ácidos docosa-hexaenóico (DHA, 22:6n-3) e eicosapentaenóico (EPA, 20:5n-3), e ainda diminuição no filé e aumento no fígado, demonstrando a necessidade de estudos sobre o efeito do fornecimento do CLA e ácido linoléico aos peixes sobre o perfil de ácidos graxos dos filés, tendo em vista a deposição dos ácidos graxos da série n-3 e a incorporação de CLA.

As diferenças nos resultados da utilização de CLA no desempenho e na composição química podem estar relacionadas à espécie e à composição da dieta utilizada. O consumo de ração varia entre as espécies de acordo com os ingredientes utilizados na ração, entre outras variáveis, como temperatura e densidade de estocagem.

Os dados deste estudo demonstram que a inclusão de CLA em dietas para tilápia-do-nylo resulta em melhora no ganho de peso e na conversão alimentar dos peixes. É possível que o CLA contribua para a redução do conteúdo de gordura corporal, uma vez que os peixes alimentados com a dieta com CLA apresentaram maior ganho de peso e não depositaram mais gordura visceral e nos filés, alterando a composição de ácidos graxos.

## Conclusões

A inclusão de ácido linoléico conjugado (CLA) melhora o desempenho produtivo e a composição da carcaça de tilápias-do-nylo. A utilização de dietas com CLA aumenta a concentração de ácidos graxos n-3 de cadeia longa no fígado e diminui a dos ácidos graxos da família n-6 no filé e de alguns da família n-3. Peixes alimentados com CLA apresentam maior acúmulo de ácidos graxos saturados no filé.

## Literatura Citada

- BELURY, M.; KEMPA-STECKO, A. Conjugated linoleic acid modulates hepatic lipid composition in mice. **Lipids**, v.32, p.199-204, 1997.
- BERGE, G.M.; RUYTER, B.; ASGARD, T. Conjugated linoleic acid in diets for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*); effects on fish performance, proximate composition, fatty acid and mineral content. **Aquaculture**, v.237, p.365-380, 2004.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911- 917, 1959.
- CHIN, S.F.; LIU, W.; STORKSON, J.M. et al. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.5, p.185-197, 1992.
- CHOI, B.-D.; KANG, S.-J.; HA, Y.-L. Accumulations of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels of CLA. Conjugated linoleic acid (CLA) in lipids of fish tissues. In: YURAWECZ, M.P.; MOSSOBA, M.M.; KRAMER, J.K.G. (Eds.) **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOCS Press, 1999. v.1. p.283-295.
- DU, M.; AHN, D.; SELL, J. Effects of dietary conjugated linoleic acid and linoleic:linolenic acid ratio on polyunsaturated fatty acid status in laying hens. **Poultry Science**, v.79, p.1749-1756, 2000.
- EUCLYDES, R.F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análises estatística e genética)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1983. 59p.
- EVANS, M.E.; BROWN, J.M.; McINTOSH, M.K. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, p.508-516, 2002.
- FIGUEIREDO-SILVA, A.C.; REMA, P.; BANDARRAC, N.M. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on growth, nutrient utilization, body composition, and hepatic lipogenesis in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.248, p. 163-172, 2005.
- FITZSIMMONS, K. Tilapia: the most important aquaculture species of the 21<sup>st</sup> century. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 2000. v.1., p.3-8.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **Animal and vegetable fats and oils preparation of methyl esters of fatty acids**. Geneva: ISO. Method ISO 5509, p.1-6, 1978.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feeds and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- JORY, D.E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T.R. Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norte américa. **Panorama Acuicola**, v.5, n.5, p.50-53, 2000.
- OSTROWSKA, E.; MURALITHARAN, M.; CROSS, R.F. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v.129, p.2037-2042, 1999.
- PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, v.40, p.283-298, 2001.
- PARK, Y.; ALBRIGHT, K.J.; LIU, W. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. **Lipids**, v.32, p.853-858, 1997.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- SCHWARZ, F.J.; MAASS, D.; SCHABEL, W. Dietary conjugated linoleic acid supplementation and the effects on performance, body composition, fatty acid pattern and sensory quality of carp (*Cyprinus carpio*). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITION AND FEEDING IN FISH, 10., 2002, Rhodes. **Proceedings...** Rhodes: 2002. p.79. (Abstract book).
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- STANGL, G. Conjugated linoleic acids exhibit a strong fat-to-lean partitioning effect, reduce serum VLDL lipids and redistribute tissue lipids in food-restricted rats. **Journal of Nutrition**, v.130, p.1140-1146, 2000.
- SUGANO, M.; TSUJITA, A.; YAMASAKI, M. et al. Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. **Lipids**, v.33, p.521-527, 1997.
- TWIBELL, R.G.; WILSON, R.P. Effects of dietary conjugated linoleic acids and total dietary lipid concentrations on growth responses of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.221, p.621-628, 2003.
- TWIBELL, R.G.; WATKINS, B.A.; BROWN, P.B. Dietary conjugated linoleic acids and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, *Perca flavescens*. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2322-2328, 2001.
- TWIBELL, R.G.; WATKINS, B.A.; ROGERS, L. Effects of dietary conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. **Lipids**, v.35, p.155-161, 2000.
- WHIGHAM, L.D.; COOK, M.E.; ATKINSON, R.L. Conjugated linoleic acid: implications for human health. **Pharmacological Research**, v.42, n.6, p.503-510, 2000.
- YANG, L.; HUANG, Y.; JAMES, A.E. et al. Differential incorporation of conjugated linoleic acid isomers into the egg yolk lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.4941-4946, 2002.
- YASMIN, A.; TAKEUCHI, T.; HAYASHI, M. et al. Effect of conjugated linoleic acid and docosahexanoic acids on growth of juvenile *Oreochromis niloticus*. **Fisheries Science**, v.70, p.473-481, 2004.

Recebido: 11/7/2006

Aprovado: 26/4/2007