

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS  
POLIINSATURADOS EM FILÉS DE TILÁPIAS  
DO NILO (*Oreochromis niloticus*) MANTIDAS  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO**

**PAULA ADRIANE PEREZ RIBEIRO**

**2003**

**PAULA ADRIANE PEREZ RIBEIRO**

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS EM FILÉS DE  
TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) MANTIDAS EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Priscila Vieira Rosa Logato

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de  
Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA**

Ribeiro, Paula Adriane Perez

Perfil de ácidos graxos poliinsaturados em filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em diferentes condições de cultivo / Paula Adriane Perez Ribeiro. -- Lavras : UFLA, 2003.

56 p. : il.

Orientadora: Priscila Vieira Rosa Logato.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Nutrição. 2. Peixe. 3. Lipídeos. 4. Ômega. 5. Composição química. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-639.3758

**PAULA ADRIANE PEREZ RIBEIRO**

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS EM FILÉS DE  
TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) MANTIDAS EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 12 de dezembro de 2003

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas UFLA

Prof. Dr. Luis David Solis Murgas UFLA

Prof. Dr. Mario César Guerreiro UFLA

Profa. Dra. Priscila Vieira Rosa Logato  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*À minha família, que tornou possível mais esta  
etapa e a Deus, responsável por tudo,*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

Em especial à Profa. Dra. Priscila Vieira Rosa Logato, pela amizade, orientação, apoio e confiança, sempre presentes em todas as etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mário César Guerreiro, pelo total apoio, dedicação e paciência nas análises cromatográficas.

Ao Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pelas dicas referentes à elaboração do projeto e pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Raimundo Vicente de Souza, pelos ensinamentos preciosos.

Aos amigos Jodnes Sobreira Vieira e Juliana Sampaio Guedes Gomiero, pela colaboração e companheirismo antes e durante o experimento.

A todos os colegas de pós-graduação, em especial Martha Jeaneth Prieto Guevara e Reinaldo Kanji Kato, pela presença e disposição na condução deste trabalho.

Aos alunos de graduação e integrantes do NAQUA (Núcleo de Estudos em Aquicultura), pela compreensão e paciência, em especial ao aluno Leonardo Naoki, pelo auxílio em campo e em laboratório.

Ao aluno de graduação do Departamento de Medicina Veterinária, Jesus Dario Ureña Tejedor, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos funcionários da Estação de Piscicultura da UFLA, Eleci Pereira e José Roberto, pela preciosa colaboração em campo.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal/Zootecnia: Eliana dos Santos, Suelba Ferreira, Márcio Nogueira e José Virgílio; do Laboratório de

Fisiologia e Farmacologia/Medicina Veterinária: Willian Cortez e Almir Coelho; aos funcionários Carlos Henrique Souza e Pedro Adão Pereira, da Secretaria de Pós-graduação; a Keila Cristina de Oliveira, da Secretaria do DZO, pela prontidão e disposição em todas as horas.

À EPAMIG, na pessoa de Marcelo Malta, pelo apoio na liofilização do material experimental.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Às amigas Juliana dos Santos, Kamilla Ribas Soares e Ana Luisa Aguiar de Castro, pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis e por todos estes anos de convivência e cooperação.

Aos meus pais e irmãos, por acreditarem e me apoiarem incondicionalmente em todas as minhas decisões.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, por tudo!

**MUITO OBRIGADA!!**

*O importante não é estar aqui ou ali, mas ser.*

*Ser é uma ciência dedicada, feita de pequenas  
grandes observações do cotidiano, dentro e fora da gente.*

*Se não executamos estas observações não chegamos a  
ser: apenas estamos e desaparecemos . . .*

*(Carlos Drummond Andrade)*

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Composição bromatológica de peixes de água doce.....	03
2.2 Ácidos graxos.....	05
2.2.1 Estrutura.....	05
2.2.2 Síntese.....	07
2.2.3 Funções.....	10
2.2.4 Fontes de ácidos graxos.....	12
2.3 Importância do ômega-3 na saúde humana.....	13
2.4 Importância do ômega-3 na alimentação de peixes.....	14
2.5 Enriquecimento da carne de peixe com ômega-3.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Local e duração do experimento.....	21
3.2 Material biológico e tratamentos.....	21
3.3 Delineamento experimental.....	22
3.4 Métodos analíticos.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Parâmetros limnológicos.....	25
4.2 Fitoplâncton e zooplâncton.....	28
4.3 Composição química dos filés.....	30
4.4 Perfil de ácidos graxos poliinsaturados dos filés.....	33
5. CONCLUSÕES.....	38

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS .....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1. Conteúdo de ácidos graxos ômega-3 em algas marinhas.....	12
2. Conteúdo de ácidos graxos ômega-3, especificamente EPA e DHA, em peixes brasileiros de água doce e em peixes marinhos (% de peso da quantidade total de ácidos graxos).....	16
3. Exigência de ácidos graxos essenciais em peixes.....	17
4. Efeitos da deficiência de ácidos graxos essenciais sobre a desova de truta arco-íris ( <i>O. mykiss</i> ) e besugo ( <i>Chrysophrys major</i> ).....	18
5. Valores médios mensais dos parâmetros limnológicos obtidos nos tanques experimentais.....	26
6. Principais gêneros de fitoplâncton e zooplâncton encontrados nos tanques experimentais.....	28

7. Composição química dos filés de tilápia e efeito dos tratamentos no percentual de nutrientes, em base de matéria seca.....	30
8. Perfil dos ácidos graxos poliinsaturados encontrados nos filés de tilápia e efeito dos tratamentos nesses percentuais....	33

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
1. Estrutura geral de um ácido graxo.....	5
2. Diferenças estruturais entre ácidos graxos das séries ômega-6 e ômega-3.....	6
3. Resumo da síntese dos ácidos graxos poliinsaturados, a partir de um ácido graxo saturado.....	7
4. Biossíntese de ácidos graxos essenciais em animais.....	9
5. Síntese de eicosanóides em animais.....	11
6. Variação dos valores de temperatura da água nos tanques durante o período experimental.....	27
7. Variação do índice de transparência da água nos tanques durante o período experimental.....	27

## RESUMO

RIBEIRO, Paula Adriane Perez. **Perfil de ácidos graxos poliinsaturados em filés de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em diferentes condições de cultivo.** 2003. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com duração de 4 meses, tendo como objetivo avaliar o perfil lipídico, teor de ácidos graxos e a composição química dos filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em três condições de cultivo. Utilizaram-se 2.095 machos sexados de tilápia, dos quais 20 alevinos foram retirados inicialmente (amostra testemunha) e o restante foi distribuído em 2 tanques de terra (390m<sup>2</sup>) e 1 tanque de alvenaria (50m<sup>2</sup>). Os tratamentos aplicados foram: 1- alimentação com ração comercial em tanque de alvenaria; 2- alimentação com ração comercial em tanque de terra; 3- alimentação natural através de fertilização química e orgânica. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 10 repetições. Os parâmetros avaliados foram: identificação do plâncton, perfil de ácidos graxos e teores de umidade, PB, EE e cinzas dos filés. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo pacote computacional SAEG e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de significância). Foram encontrados 5 gêneros distintos de zooplâncton e 4 gêneros de fitoplâncton predominantes. Os resultados demonstraram não haver diferença estatística para o teor de umidade dos filés (P>0,05). Porém, o tratamento 3 apresentou maior teor de PB e menor teor de lipídeos (P<0,05). O perfil de ácidos graxos dos filés mostrou melhor relação n-3/n-6, com maiores quantidades de DHA, no tratamento 3.

---

\* Comitê Orientador: Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA (Orientadora), Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA e Mário César Guerreiro- UFLA

## ABSTRACT

RIBEIRO, Paula Adriane Perez. **Polyunsaturated fatty acids profile in the fillets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) maintained under different raising conditions.** 2003. 56p. Dissertation (Master in Animal Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

The experiment was conducted at the Universidade Federal de Lavras (UFLA) Fish Farming Station during 4 months in order to evaluate the lipid profile, content of fatty acids and the chemical composition of the fillets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) maintained under three raising conditions. A total of 2.095 sexed males of tilapia were utilized, in which 20 fingerlings were withdrawn initially (check sample) and the remaining was allotted into two ponds (390m<sup>2</sup>) and one alvenaria pond (50m<sup>2</sup>). The applied treatments were 1- feeding with a commercial diet in the alvenaria pond; 2- feeding with the commercial diet in the earthen pond; 3- natural feeding through chemical and organic fertilization. The experiment was in a completely randomized design with three treatments and 10 replicates. The evaluated parameters were: identification of plankton, profile of fatty acids and contents of moisture, CP, EE and ashes and fillet ashes. The data were submitted to variance analysis by the SAEG computational package and the means of the treatments by Tukey's test (5% of significance). A total of 5 predominant distinct genera of zooplankton and 4 genera of phytoplankton were found. The results shown any statistical differences for the moisture content of the fillets (P>0.05) over all treatments tested. Therefore only the treatment 3 shown increased CP content and decreased lipid content (P<0.05). The fatty acid profile of the fillets shown better n-3/n-6 ratio, with higher amounts of DHA in treatment 3.

---

\* Guidance Committee: Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA (Adviser), Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA and Mário César Guerreiro- UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente em que vive o ser humano tem sido modificado ao longo dos anos. Alterações nos hábitos alimentares aconteceram lentamente, os quais podem estar na origem das doenças degenerativas que acometem a civilização moderna.

Porém, atualmente, já é crescente a preocupação dos consumidores em relação ao produto que colocam na mesa e suas interferências na saúde. A qualidade dos alimentos passa, então, a ser um fator decisivo na escolha do produto.

Algumas pesquisas relacionam hábitos alimentares, níveis de colesterol e de triacilgliceróis no sangue a doenças cardiovasculares. Uma grande atenção é dada aos níveis de ingestão de ácidos graxos poliinsaturados, bem como às proporções entre os ácidos graxos da série ômega-3 e ômega-6. Um papel muito importante é atribuído aos ácidos graxos da série ômega-3 na redução do risco de doenças cardiovasculares, redução no processo inflamatório e desenvolvimento do sistema nervoso.

Os ácidos docosahexaenóico (DHA) e eicosapentaenóico (EPA) são derivados do ácido  $\alpha$ -linolênico, sendo normalmente encontrados em óleos de peixe ou também sintetizados pelo homem e pelos animais por meio da dessaturação e alongamento da cadeia do ácido  $\alpha$ -linolênico.

A ingestão de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 pode ser aumentada não só pelo consumo de peixes contendo altos teores de óleo, como também pela elevação dos níveis de EPA e DHA em alimentos pobres em ômega-3. Nos Estados Unidos, 40% dos alimentos produzidos são enriquecidos com ácidos graxos, sendo que 18% deles sofrem adição de ácidos graxos da série ômega-3. Esta elevação dos níveis de EPA e DHA também pode ser obtida

com o enriquecimento da alimentação dos animais criados em cativeiro, manipulando-se a composição dos ácidos graxos da dieta.

Uma maneira prática de enriquecer a alimentação de peixes criados em cativeiro é através do uso de alimento natural, que pode ser obtido por fertilização dos tanques com adubo orgânico e/ou químico. A adubação dos viveiros tem como objetivo incentivar o crescimento de organismos bentônicos, ricos, principalmente, em ácidos graxos poliinsaturados.

Os adubos orgânicos, em regiões tropicais, apresentam fácil decomposição parcial e seu emprego na fertilização de tanques minimiza o custo de produção na piscicultura.

A utilização da tilápia em sistemas de criação tem como grande vantagem sua alimentação, baseada na cadeia trófica. Trata-se de uma espécie onívora, capaz de filtrar e aproveitar as microalgas e microcrustáceos presentes no plâncton dos tanques.

O presente estudo teve como objetivo determinar o perfil lipídico e os teores de ácidos graxos poliinsaturados, bem como a composição química dos filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em três condições de cultivo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Composição bromatológica de peixes de água doce

A composição bromatológica, expressa pelos teores de proteína, lipídeo, cinzas e água corporal, pode determinar o status nutricional dos animais submetidos a tratamentos experimentais. São parâmetros de fácil determinação e que refletem o real ganho qualitativo desses animais.

Diversas características da carne de peixes, como os teores de gordura, proteína e o perfil de ácidos graxos, podem ser influenciadas pela alimentação. Os peixes apresentam, em média, 70% a 80% de água, 20% a 30% de proteína, 2% a 12% de lipídeos, e, em quantidades menores, carboidratos e minerais, com variações conforme a espécie, idade, condição fisiológica, alimentação e condições ambientais (Weatherley & Gill, 1987).

O conteúdo de proteína tende a variar pouco em animais saudáveis, exceto durante o período reprodutivo ou períodos de privação alimentar. O aumento da idade leva a uma diminuição no conteúdo de água e a um aumento no teor de gordura, com pequenas alterações nos teores de proteína e minerais. A composição corporal de espécies de peixes menores é muito mais afetada pela privação de alimento do que em peixes de porte maior (Hogendoorn et al., citados por Pádua, 2001).

Os perfis lipídico e protéico em peixes são influenciados por vários fatores, entre eles a gametogênese, condições ambientais e o estado nutricional, entre outros (De Vlaming & Pardo, 1975 e Smit et al., 1981, citados por Stech, 1999).

Alguns estudos relatam a composição centesimal de peixes brasileiros de água doce. Camargo et al. (1973), citados por Machado (1989), determinaram o extrato etéreo da piaba (*Leporinus friderici*), dourado (*Salminus maxillosus*) e

curimba (*Prochilodus scrofa*), cujos teores médios de gordura foram de 11,22%, 6,49%, 2,79%, respectivamente, encontrando-se ainda uma relação inversa entre os teores de umidade e lipídeos.

Já Maia (1980), estudando a composição bromatológica de curimatá (*Prochilodus scrofa*), obteve valores médios de 76,5% de umidade, 20,41% de proteína, 2,3% de gordura e 1,3% de cinzas.

Atualmente há uma crescente tendência do consumidor em reduzir o consumo de gordura de origem animal. Assim, o elevado teor de gordura nos filés pode prejudicar a imagem do produto (Pádua, 2001).

O filé representa a principal parte comestível do pescado. É constituído por músculo, tecido conectivo, tecido adiposo e pequenos ossos intermusculares, representando, em geral, a metade do peso total do pescado (Zaitsev et al., 1969, citados por Machado, 1989).

Segundo Meurer et al. (2002), o excesso de gordura na carcaça é indesejável, pois pode afetar as características organolépticas da carne. Além disso, o acúmulo de gordura na cavidade abdominal diminui o rendimento de filé e, conseqüentemente, o valor comercial do peixe.

Uma característica da fração lipídica dos peixes é seu alto teor em ácidos graxos insaturados que, apesar de ser uma vantagem nutricional, apresenta maior predisposição à rancidez oxidativa. Os ácidos graxos dos peixes de água doce são provenientes da dieta e de modificações fisiológicas (Aiura, 2003).

Embora a tilápia nilótica não apresente exigências dietéticas em ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3, filés de tilápia com teores mais elevados desses ácidos teriam maior aceitação e procura pelos consumidores, em vista dos benefícios à saúde atribuídos aos compostos desta série (Watanabe et al., 1983; Kanazawa et al., 1980, Visentainer et al., 2000, citados por Aiura, 2003).

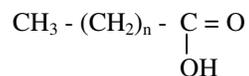
Moreira et al. (2001), estudando a composição de ácidos graxos de três espécies brasileiras de peixes de água doce, observaram que todas apresentavam uma predominância de ácido oléico (38,3% a 47,8%), seguido do ácido palmítico (21,9% a 26,62%) e do ácido esteárico (8,32% a 15,61%). A quantidade de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 obtida para piraputanga (*Brycon microlepis*), piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e para matrinxã (*Brycon cephalus*) foi de 3,61%, 3,06% e 1,68%, respectivamente.

Huang et al. (1998), avaliando a porcentagem do lipídeo total do músculo de tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*) alimentada com várias fontes de lipídeos, verificaram que a composição em ácidos graxos musculares refletiu a composição lipídica das dietas, obtendo 17,2% de ácido linoléico e 3,8% de ácido docosahexaenóico (DHA), em peixes alimentados com dietas contendo óleo de soja.

## 2.2 Ácidos graxos

### 2.2.1 Estrutura

Os ácidos graxos constituem o principal componente dos lipídeos, aos quais conferem suas propriedades gerais. São ácidos carboxílicos alifáticos obtidos, na maioria dos casos, a partir da hidrólise de gorduras e óleos naturais. Sua característica fundamental é possuir uma função ácida, de natureza carboxílica e hidrófila, e uma cadeia parafínica hidrófoba. São classificados, conforme a cadeia carbônica, em: saturados, sem duplas ligações e insaturados, contendo uma ou mais duplas ligações (Murray et al., 1994).



**FIGURA 1** Estrutura geral de um ácido graxo

Os ácidos graxos ômega-3 se encontram nesta última classificação, ou seja, tratam-se de compostos insaturados contendo mais de uma dupla ligação, sendo a primeira delas localizada entre os carbonos 3 e 4 da cadeia alifática (Rosa, 1999). A Figura 2 ilustra a diferença estrutural entre alguns dos ácidos graxos das séries ômega-6 e ômega-3.



**Ácido linoléico (C18:2 n-6,  $\Delta^{9,12}$ )**



**Ácido araquidônico (C20:4 n-6,  $\Delta^{5,8,11,14}$ )**



**Ácido eicosapentaenóico ou EPA (C20:5 n-3,  $\Delta^{5,8,11,14,17}$ )**

**FIGURA 2** Diferenças estruturais entre ácidos graxos das séries ômega-6 e ômega-3 (Murray et al., 1994).

Os ácidos graxos de origem animal apresentam geralmente uma estrutura bem simples, ou seja, têm cadeia reta, a qual pode conter até 6 duplas ligações. Os ácidos graxos de origem vegetal são bem variados, podendo conter ligações acetilênicas, epóxi-hidróxi e ceto-grupos ou anéis de ciclopropeno. Já os ácidos graxos de bactérias podem ser saturados, monoenólicos, de cadeia ramificada, ou conter um anel de ciclopropano (o ácido lactobacílico) (Rosa, 1999).

### 2.2.2 Síntese

A síntese orgânica dos ácidos graxos saturados acontece no compartimento extramitocondrial, por um sistema enzimático complexo, cujo ponto de partida é a acetil-CoA. A partir dos ácidos graxos saturados formam-se os monoinsaturados, no fígado, por meio da reação catalisada por dessaturases microssomais. Dos monoinsaturados originam-se os poliinsaturados, por ação de dessaturases específicas para a posição da dupla ligação na cadeia (Belda & Pourchet-Campos, 1991). O esquema abaixo ilustra a síntese dos ácidos graxos poliinsaturados.

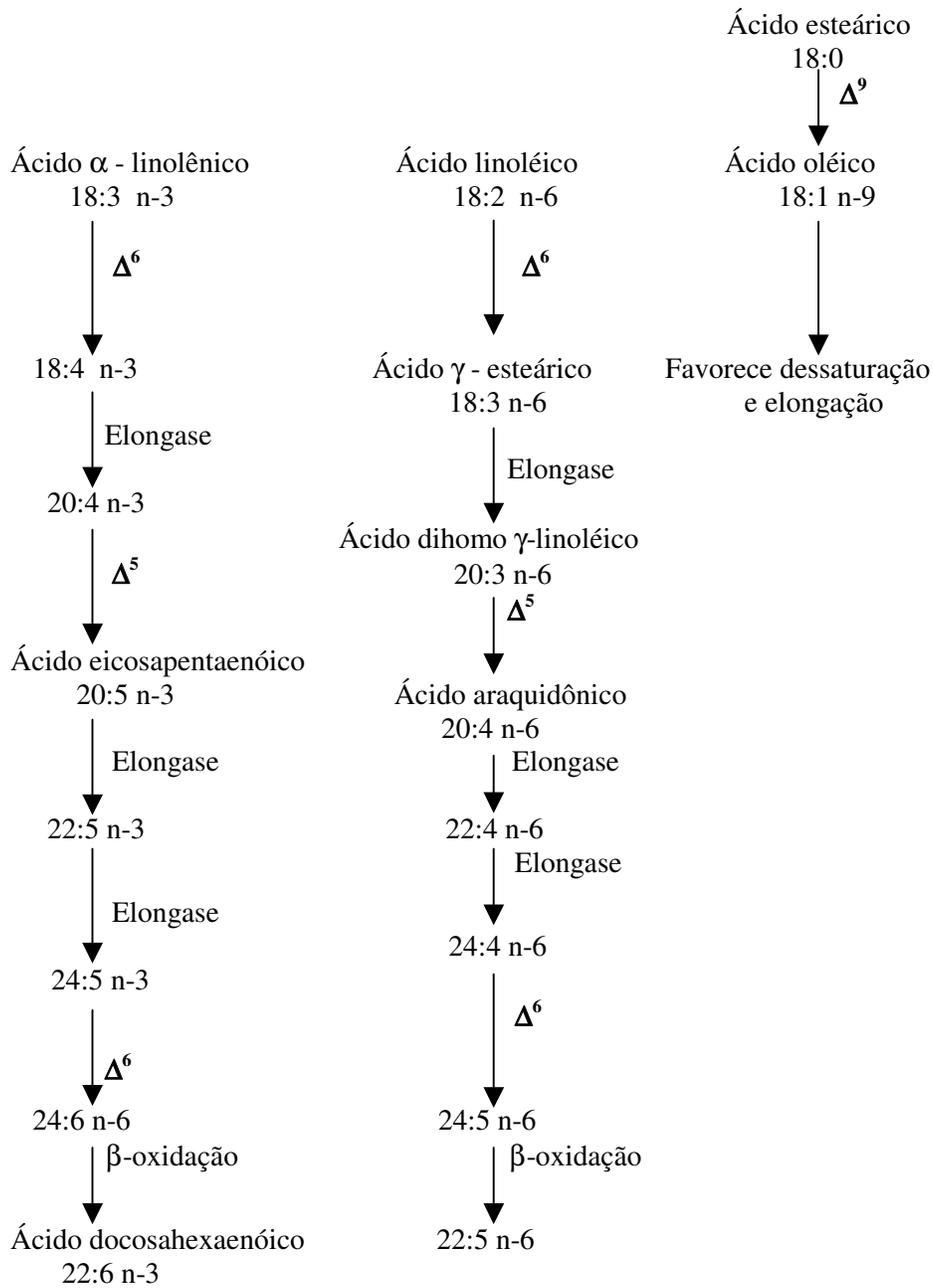


**FIGURA 3-** Resumo da síntese dos ácidos graxos poliinsaturados, a partir de um ácido graxo saturado.

O nome "ácido graxo nutricionalmente essencial" foi criado para descrever os ácidos graxos insaturados linoléico e linolênico. Os ácidos linoléico e linolênico não podem ser sintetizados no metabolismo animal; somente o ácido araquidônico pode sofrer síntese no organismo, desde que haja suprimento adequado de linoléico na dieta. Os ácidos linoléico e araquidônico possuem em comum uma dupla ligação entre os carbonos 6 e 7 (série linoléica ou n-6), o que possibilita a síntese do araquidônico a partir do linoléico, mas não o contrário. Já o ácido graxo  $\alpha$ -linolênico possui duplas ligações entre os carbonos 3,4 e 6,7 (série linolênica ou n-3). O metabolismo animal não tem capacidade de dessaturar para a extremidade metila e, portanto, a conversão de membros de

uma família ômega em outra não é possível em mamíferos. Os animais são incapazes de produzir endogenamente as famílias ômega-6 e ômega-3 que, portanto devem ser supridas pela alimentação. Dessa forma, os ácidos linoléico e linolênico, precursores destas famílias, são essenciais para os animais, sendo sintetizados somente pelas plantas. Todos os mamíferos podem sintetizar ácidos graxos *de novo*, a partir de acetil coenzima A. O produto final da enzima ácido graxo sintetase é o ácido palmítico (16:0), o qual pode ser alongado a ácido esteárico (18:0) (Swenson & Reece, 1996).

A Figura 4 mostra o esquema da biossíntese das séries de ácidos graxos poliinsaturados ômega-9, ômega-6 e ômega-3.



**FIGURA 4** Biossíntese de ácidos graxos essenciais em animais (Adaptado de Rosa, 1999).

### 2.2.3 Funções

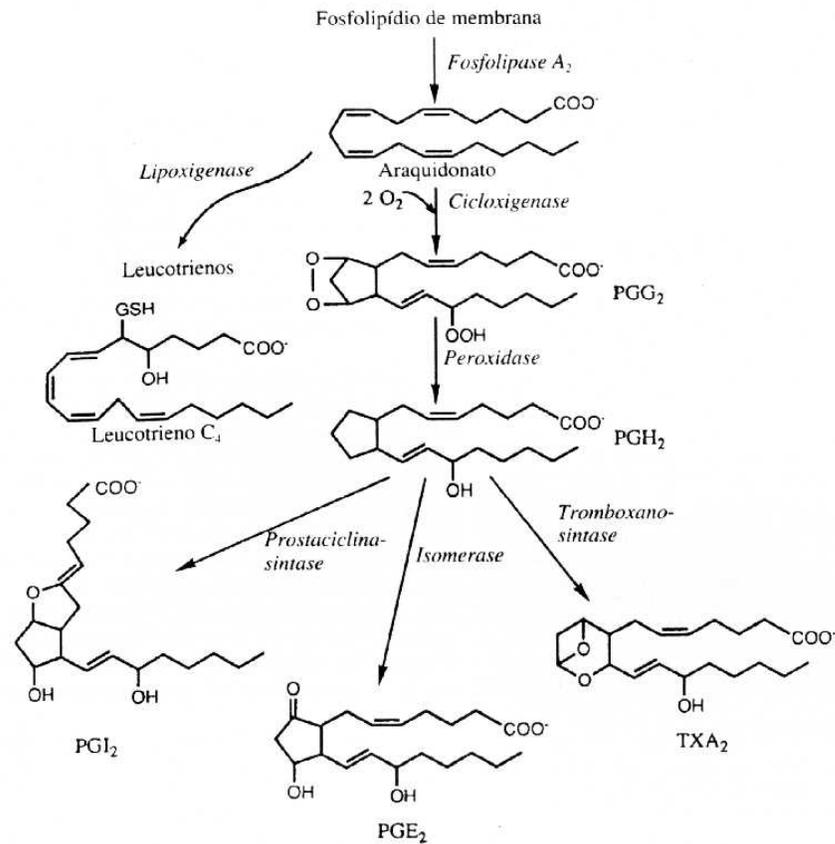
As funções dos ácidos graxos essenciais parecem ser diversas, embora não bem definidas; além da formação de prostaglandinas e leucotrienos, são encontrados nos lipídeos estruturais de todas as células e estão relacionados com a integridade estrutural da membrana da mitocôndria, ocorrendo em altas concentrações nos órgãos reprodutores (Harper et al., 1982, citados por Murgas, 1999).

A série linolênica é essencial para funções cardíacas e vasculares, como também para o bom funcionamento dos sistemas endócrino e imunológico (Nunes, 1995).

Os efeitos dos ácidos graxos de cadeia longa na redução de doenças cardíacas, no aumento do tempo de coagulação e na diminuição da agregação plaquetária, observados em esquimós, estão associados à síntese de prostanóides, que agem inibindo a agregação de plaquetas junto à parede dos vasos sanguíneos, evitando a trombose.

O ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA), ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, são importantes componentes dos fosfolipídeos das membranas biológicas, onde têm sido considerados como essenciais para a manutenção das propriedades físico-químicas da membrana, regulando a sua permeabilidade (Stubbs & Smith, 1984, citados por Murgas, 1999). Este fator é de grande relevância na parede celular dos neurônios, na iniciação e propagação dos impulsos nervosos.

A Figura 5 ilustra a síntese de eicosanóides dentro do organismo, evidenciando suas funções.



**FIGURA 5** Síntese de eicosanóides em animais. PG, prostaglandinas; TX, tromboxano; PGI<sub>2</sub>, prostaciclina I<sub>2</sub>; GSH, glutatião reduzido (Swenson & Reece, 1996).

As rotas seguidas pelos ácidos araquidônico e EPA são basicamente as mesmas, como mostra o esquema da Figura 5. Porém, o tromboxano produzido pelo ácido araquidônico (TXA<sub>2</sub>) apresenta propriedades diferentes do tromboxano gerado pelo EPA (TXA<sub>3</sub>). O TXA<sub>2</sub> é um potente vasoconstritor e promove um aumento da agregação plaquetária, enquanto o TXA<sub>3</sub> atua como vasodilatador e diminuindo a agregação plaquetária (Sprecher, 1981).

## 2.2.4 Fontes de ácidos graxos

O ácido  $\alpha$ -linolênico de óleos vegetais, como os de linhaça, de soja e de canola, representa uma das fontes de ácidos graxos poliinsaturados, entre eles, o EPA e o DHA.

Porém, a grande fonte destes ácidos reside nos alimentos de origem marinha. Os ácidos graxos altamente poliinsaturados da série ômega-3 estão presentes em concentrações relativamente altas em peixes de água fria das regiões temperadas ou subtropicais (salmão, bacalhau, arenque, entre outros). Porém, sabe-se que estas concentrações dependem da composição do plâncton local (Lottenberg, 1992).

Algumas algas marinhas, por exemplo, apresentam quantidades relevantes de ômega-3 em sua composição (Barlow & Pike, 1991). A Tabela 1 mostra o conteúdo de ácidos graxos ômega-3 em algumas algas marinhas.

**TABELA 1** Conteúdo de ácidos graxos ômega-3 em algas marinhas.

Ácido graxo	<i>Chlorella minutissima</i>	<i>Chlorella Vulgaris</i>	<i>Chlorella sp.</i>	<i>Nannochloris Coccoides</i>
18:3	0,1	Traços	0,2	0,1
20:4	--	--	--	traços
20:5	27,3	26,6	27,8	37,8
22:5	--	--	1,7	--
22:6	--	--	0,5	--

Fonte: Watanabe (1987)

O frango, quando alimentado com dietas contendo óleo como fonte de ácidos graxos, por exemplo, os óleos de soja e de linhaça, pode refletir pequenas quantidades de ácidos graxos ômega-3 na carne. Porém, a carne de outros animais não as contém. A composição das gorduras nos animais pode ser

alterada com modificações na composição dos lipídeos da dieta. Dessa forma, pode-se, por exemplo, alterar o conteúdo de ácidos graxos dos lipídeos dos músculos de aves, elevando-se os níveis de DHA e EPA por meio de manipulação da dieta (Rosa, 1999).

### **2.3 Importância do ômega-3 na saúde humana**

Estudos epidemiológicos da década de 1970 atribuíram aos PUFA (ácidos graxos poliinsaturados) o efeito protetor a certas fontes lipídicas no desenvolvimento de aterosclerose. O ponto de partida foi a comparação da alimentação dos esquimós, rica em ácido ômega-3 e que apresentam níveis baixíssimos de distúrbios cardiovasculares e a dos dinamarqueses, que apresentam maior incidência deste tipo de doença. Percebeu-se, então, que a diminuição do risco destas doenças estava relacionada com a síntese de prostanóides, evitando a trombose (Calder, 1998 e Sinclais, 1953). Os principais efeitos dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 dietéticos sobre a incidência de aterosclerose e sobre os parâmetros lipoprotéicos e circulatórios, observados por alguns autores (Lottemberg, 1992, Garg & Wierzbicki, 1989, Alexander, 1998), são discriminados a seguir:

- aterosclerose rara entre esquimós com alto consumo de óleo de peixe;
- relação inversa dose-dependente entre doença coronariana e consumo de óleo de peixe;
- decréscimo do endurecimento das artérias de humanos, diabéticos e saudáveis, consumidores de peixe, em relação aos não consumidores;

- redução no re-estreitamento pós-cirúrgico das artérias coronárias em pacientes que receberam óleo de peixe;
- Aumento do HDL<sub>2</sub> - colesterol com o consumo moderado de óleo de peixe;
- Redução da agregação plaquetária e de fibrinogênio no sangue.

Estudos fundamentais sobre nutrição humana têm demonstrado que os indivíduos que se alimentam de produtos contendo ômega-3, principalmente EPA e DHA, apresentam o nível de colesterol reduzido, embora ainda não esteja muito claro como os ácidos graxos insaturados suprimem as atividades dos receptores de LDL (lipoproteína de baixa densidade), que estão negativamente correlacionados com o risco de doenças cardiovasculares (Lottemberg, 1992).

Para Garg & Wierzbicki (1989), a redução do colesterol pelos PUFAs foi demonstrada em alguns trabalhos, mesmo sem o esclarecimento total dos mecanismos, através de evidências como inibição da síntese endógena de colesterol, aumento da taxa de esterificação do colesterol, aumento da excreção de colesterol na bile e aumento da síntese de sais biliares.

A quantidade média diária recomendada de ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3) na dieta de humanos é 0,5% do total da energia exigida por dia, sendo que 1g deve ser de ácido eicosapentaenóico + ácido docosahexaenóico, para se obter os efeitos clínicos desejados (FAO, 1980).

#### **2.4 Importância do ômega-3 na alimentação de peixes**

Os efeitos dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 foram primeiramente descritos em mamíferos. Estes efeitos foram relacionados com a função cardíaca e problemas de isquemia cerebral, causando hipóxia local do tecido. Os peixes, diferente da maioria dos vertebrados, respiram oxigênio da

água, e, dependendo da sua disponibilidade, podem experimentar períodos de hipóxia. Porém, os lipídeos da carne de peixe são ricos em ômega-3, enquanto que estes ácidos graxos altamente insaturados são componentes minoritários nas carnes de animais terrestres.

Alguns experimentos com esturjões e enguias, recebendo fontes de ácidos graxos nas rações (por meio do uso de óleos), mostram que os ácidos graxos influenciam a taxa metabólica dos animais, com possíveis conseqüências sobre a capacidade de tolerar a hipóxia. A baixa taxa metabólica dos esturjões alimentados com altos níveis de ômega-3 está ligada a um aumento na tolerância à hipóxia. Estes estudos ainda comprovam um crescimento melhor dos animais alimentados com dietas ricas em ômega-3 do que os alimentados com a dieta comercial, sem a suplementação de óleo. A composição da carcaça destes peixes também foi alterada. Os esturjões alimentados com a dieta rica em ácidos graxos ômega-3 apresentaram níveis mais altos desses compostos (EPA e DHA) no fígado, músculos e coração, quando comparados àqueles que receberam dietas contendo níveis maiores de ácidos graxos saturados (Brinkmeyer & Holt, 1998).

Os ácidos graxos altamente poliinsaturados da série ômega-3 participam em maior grau da composição da carcaça de peixes marinhos, quando comparados aos peixes brasileiros de água doce. A Tabela 2 mostra uma comparação entre os níveis de EPA e DHA presentes na carcaça de peixes brasileiros de água doce e peixes marinhos.

**TABELA 2** Conteúdo de ácidos graxos ômega-3, especificamente EPA e DHA, em peixes brasileiros de água doce e em peixes marinhos (% de peso da quantidade total de ácidos graxos).

PEIXE	AG ômega-3	
	EPA (C20:5 n-3)	DHA (C22:6 n-3)
<b>Água doce</b>		
Curimba	5,6	3,0
Lambari	2,6	6,8
Pintado	7,5	21,8
Traíra	3,4	7,1
Mandi	1,5	2,0
<b>Marinhos</b>		
Cavalinha	6,2	13,0
Manjuba	8,8	23,7
Pescada	7,7	19,2
Arraia	4,1	11,6
Sardinha	24,2	6,5
Atum	7,8	32,5

Adaptado de Watanabe (1987)

As exigências dietéticas de alguns ácidos graxos para peixes são variáveis, conforme a espécie (NRC, 1993). Algumas espécies requerem n-3, n-6 ou ambos. Outras podem converter ácidos graxos insaturados de cadeias longa em PUFAs de cadeias menores, enquanto muitas espécies não o fazem e, portanto, devem consumi-los na dieta. Espécies tropicais, como as tilápias, por exemplo, têm exigência maior de ácidos graxos da série n-6 em relação aos da série n-3. Já as espécies de água fria, como as trutas, apresentam uma maior exigência de n-3 podendo converter o ácido linolênico em EPA e DHA

(Conceição, 1997). Espécies marinhas, como o "yellow tail", porém, não sendo capazes de converter ácido linolênico em EPA e DHA, requerem-nos na dieta (Lovell, 1998). Na Tabela 3 estão apresentadas as exigências de ácidos graxos essenciais para algumas espécies de peixes.

**TABELA 3** Exigência de ácidos graxos essenciais em peixes.

<b>Espécie</b>	<b>Ácido graxo</b>	<b>Exigência</b>	<b>Referência</b>
Truta arco-íris	C18:3 n-3	1,0%	Castell et al. (1972)
Carpa	C18:3 n-3 e C18:2 n-6	0,8%	Takeuchi & Watanabe (1977)
Salmão chum	C18:3 n-3 e C18:2 n-6	1,0%	Takeuchi et al. (1980)
Tilápia do nilo	C18:2 n-6	0,5%	Takeuchi et al. (1983)
Besugo	C20:5 n-3	0,50%	Yone et al. (1978)

(Adaptado de Watanabe, 1987)

Alguns problemas relacionados com a deficiência de ácidos graxos poliinsaturados foram constatados em larvas de peixes marinhos, que apresentaram um comportamento anormal, dentre outras patologias (Tocher, 1997, Rainuzzo e Raitan, 1997).

Segundo Watanabe (1987), a truta arco-íris e o besugo (*Chrysophrys major*), por exemplo, têm necessidades específicas de ácidos graxos essenciais, principalmente na fase reprodutiva. Sua deficiência pode acarretar danos em parâmetros reprodutivos, como mostrado na Tabela 4.

**TABELA 4** Efeitos da deficiência de ácidos graxos essenciais sobre a desova de truta arco-íris (*O. mykiss*) e besugo (*Chrysophrys major*).

	N <sup>o</sup> DE OVOS	FERTILIDADE (%)	NASCIMENTO (%)	ANOMALIAS (%)
<b>Truta arco-íris</b>				
Controle	2375	83,6	70,0	--
n-3 ausente	1429	53,9	46,4	--
<b>Besugo</b>				
Controle	1740000	--	93,9	1,8
n-3 ausente	1170000	--	0,9	90,0

Watanabe (1987)

Bragagnolo et al. (1998), em estudo com silagem química de resíduos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), verificaram que os ácidos graxos insaturados corresponderam a 53% do total dos ácidos graxos presentes. Porém, a proporção do total de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 é mais reduzida em peixes de água doce do que em peixes marinhos (Nanton, 1999).

No princípio da década de 80, mostrou-se que o valor nutricional de alimentos vivos para larvas de peixes marinhos estava relacionado com seu conteúdo em PUFA (Watanabe, 1987). Várias técnicas de enriquecimento foram então desenvolvidas para aumentar os níveis de ácidos graxos altamente insaturados e de ômega-3 na presa viva. Usando estas técnicas, muitos estudos foram conduzidos para avaliar os efeitos da ingestão de presas enriquecidas por diferentes tipos de larvas de peixes marinhos (Arana, 1999). Esses estudos, juntamente com o uso de microdietas, mostraram que o peixe em desenvolvimento requer níveis mais altos de ácidos graxos altamente insaturados e de ômega-3, do que os peixes adultos e que a eficácia dos ácidos graxos DHA

é superior à do EPA (Watanabe et al., 1983; Sargent, 1995, citados por Silva, 2001).

### **2.5 Enriquecimento da carne de peixe com ômega-3**

A crescente preocupação dos consumidores em relação à alimentação e as inferências desta na saúde humana, faz com que a qualidade dos alimentos passe a ser um fator decisivo na escolha do produto. Alimentos acrescidos de ácidos graxos, principalmente da série ômega-3, têm tido grande aceitação no mercado.

Encontrar maneiras de enriquecê-lo através de modificações na alimentação dos animais, pode ser uma forma viável de agregar valores ao alimento, tornando-o nutricionalmente saudável.

Uma maneira prática de enriquecer a alimentação de peixes criados em cativeiro é pelo uso de alimento natural, que pode ser obtido pela fertilização dos tanques com adubo orgânico e/ou químico.

O plâncton é composto por comunidades de pequenos organismos, que vivem em suspensão na água, sendo normalmente classificado em zooplâncton e fitoplâncton (Colus, 1995).

O fitoplâncton é o principal produtor primário nos ecossistemas aquáticos. As microalgas constituintes da comunidade fitoplanctófaga são fontes de alimento para consumidores primários, como os organismos do zooplâncton. As algas concentram alto valor nutricional, com elevados teores de proteínas, ácidos graxos, vitaminas e uma alta eficiência fotossintética, com produção por unidade de área superior à de plantações convencionais (Ukele, citado por Oliveira, 2001).

A comunidade zooplanctófaga de ambientes dulcícolas é composta principalmente de rotíferos, protozoários e microcrustáceos, como cladóceros e

copépodes. Alimentam-se basicamente de fitoplâncton, bactérias e detritos orgânicos, ou até mesmo de outros organismos do zooplâncton, podendo formar redes tróficas bastante complexas (Landa, 1999).

O plâncton constitui um item obrigatório na dieta de quase todos os alevinos e de muitas espécies de peixes filtradores. O zooplâncton acumula suas reservas energéticas predominantemente sob a forma de lipídeos. Segundo Watanabe et al. (1983), a melhor opção para a nutrição inicial das larvas e pós-larvas é o alimento vivo, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos essenciais.

A composição em ácidos graxos da carcaça destes peixes irá depender de sua alimentação e, conseqüentemente, de sua capacidade filtradora.

A fertilização orgânica pode ser obtida pela adição de dejetos animais nos tanques de criação. Após essa adição, a fração mineral torna-se disponível para a produção celular, tanto para a fotossíntese como para o crescimento heterotrófico de bactérias. Ao digerirem a fração orgânica, as bactérias liberam minerais (principalmente fósforo e nitrogênio) e produzem gás carbônico (CO<sub>2</sub>), sendo ambos utilizados para a produção fotossintética dos plânctons. O plâncton não consumido pelos peixes morre rapidamente e é decomposto pelas bactérias, fechando assim o que se chama de "ciclo biológico" (Hepher, 1967 e Huet, 1973, citados por Rosa, 1989). Os dejetos mais utilizados para aumentar a produtividade dos tanques são os de suínos, aves e bovinos.

A inclusão de ácidos graxos poliinsaturados em produtos de origem animal, agregando valores a estes produtos, seja pela modificação da alimentação dos animais ou pela adição durante o processamento industrial, tem sido muito propagada nos últimos anos (Silva, 2001).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e duração do experimento

O experimento foi conduzido na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, Laboratório de Fisiologia e Farmacologia do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA e na EPAMIG Lavras.

O período experimental foi entre os meses de março e junho de 2003.

#### 3.2 Material biológico e tratamentos

Foram utilizados 2.095 machos sexados de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), dos quais 20 alevinos foram separados no início do experimento, como controle dos parâmetros experimentais e o restante foi distribuído em 2 tanques de terra de 390 m<sup>2</sup> cada e 1 tanque de alvenaria de 50 m<sup>2</sup>, mantendo-se uma relação de 2,5 peixes/m<sup>3</sup>. Ao final do período experimental foram retiradas de cada tanque 10 amostras de 5 peixes cada, para a constituição de amostras compostas.

Os tratamentos aplicados foram:

- 1- sistema de criação com ração comercial em tanque de alvenaria;
- 2- sistema de criação com ração comercial em tanque de terra;
- 3- sistema de criação com alimentação natural, através do uso de fertilização em tanque de terra.

Os alevinos receberam ração comercial com 32% de proteína, *ad libitum*, até atingirem o peso médio de 50 gramas, a partir do qual passaram a receber a ração comercial, com 28% de proteína.

Os peixes, nos tratamentos 1 e 2, receberam ração extrusada, uma vez ao dia, pela manhã (9:00h).

O monitoramento da qualidade da água dos tanques foi feito semanalmente, durante os horários de alimentação, controlando-se a temperatura da água e o teor de oxigênio por meio do uso de um oxigenômetro digital portátil, o pH, utilizando um medidor de pH e o índice de transparência, com o auxílio de um disco de Secchi de 26,5 cm de diâmetro (Sipaúba-Tavares, 1994)

A fertilização inicial do tanque convencional (de terra), utilizado no tratamento 3, ocorreu por meio da adição de esterco de aves curtido, como adubo orgânico e uma mistura de sulfato de amônia e super fosfato simples, como adubo químico, mantendo-se uma relação nitrogênio:fósforo de 5:1. A manutenção foi feita semanalmente, adicionando-se à água do tanque, 20 kg de esterco de aves curtido, obtido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFLA.

### **3.3 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), sendo o modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij},$$

em que:

$y_{ij}$  = amostragem da parcela referente à condição de cultivo  $i$  na repetição  $j$  ( $i = 1,2,3$  e  $j = 1,2, 3, \dots, 10$ );

$\mu$  = média geral do experimento;

$t_i$  = efeito da condição de cultivo  $i$  ( $i = 1,2,3$ )

$e_{ij}$  = desvio associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, com média zero e variância  $\delta^2$ .

A análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG, proposto por Euclides (1997), sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

### **3.4 Métodos analíticos**

Foram realizadas análises do plâncton dos tanques, da ração fornecida durante o experimento e dos filés dos peixes.

Ao final da fase experimental de campo foram retiradas dos tanques 10 amostras com 5 peixes cada, para a composição de amostras compostas, totalizando assim 10 repetições.

Os peixes de cada amostra, eviscerados e desprovidos de cabeça e nadadeiras, foram filetados e moídos, constituindo uma massa única. As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas, próprias para congelamento, onde sofreram adição de nitrogênio gasoso, para então serem embrulhadas em papel alumínio e armazenadas a uma temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , evitando oxidação até que pudessem ser analisadas para a determinação do perfil de ácidos graxos e da composição química.

A composição de ácidos graxos foi obtida por cromatografia gasosa. As amostras foram transmetiladas com base na metodologia de Hartman & Lago (1973), citados por Rosa (1999), que consiste de saponificação e conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos. Foi utilizado um cromatógrafo gasoso CP 3800, Varian, equipado com injetor automático CP 8200, detector por ionização em chama, injetor split/splitless, coluna capilar de sílica fundida DB-WAX (30m x 0,25 mm x 0,25 $\mu\text{m}$ ) (J&W Scientific, USA), acoplado a um software (Borwin, JMBS Developpements). As condições cromatográficas foram: gás de arraste nitrogênio, numa vazão de 2,0 mL/min.; temperatura inicial da coluna em

150<sup>0</sup>C, durante 5 minutos, elevando-se 6<sup>0</sup>C/min., até 235<sup>0</sup>C; temperatura do detector em 280<sup>0</sup>C e do injetor em 250<sup>0</sup>C e split na razão 1:25. Foram injetados 3 $\mu$ L de amostra. A identificação e quantificação dos ácidos graxos foram feitas por comparação dos tempos de retenção dos padrões de ésteres metílicos com os da amostra.

Entre outras análises, a determinação do perfil de ácidos graxos foi comum à ração e aos filés dos peixes, seguindo a metodologia proposta acima.

O zooplâncton e o fitoplâncton, coletados a cada semana com o auxílio de uma rede de plâncton, por arrasto vertical no monge, passaram por análises qualitativas, seguindo a metodologia descrita por Augusto & Melo (1981). Essas amostras coletadas dos tanques foram armazenadas em frascos plásticos e fixadas com uma solução de formol (10%) e glicerina (3%). A identificação do fitoplâncton foi realizada pela observação de lâminas em microscópio óptico com aumento de 100x. O zooplâncton foi identificado colocando-se uma alíquota de 1ml em placa de petri para observação direta em microscópio estereoscópio. As espécies foram classificadas com o auxílio de uma chave dicotômica específica para organismos de água doce.

A ração e as amostras dos filés foram também analisadas em laboratório para a determinação dos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas, seguindo a metodologia proposta por Silva (1998).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros limnológicos

Os dados limnológicos coletados durante o período experimental mostraram-se diferentes quando comparados bimestralmente, principalmente os parâmetros de temperatura e índice de transparência da água. Os valores médios de temperatura para os meses de março e abril, de 26<sup>0</sup>C no tanque referente ao tratamento 3 (tanque adubado), diferiram dos dois meses finais de experimento (maio e junho), quando se obteve uma média de 21<sup>0</sup>C, em função da proximidade da estação de inverno. Este fato interferiu negativamente no desenvolvimento do plâncton, neste tanque, observado pelo aumento no índice de transparência da água, proporcional à queda na temperatura. Este aumento da transparência, de 33cm para 42cm, determinou uma limitação na disponibilidade de alimento aos peixes. Assim, seu desenvolvimento foi menor em relação aos peixes dos outros dois tratamentos. Porém, é comum a observação de índices zootécnicos mais baixos em sistemas de cultivo que envolvem alimentação natural.

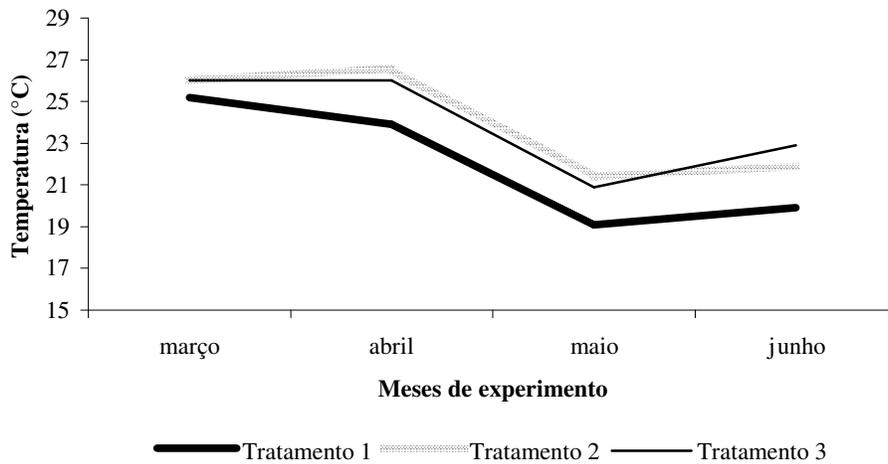
O índice de transparência variou entre os tratamentos em função, principalmente, do tipo de tanque utilizado, estando, porém, dentro dos limites desejados.

Os demais parâmetros limnológicos, como o pH e o oxigênio dissolvido (DO<sub>2</sub>), mantiveram-se dentro de faixas normais para a espécie em estudo. Os dados limnológicos referentes aos tanques experimentais estão apresentados na Tabela 5.

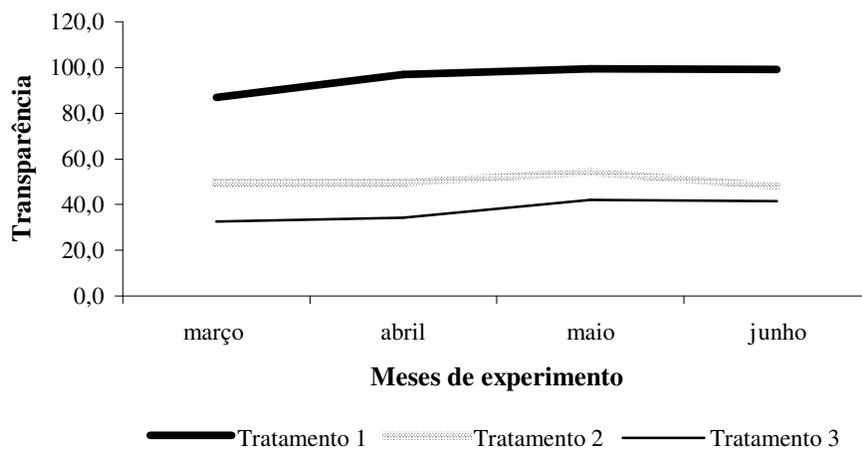
**TABELA 5** Valores médios mensais dos parâmetros limnológicos obtidos nos tanques experimentais.

<i>Mês</i>	<i>Tratamento</i>	<b>PARÂMETROS</b>			
		<i>pH</i>	<i>DO<sub>2</sub> (mg/L)</i>	<i>Temp. (°C)</i>	<i>Transp. (cm)</i>
<b>Março</b>	1	6,8	6,1	25,2	87,0
	2	7,0	2,9	26,0	49,6
	3	7,6	7,3	26,0	32,5
<b>Abril</b>	1	6,6	6,0	23,9	96,8
	2	7,0	3,9	26,6	49,5
	3	7,2	8,5	26,0	34,2
<b>Maiο</b>	1	5,9	6,7	19,1	99,5
	2	6,7	4,7	21,4	54,2
	3	6,8	8,9	20,9	42,0
<b>Junho</b>	1	6,8	6,8	19,9	99,0
	2	6,9	5,9	21,9	48,0
	3	7,4	8,8	22,9	41,6

Os gráficos representativos das variações nos principais parâmetros limnológicos, temperatura e índice de transparência da água, ao longo do período experimental, estão apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.



**FIGURA 6** Variação dos valores de temperatura da água nos tanques durante o período experimental.



**FIGURA 7** Variação do índice de transparência da água nos tanques durante o período experimental.

## 4.2 Fitoplâncton e zooplâncton

A observação do plâncton dos tanques de cultivo mostrou uma maior concentração de indivíduos e maior variedade de gêneros no tratamento 3 (tanque adubado), como apresentado na Tabela 6. Foram identificados 5 gêneros distintos de zooplâncton, com espécies de 100 a 200 µm. Dentre eles, *Cyclops*, *Bosmia* e *Calanus* foram de ampla distribuição, podendo ser encontrados nos três sistemas de cultivo e em todas as fases do experimento. Dentre os gêneros predominantes de fitoplâncton foram observados *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Nitzchia* e *Navicula*, com espécies variando entre 10 e 80 µm. A população de microalgas do gênero *Chlorella* sobressaiu-se em relação às demais no tratamento 3, em resposta à relação nitrogênio:fósforo de 5:1, obtida com a adubação química e orgânica.

**TABELA 6** Principais gêneros de fitoplâncton e zooplâncton encontrados nos tanques experimentais.

<i>Tratamento</i>	<i>Fitoplâncton</i>	<i>Zooplâncton</i>
1	<i>Scenedesmus</i>	<i>Bosmia</i>
	<i>Navicula</i>	* <i>Cyclops</i> <i>Calanus</i>
2	<i>Chlorella</i>	<i>Bosmia</i>
	<i>Scenedesmus</i>	* <i>Cyclops</i>
	<i>Nitzchia</i> <i>Navicula</i>	<i>Calanus</i> <i>Moina</i>
3	* <i>Chlorella</i>	* <i>Bosmia</i>
	<i>Scenedesmus</i>	* <i>Cyclops</i>
	<i>Nitzchia</i>	* <i>Calanus</i>
	<i>Navicula</i>	* <i>Moina</i> <i>Ceriodaphnia</i> <i>Diaphanosoma</i>

\* Gênero encontrado em grande abundância na água do tanque

A população de microalgas dos gêneros descritos sobressaíram-se em relação às demais em resposta à relação nitrogênio:fósforo de 5:1, obtida com a associação de adubos químicos e orgânicos, e em resposta às condições de pH da água.

As condições de pH próximo da neutralidade, observadas no tanque adubado (valores entre 6,8 e 7,4), permitiram o predomínio de algas da classe das clorofíceas, principalmente do gênero *Chlorella*, em detrimento da categoria das cianofíceas que, normalmente, se sobressaem em condições mais ácidas (Shapiro, 1973, citado por Matheus & Barbieri, 1999).

A diversidade de espécies planctônicas, bem como sua composição e distribuição, está relacionada ao estado trófico do ambiente e ao grau de interação biológica.

Uma das características mais importantes das associações naturais do fitoplâncton é a presença de um grande número espécies num mesmo ambiente (Colus, 1995). Embora a maioria das algas esteja competindo pelos mesmos nutrientes, freqüentemente diversas espécies coexistem num mesmo local (Nogueira, 1990).

Gannon & Stemberger (1978), citados por Landa (1999) e Blancher (1984), demonstraram que os sistemas oligotróficos são dominados pelos copépodes como os gêneros *Calanus* e *Cyclops*, enquanto os sistemas mais eutróficos são dominados pelos cladóceros (*Bosmia*, *Ceriodaphnia*, *Diaphanosoma*, *Moina*, entre outros).

Os cladóceros têm ampla distribuição em sistemas continentais, especialmente em ambientes lênticos. Segundo Edmondson (1959), a região limnética apresenta, normalmente, população de cladóceros com grande número de indivíduos, porém pobre em espécies. As mais encontradas pertencem aos gêneros *Bosmia* e *Moina*, como verificado nos tanques experimentais durante os meses de março a junho de 2003.

Os copépodes foram também um grupo abundante nos tanques de cultivo, sendo predominantes as fases jovens, como náuplios e copepoditos. Lima (1994), entre outros autores discute essa característica, ressaltando a importância das formas jovens de copépodes na estrutura da comunidade zooplanctônica. Foram encontradas principalmente espécies pertencentes aos gêneros *Cyclops* e *Calanus*, estando presentes nos três tanques experimentais, embora Landa (1999), analisando a água de abastecimento da Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras, tenha observado ocorrência esporádica de *Calanus*.

#### 4.3 Composição química dos filés

O peso médio dos peixes nas condições experimentais foi de 174,5g, no tratamento 1, 65,41g no tratamento 2 e 173,3g no tratamento 3.

De acordo com os resultados da análise de variância, é possível observar um efeito significativo dos tratamentos sobre a composição química dos filés de tilápia ( $P < 0,05$ ) (Tabela 7).

**TABELA 7** Composição química dos filés de tilápia e efeito dos tratamentos no percentual de nutrientes, em base de matéria seca.

Tratamentos	Nutrientes (%) *			
	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas
1- Tanque de alvenaria + ração	75,86±1,84 <sup>a</sup>	51,72±1,69 <sup>b</sup>	12,32±1,32 <sup>b</sup>	6,20±0,52 <sup>a</sup>
2- Tanque de terra + ração	75,58±4,50 <sup>a</sup>	68,17±1,99 <sup>a</sup>	14,26±0,75 <sup>a</sup>	6,10±1,15 <sup>a</sup>
3- Tanque de terra + adubação	73,47±4,96 <sup>a</sup>	70,55±5,27 <sup>a</sup>	7,44±0,74 <sup>c</sup>	4,93±0,81 <sup>b</sup>
CV (%)	5,348	5,352	8,631	15,061

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Observou-se efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de proteína bruta ( $P < 0,05$ ). O sistema de criação que envolve tanques de terra, adubados ou não, proporciona melhores níveis de proteína nos filés quando comparado aos tanques de alvenaria.

Estes resultados concordam com Araújo (1999), que obteve um percentual de proteína bruta semelhante (64%) ao trabalhar com milho extrusado na alimentação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), criada em tanques de terra convencionais, e com Sirol (1999) que, avaliando a composição corporal de alevinos de tilápia vermelha (*O. niloticus* x *O. aureus*), encontrou também teores de proteína em torno de 66% a 70%.

Estes teores de proteína mais elevados são, em parte, atribuídos ao plâncton presente nestes tanques. A *Chlorella*, gênero de microalgas encontrado em alta concentração no tratamento 3 (tanque de terra adubado), pertence à classe das clorofíceas, cujos teores médios de proteína são de 30%. O zooplâncton também contribui para a elevação destes níveis de proteína dos filés (Azim et al., 2002).

Da mesma forma, os resultados para o tratamento 1 (tanque de alvenaria + ração) são condizentes com aqueles observados por Furuya et al. (2000) que, trabalhando com exigência protéica para alevinos de tilápia nilótica, constataram teores de proteína na carcaça em torno de 58%, para animais criados em condições semelhantes.

Os teores de lipídeo nos filés também diferiram significativamente entre os tratamentos, sendo mais elevados nos peixes mantidos em tanque de terra e alimentados com ração, e inferiores nos animais cuja única fonte alimentar era o plâncton ( $P < 0,05$ ). Os resultados encontrados para os peixes dos tanques de alvenaria e de terra, alimentados com ração, se assemelham aos de Aiura (2003). Este autor, estudando a deposição lipídica em tilápias alimentadas com dietas contendo tanino, observou níveis de lipídeos corporais próximos de 13%.

Percentuais semelhantes (13,3% de lipídeos) também foram relatados por Luzia et al. (2003), ao analisarem o perfil lipídico da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), entre outras espécies de peixes alimentados com ração. Furuya et al. (2000) encontraram valores superiores (12,32%), uma vez que estes autores reportam a ocorrência de 8,37% de extrato etéreo para tilápias mantidas em tanques de alvenaria.

Os baixos teores de gordura observados para os peixes do tanque adubado (tratamento 3) podem ser explicados pela baixa concentração lipídica da *Chlorella*, gênero de microalgas encontrado em maior abundância neste tratamento. As clorofíceas apresentaram, em média, 2,6% a 3,0% de lipídeos em sua composição (Azim et al., 2002) Um outro fator a ser considerado é a baixa disponibilidade de plâncton nos meses finais do experimento, representado uma limitação alimentar aos peixes.

Esta variação nos teores de lipídeos dos filés também pode estar relacionada à falta de padronização das rações fornecidas durante o experimento, uma vez que o mercado não disponibiliza rações específicas para atender às exigências nutricionais da tilápia. Assim, o aproveitamento de carboidrato pelos peixes pode ter sido diferenciado, se considerarmos sua forma de apresentação: amido nas rações e laminarina nas algas.

A deposição lipídica em peixes ainda pode ser influenciada pela temperatura, tamanho e estágio de desenvolvimento dos mesmos. Maia & Rodriguez-Amaya (1984), em estudo sobre a composição em ácidos graxos de vários peixes de água doce, relataram valores médios de gordura muscular de 10,64% para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), enquanto Viegas (1993) constatou uma média de 9,34% de lipídeos na mesma espécie.

Foram observadas diferenças significativas também para os teores de cinzas nos filés de tilápia, sendo o tratamento 3 (tanque de terra + adubação) o sistema que proporcionou os níveis mais baixos de cinzas ( $P < 0,05$ ). Os valores

encontrados, de 6,10% e 4,93% para os tratamentos 2 (tanque de terra + ração) e 3 (tanque terra + adubação), respectivamente, discordam dos de Araújo (1999), cujos teores de cinzas reportados são superiores, atingindo uma média de 12,09% em sistemas de criação semelhantes.

Os teores de umidade nos filés apresentaram-se uniformes dentre os tratamentos, não sendo detectadas diferenças estatisticamente significativas ( $P>0,05$ ). Os resultados, em média, de 75% de umidade estão de acordo com a maioria dos estudos realizados com composição corporal de peixes de água doce.

#### 4.4 Perfil de ácidos graxos poliinsaturados dos filés

Os resultados da análise de variância mostram efeito significativo ( $P<0,05$ ) dos tratamentos sobre o perfil de alguns ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (C18:2 n-6 e C20:4 n-6) e ômega-3 (C18:3 n-3; C20:3 n-3, C20:5 n-3 e C22:6 n-3) dos filés de tilápia (Tabela 8).

**TABELA 8** Perfil dos ácidos graxos poliinsaturados encontrados nos filés de tilápia e efeito dos tratamentos nesses percentuais.

Tratamento	Ácido graxo *					
	C18:2	C18:3	C20:3	C20:4	C20:5	C22:6
1- Tq. Alvenaria	14,86±2,13 <sup>a</sup>	1,01±0,09 <sup>b</sup>	0,95±0,10 <sup>a</sup>	0,21±0,04 <sup>b</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,98±0,04 <sup>b</sup>
2- Tq. Terra	15,86±2,07 <sup>a</sup>	1,39±0,22 <sup>b</sup>	0,69±0,05 <sup>ab</sup>	0,10±0,08 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0,89±0,06 <sup>b</sup>
3- Tq. Adubado	7,76±0,87 <sup>b</sup>	2,32±0,54 <sup>a</sup>	0,44±0,02 <sup>b</sup>	2,99±0,16 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	10,01±2,97 <sup>a</sup>

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Observou-se efeito significativo dos tratamentos sobre os teores dos ácidos graxos pesquisados (série ômega-6: C18:2 n-6 e C20:4 n-6; série ômega-3: C18:3 n-3; C20:3 n-3, C20:5 n-3 e C22:6 n-3) ( $P < 0,05$ ).

O ácido graxo C18:2 n-6 foi encontrado em maior proporção nos tratamentos 1 e 2 (14,86% e 15,86%, respectivamente), nos quais os animais eram alimentados com ração. Estes resultados concordam com Maia (1992) que, avaliando a composição de ácidos graxos da tilápia nilótica mantida sob sistemas de criação semelhantes, encontrou valores de 13,4% desse ácido graxo. Porém, Aiura (2003) encontrou valores superiores para o C18:2 n-6 (aproximadamente 22%), ao trabalhar com diferentes níveis de tanino para tilápia. Esta superioridade é ainda relatada em maior escala por Justi et al. (2003) que, trabalhando com tilápias, também observaram teores de 53,8% de C18:2 n-6 nos filés. A concentração mais elevada desse ácido graxo nestes tratamentos em relação ao tanque adubado pode ser explicada pelos seus altos teores nas rações utilizadas tanto na fase de alevinagem quanto na fase de crescimento e engorda (28,12% e 29,16%, respectivamente). Os teores de ácidos graxos, expressos em porcentagem do lipídeo total do músculo de tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*) alimentada com várias fontes de lipídeos, mostraram-se como reflexo da composição lipídica da dieta, segundo Huang et al. (1998), que encontraram 17,20% de C18:2 n-6, para os peixes alimentados com dieta contendo óleo de soja.

A baixa porcentagem de C18:2 n-6 nos filés dos peixes mantidos sob sistema de adubação (7,76%) está de acordo com Luzia et al. (2003). Ao avaliarem o perfil de ácidos graxos da tilápia obtida em rios, estes autores reportaram valores de 8,95% deste composto no verão e 4,10% no inverno, explicando esta variação pela diminuição na disponibilidade de alimento natural para os peixes na época mais fria do ano. Esta baixa concentração de C18:2 n-6 nos filés dos peixes do tanque adubado (tratamento 3) também pode ser atribuída

ao fato de que algumas espécies de copépodes (categoria de microcrustáceos encontrada na água do tanque), em especial aquelas pertencentes ao gênero *Calanus*, apresentam, em média, 5% desse ácido graxo em sua composição (Lavaniegos & López-Cortés, 1997).

Apesar das diferenças de concentração do C18:2 n-6 nos filés dos peixes do tanque adubado em relação aos demais tratamentos, o C20:4 n-6, um outro representante da série ômega-6, foi encontrado em proporções inversas, tendo níveis mais elevados nos peixes sob efeito da adubação (2,99%). Este perfil está de acordo com Luzia et al. (2003), que reportaram para este ácido graxo nas tilápias em ambiente natural, valor de 3,09%. Porém, para os tratamentos com ração, 1 e 2, os valores de 0,21% e 0,10%, respectivamente, são contraditórios aos percentuais encontrados por Maia (1992), de 2,5% de C20:4 n-6, para tilápias alimentadas com rações semelhantes.

Com relação aos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3, o C18:3 n-3 mostrou-se mais elevado do tratamento 3, quando comparado aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ). O teor de 2,32% deste ácido graxo é condizente com os teores médios fornecidos pelo zooplâncton, mais especificamente pelos copépodes, de 3% desse composto, segundo Lavaniegos & López-Cortés (1997). Os resultados para os demais tratamentos, 1,01% e 1,39% (tanque de alvenaria e tanque de terra + ração, respectivamente), mostram-se também próximos aos percentuais encontrados por Aiura (2003), em média 1,6% e Justi et al. (2003), 1,58%, embora Maia (1992) tenha obtido valores inferiores (0,6%, em média).

Esta menor concentração de C18:3 n-3 observada nos animais submetidos a tratamentos com ração está relacionada à pequena porcentagem deste ácido graxo presente nessas rações (1,67% na ração de alevinagem e 0,08% na ração de crescimento e engorda). Portanto, mais uma vez se confirma o reflexo da composição lipídica das dietas no perfil de ácidos graxos do músculo dos animais em estudo.

O ácido eicosatrienóico (C20:3 n-3) apresentou-se em percentuais superiores (0,95%) nos filés referentes aos peixes do tanque de alvenaria ( $P < 0,05$ ). Porém, Maia (1992) encontrou concentrações mais baixas desse ácido graxo (0,1%), quando comparadas aos três tratamentos aplicados, mesmo avaliando peixes alimentados com ração em tanques de terra.

O ácido eicosapentaenóico ou EPA (C20:5 n-3) foi encontrado em quantidades muito pequenas no tratamento 1 (tanque de alvenaria), não sendo significativamente detectado nos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ).

Dentre os ácidos graxos insaturados de cadeia longa, a maior quantidade foi observada para o docosahexaenóico ou DHA (C22:6 n-3). O tratamento 3, envolvendo adubação, apresentou os melhores resultados percentuais de DHA em relação aos demais sistemas de criação, com níveis de 10,01% deste ácido graxo ( $P < 0,05$ ). Este percentual é, em grande parte, atribuído à comunidade planctônica, base da alimentação destes peixes. As espécies do gênero *Calanus* (microcrustáceos presentes na água) apresentam, em média, 7% de DHA (Lavaniegos & López-Cortés, 1997) e as clorofíceas do gênero *Chlorella*, em média 0,5% de DHA (Watanabe, 1987). Os demais sistemas de criação, alvenaria e terra + ração, com resultados de 0,98% e 0,89% de DHA, respectivamente, mostraram-se superiores aos dados obtidos por Justi et al. (2003) (0,12% de DHA) e inferiores aos dados reportados por Aiura (2003) (2,05%, em média, de DHA) e Maia (1992) (1,6% de DHA).

De acordo com Aiura (2003), a porcentagem do total de ácidos graxos poliinsaturados dos filés de tilápia varia entre 26% e 30%. Porém, Rahman et al. (1995) encontraram valores em torno de 18%, enquanto Andrade et al. (1995) e Justi et al. (2003) obtiveram níveis de poliinsaturados de 38,5% e 55,6%, respectivamente.

A relação n-3/n-6 para os tratamentos 1 e 2 (0,20 e 0,18, respectivamente) foi inferior à relatada para peixes de água doce, a qual varia

normalmente de 0,5 a 3,8, conforme Henderson & Tocher (1987), citados por Aiura (2003). Porém, a relação n-3/n-6 para o tratamento 3 (1,2) está condizente com estes autores, confirmando assim uma maior proporção de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 nos filés dos peixes mantidos em tanque adubado.

Embora a tilápia não apresente requerimentos dietéticos de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (Watanabe et al., 1983), filés de tilápia com teores elevados destes ácidos graxos essenciais teriam maior aceitação pelo mercado consumidor, atualmente preocupado com benefícios alimentares na saúde humana.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, concluiu-se que:

- a condição de cultivo interferiu na composição lipídica dos filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*);
- os filés provenientes do tanque adubado apresentaram maior teor protéico e menor deposição lipídica;
- o perfil lipídico dos filés provenientes do tanque adubado apresentou uma melhor relação n-3/n-6, com altos níveis de DHA (ácido docosahexaenóico), refletindo a composição lipídica do alimento natural obtido com a fertilização adotada.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIURA, F.S. **Efeito do tanino sobre a deposição lipídica, composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

ALEXANDER, J.W. Immunonutrition: the role of  $\omega$ -3 fatty acids. **Nutrition**, v.14, n.7-8, p.627-633, 1998.

ANDRADE, A.D.; RUBIRA, A.F. MATSUSHITA, M. Omega-3 fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **Am. Oil Chem. Society**, v.72, p.1207-10, 1995.

ARANA, L.V. **Manual de producción de *Artemia* (quistes e biomassa) en módulos de cultivo**. México: [s.n.], 1999. 78p.

ARAÚJO, M.G. de. **Influência de rações formuladas com milho processado e amido de milho sobre o desempenho e composição corporal da tilápia (*Oreochromis Niloticus* Linnaeus, 1757)**. 1999. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AUGUSTO, J. A.; MELLO, H.A.R. **Estudos preliminares sobre o plâncton de viveiros fertilizados quimicamente e estocados com híbrido de *Tilápia hornorum* x *Tilápia nilótica***. Fortaleza: DNOCS, 1981.533-541p. (Coletânea de Trabalhos Técnicos, 2).

AZIM, M.E. et al. A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. **Aquaculture**, v. 212, p.227-243, 2002.

BARLOW, S.; PIKE, I. H. Humans, animals benefit from omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Feedstuffs**, Mineapolis, v.63, n.19, p.18-26, May 1991.

BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.11, n.1, p. 5-35, 1991.

BLANCHER, E.C. Zooplankton. Trophic state relationships in some north and central Florida lakes. **Hydrobiologia**, v.109, n.3, p.251-263, 1984.

BRAGAGNOLO, N.; FIGUEREDO, M.J.; NUNES, M.L. Caracterização da fração lipídica de silagens de resíduos de tilápia para utilização em rações para aquicultura. **Aquicultura Brasil**, v.5, p.42, 1998.

BRINKMEYER, R. L; HOLT, G. J. Highly unsaturated fatty acids in diets for red drum (*Sciaenops ocellatus*) larvae. **Aquaculture**, v.161, p.253-268, 1998.

CALDER, P.C. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of *n*-3 polyunsaturated fatty acids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.31, p.467-490, 1998.

COLUS, D.S.de O. **Distribuição da comunidade zooplanctófaga e fitoplanctófaga em dois viveiros de cultivo semi-intensivo de peixes (UNESP – “Campus” de Jaboticabal)**. 1995. 126p. Dissertação (Mestrado em Biologia)-Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

CONCEIÇÃO, L.E.C. **Growth in early life stages of fishes - an explanatory model**. Lisboa, Portugal: Santos, 1997. 207p.

EDMONDSON, W.T. **Freshwater biology**. New York: J. Willey, 1959. 1248p.

EUCLYDES, R.F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 150p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN-FAO. **Las grasas y aceites en la nutrición humana**. Roma, 1980. 108p.

FURUYA, W.M. et al. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1912-1917, 2000.

GARG, M.L.; WIERZBICKI, A. Fish oil prevents change in arachidonic acid and cholesterol content in rat caused by dietary cholesterol. **Lipids**, v.24, p.266, 1989.

HUANG, C.H.; HUANG, M.C.; LEE, A.C. Characteristics of lipid peroxidation in sarcoplasmic reticulum of tilapia. **Food Science**, v.25, p.104-108, 1998.

JUSTI, K.C. HAYASHI, J.V. et al. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chem.**, v.80, p.489-493, 2003.

LANDA, G.G. **Composição do zooplâncton em quatro represas no Campus da Universidade Federal de Lavras: um subsídio à piscicultura.** 1999. 227p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LAVANIEGOS, B.E.; LÓPEZ-CORTÉS, D. Fatty acid composition structure of plankton from the San Lorenzo Channel, Gulf of Califórnia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** v.45, p.845-854, 1997.

LIMA, A.F. **Microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) de uma lagoa marginal de um rio da planície de inundação do alto rio Paraná (MS).** 1994. 59p. Dissertação (Mestrado em Biologia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

LOTTEMBERG, M. P. Dieta na hipereolesterolemia. In: QUINTÃO, E. (Ed.). **Colesterol e aterosclerose.** Rio de Janeiro: Qualitymarck. p.177-193, 1992.

LOVELL, R.T. Dietary nutrient allowances for fish. **Feedstuffs**, v. 28, p.88-94, 1998.

LUZIA, L.A. et al. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. **Food Chemistry**, p.1-5, Jan, 2003.

MACHADO, M.G.S. **Composição em nutrientes e caracterização das proteínas do filé do pacu (*Colossoma mitrei*, Berg 1895).** 1989. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade de Campinas, Campinas.

MAIA, E.L. **Composição, conservação e utilização do curimatá *Prochilodus scrofa* Steindachmer 1881.** 1980. 42p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)-Universidade de Campinas, Campinas.

MAIA, E.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Composição em ácidos graxos de peixes de água doce do rio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 7., 1984, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: [s.n.], 1984. p.226-227.

MAIA, E.L. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce.** 1992. 242p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)-Universidade de Campinas, Campinas.

MATHEUS, C.E.; BARBIERI, G. Considerações sobre o nitrogênio em tanques de cultivo de peixes. **Interações entre os peixes e as comunidades fito e zooplanctônicas em tanques de piscicultura:** bases teóricas para o manejo. São Paulo: Instituto de Pesca, 1999. 22p. (Boletim de Pesca, 27).

MEURER, F. et al. Lipídeos na alimentação de laevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ver. Brás. Zootecnia**, v.31, p.566-573, 2002.

MOREIRA, A.B. et al. Fatty acids profile and cholesterol contents of three brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal Food Comp. Anal.**, v.14, p.565-574, 2001.

MURGAS, L.D.S. **Desempenho reprodutivo de varrões híbridos alimentados com rações suplementadas com óleo de soja como fonte de ácidos graxos.** 1999. 111p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MURRAY, R.K. et al. **Harper:** bioquímica. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 763p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of fish.** Washington: National Academy, 1993.

NANTON, D. The effects of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for use as a live food for marine fish larvae. **Aquaculture**, v.175, p.167-181, 1999.

NOGUEIRA, M.G. **Dinâmica das populações planctônicas e fatores físico-químicos de um pequeno sistema artificial raso (Represa do Monjolino, São Carlos, SP).** 1990. 224p. Dissertação (Mestrado em Biologia)-Universidade de São Paulo, São Carlos.

NUNES, I.J. **Nutrição animal básica.** Belo Horizonte: UFMG, 1995. 98p.

OLIVEIRA, L. de. **Desmidióflora das represas Zootecnia e Estação da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil: Aspectos ecológicos e taxonomia.** 2001. 123p. Dissertação (Mestrado em Biologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PÁDUA, D.M.C. **A frequência alimentar e a utilização dos nutrientes da dieta pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** 2001. 103p. Tese (Doutorado Zootecnia)-Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

RAHMAN, S.A. et al. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. **Food Chem.**, v.54, p.45-49, 1995.

RAINUZZO, J.R.; RAITAN, K.I. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review, **Aquaculture**, v.155, p.103-115, 1997.

ROSA, F.C. **Teor de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 no peito e na coxa de frangos de corte alimentados com rações contendo três fontes de óleo.** 1999. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSA, P.V. **Estudos sobre consorciação tilápias do Nilo - suíno.** 1989. 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos).** 2 ed. Viçosa: UFV, 1998. 165p.

SILVA, H.O. **Ácidos graxos poliinsaturados ômega - 3: importância dietética e possibilidade de uso em rações de animais.** Lavras: UFLA, 2001. 39p. (Exame de Qualificação).

SINCLAIS, H. M. The diet of Canadian Indians and Eskimos. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v.12, p.69-82, 1953.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia aplicada à aqüicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.

SIROL, R.N. **Crescimento e composição corporal de alevinos de tilápia vermelha, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, alimentados com diferentes níveis de alimentação e implicações das condições alimentares, durante jejum.** Viçosa: UFV, 1999. 48p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SPRECHER, H. Biochemistry of essential fatty acids. **Proceeding Lipid Research**, London, v.20, n.1, p.13-22, 1981.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes**: fisiologia dos animais domésticos. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p.

TOCHER, D.R.; MOURENTE, G.; SARGENT, J.R. The use of silages prepared from fish neural tissues as enrichers for rotifers (*Brachionus plicatilis*) and *Artemia* in the nutrition of larval marine fish, **Aquaculture**, v.155, p.213-231, 1997.

VIEGAS, E.M.M. **Efeito da utilização do destilado da desodorização do óleo de soja e do óleo de palma bruto sobre o crescimento e composição corporal de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 1993. 128p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade de Campinas, Campinas.

WATANABE, T. Requerimentos de ácidos graxos y nutrición lipídica en los peces. **Nutrición en Acuicultura II**, v.319, p.99-166, 1987.

WATANABE, T.; KITAJIMA, C.; FUJITA, S. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. **Aquaculture**, v.34, p.115-143, 1983.

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. **The biology of fish growth**. London: Academic, 1987. 443p.

## ANEXOS

### ANEXO A

	Página
TABELA 1A. Valores médios do peso de abate dos peixes de cada tratamento experimental.....	48
TABELA 2A. Valores médios do peso dos filés dos peixes de cada tratamento experimental.....	48
TABELA 3A. Composição química parcial, em base de matéria seca, das rações utilizadas durante o experimento.....	48

### ANEXO B

TABELA 1B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de umidade.....	49
TABELA 2B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de proteína bruta.....	49
TABELA 3B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de lipídeos.....	49
TABELA 4B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de cinzas.....	50

## ANEXO C

TABELA 1C.	Perfil dos principais ácidos graxos poliinsaturados das rações utilizadas durante o experimento.....	51
------------	--	----

## ANEXO D

TABELA 1D.	Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido linoléico (C18:2 n-6) dos filés.....	52
TABELA 2D.	Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido linolênico (C18:3 n-3) dos filés.....	52
TABELA 3D.	Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido eicosatrienóico (C20:3 n-3) dos filés.....	52
TABELA 4D.	Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido araquidônico (C20:4 n-6) dos filés.....	53

TABELA 5D.	Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido eicosapentaenóico (C20:5 n-3) dos filés.....	53
------------	--	----

TABELA 6D.	Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido docosahexaenóico (C22:6 n-3) dos filés.....	53
------------	---	----

**ANEXO E**

FIGURA 1E.	Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) mantida em tanque de alvenaria (Tratamento 1).....	54
------------	--	----

FIGURA 2E.	Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) mantida em tanque de terra (Tratamento 2).....	55
------------	--	----

FIGURA 3E.	Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) mantida em tanque de terra adubado (Tratamento 3).....	56
------------	--	----

## ANEXO A

**TABELA 1A.** Valores médios do peso de abate dos peixes de cada tratamento experimental.

Tratamentos	Repetições									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	179	144	128	165	201	178	171	180	185	214
2	63,0	68,7	66,0	60,6	75,3	54,0	58,3	69,7	65,8	72,7
3	191	149	159	174	174	192	159	176	154	205

**TABELA 2A.** Valores médios do peso dos filés dos peixes de cada tratamento experimental.

Tratamentos	Repetições									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	65	49	46	57	75	63	60	67	69	81
2	16,3	18,3	16,3	18	21,7	14	14,7	21	19,3	22
3	80,0	53	57	58	63	67	59	63	52	75

**TABELA 3A.** Composição química parcial, em base de matéria seca, das rações utilizadas durante o experimento.

Rações	Nutrientes (%) *			
	Matéria seca	Proteína	Lipídeos	Cinzas
Fase de alevinagem	91,57	32,34	12,60	9,27
Fase de crescimento e engorda	93,37	28,03	12,89	11,08

## ANEXO B

**TABELA 1B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de umidade.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	34,19086	17,09543	1,063	0.35929
Resíduo	27	434,0453	16,07575		
Total	29	468,2362			

CV = 5,35%

**TABELA 2B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de proteína bruta.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	2103,8220	1051,9110	91,135	0.00000
Resíduo	27	311,6445	11,54239		
Total	29	2415,4665			

CV = 5,35%

**TABELA 3B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de extrato etéreo.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	247,5047	123,7524	129,231	0.00000
Resíduo	27	25,85545	0,9576094		
Total	29	273,36015			

CV = 8,63%

**TABELA 4B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de cinzas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	9,99302	4,996511	6,674	0.00441
Resíduo	27	20,21513	0,7487084		
Total	29	30,20815			

CV = 15,06%

## ANEXO C

**TABELA 1C.** Perfil dos principais ácidos graxos poliinsaturados das rações utilizadas durante o experimento.

<b>Rações</b>	<b>Ácido graxo(%)</b>	
	<b>C18:2</b>	<b>C18:3</b>
Fase de alevinagem	28,12	1,67
Fase de crescimento e engorda	29,16	0,08

## ANEXO D

**TABELA 1D.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido linoléico (C18:2 n-6) dos filés.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	385,9698	192,9849	58,316	0.00000
Resíduo	26	86,04160	3,309292		
Total	28	472,0114			

CV = 14,26%

**TABELA 2D.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido linolênico (C18:3 n-3) dos filés.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	8,783766	4,391883	35,991	0.00000
Resíduo	26	3,172732	0,1220282		
Total	28	11,956498			

CV = 21,88%

**TABELA 3D.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido eicosatrienóico (C20:3 n-3) dos filés.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	1,242584	0,6212920	5,503	0.1017
Resíduo	26	2,935630	0,1129088		
Total	28	4,178214			

CV = 49,12%

**TABELA 4D.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido araquidônico (C20:4 n-6) dos filés.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	52,80924	26,40462	91,100	0.00000
Resíduo	26	7,535889	0,2898419		
Total	28	60,345129			

CV = 47,68%

**TABELA 5D.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido eicosapentaenóico (C20:5 n-3) dos filés.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	0,4029259 <sup>-2</sup>	0,2014630 <sup>-2</sup>	5,605	0.00947
Resíduo	26	0,9345511 <sup>-2</sup>	0,3594427 <sup>-3</sup>		
Total	28	1,337477			

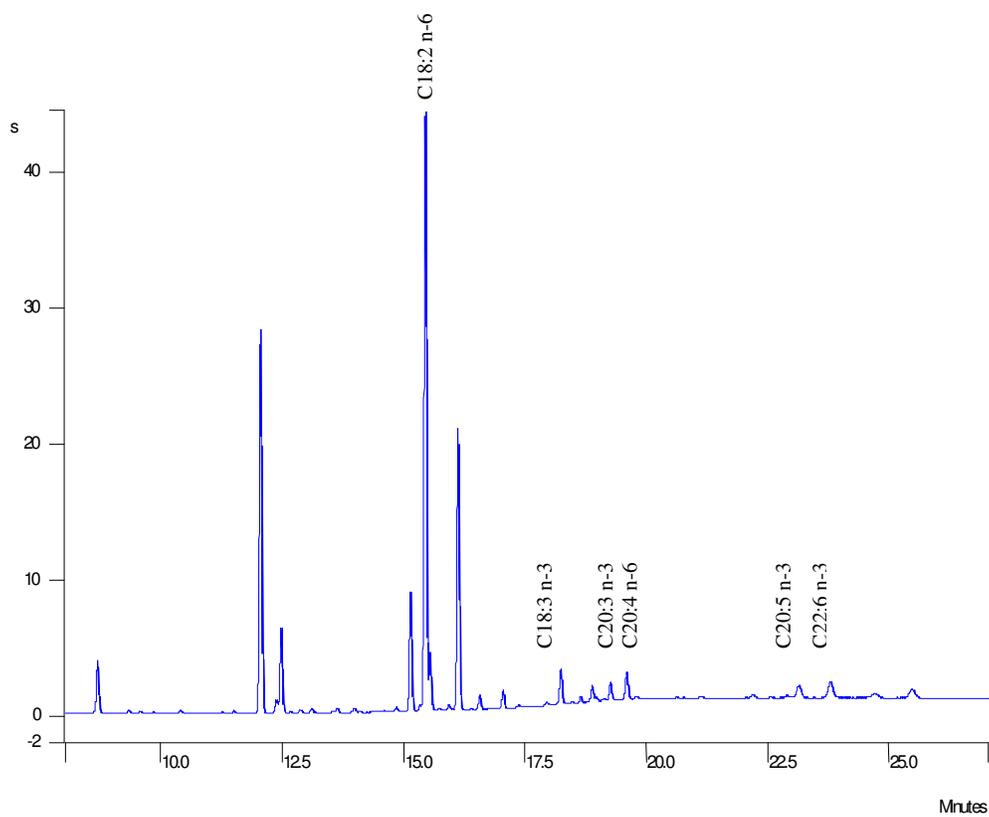
CV = 239,77%

**TABELA 6D.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de ácido docosahexaenóico (C22:6 n-3) dos filés.

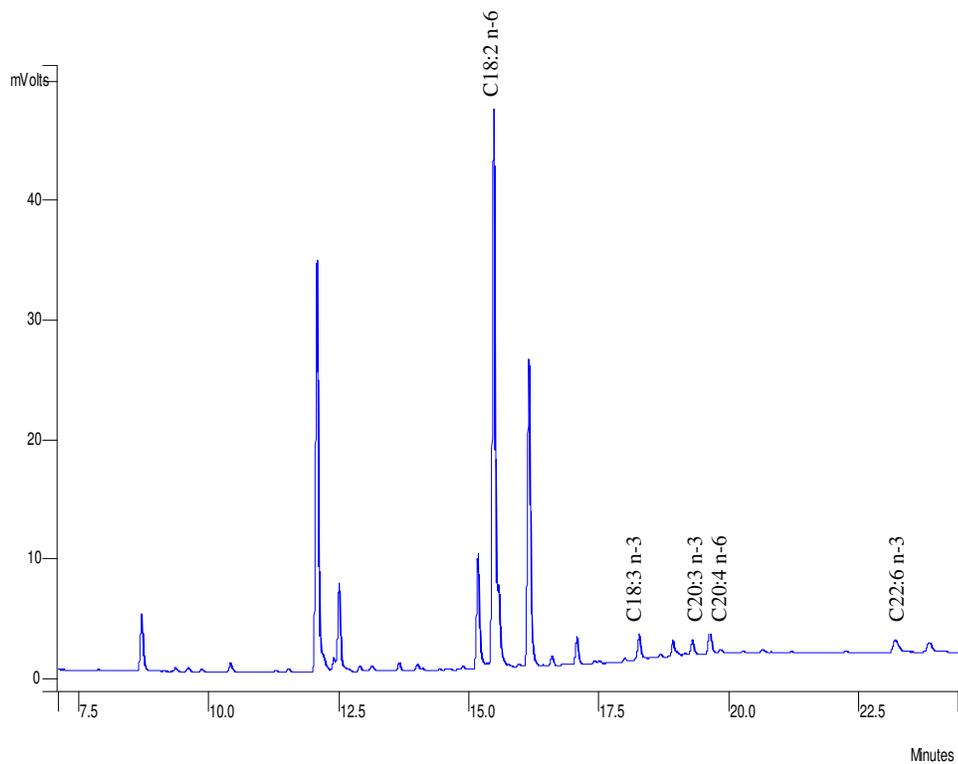
Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	2	539,5706	269,7853	82,502	0.00000
Resíduo	26	85,02142	3,270055		
Total	28	624,59202			

CV = 44,49%

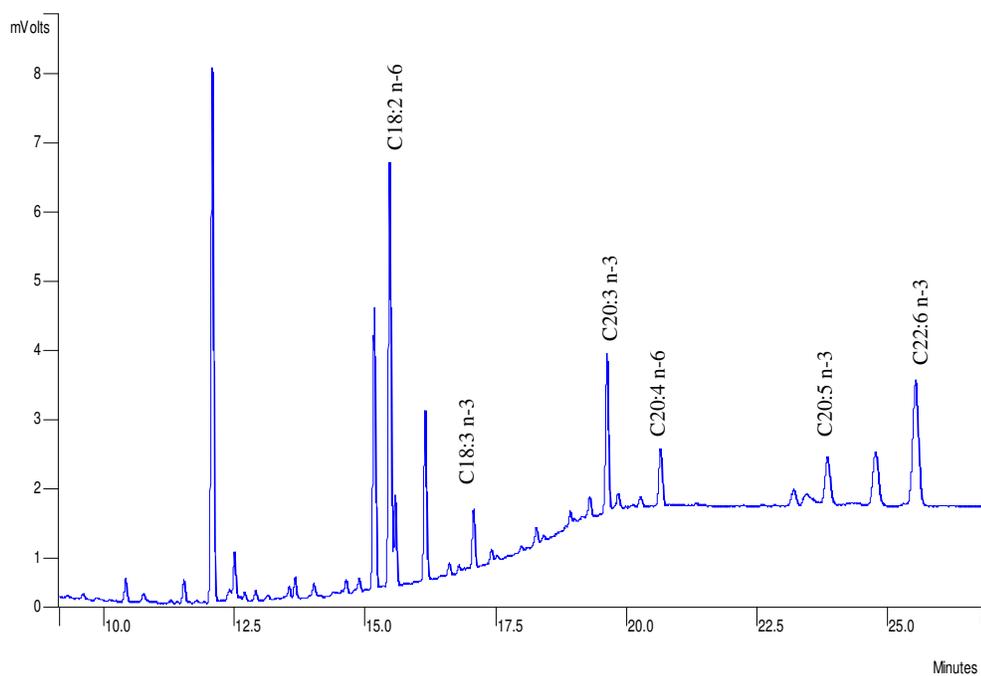
## ANEXO E



**FIGURA 1E.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em tanque de alvenaria (Tratamento 1).



**FIGURA 2E.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em tanque de terra (Tratamento 2).



**FIGURA 3E.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em tanque de terra adubado (Tratamento 3).