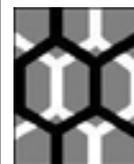




**Universidade Federal de Alagoas**  
Instituto de Química e Biotecnologia

***Programa de Pós-Graduação em Química e  
Biotecnologia***  
**PPGQB**



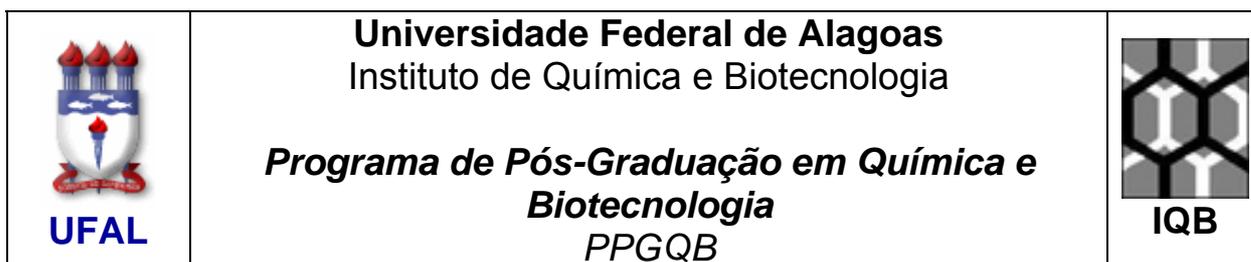
**IQB**

**REFLEXOS DA UTILIZAÇÃO DE FARELO DE COCO NA  
ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*  
LINNAEUS, 1857) SOBRE O VALOR NUTRICIONAL DO FILÉ**

CRISTHIANE MARIA BAZÍLIO DE OMENA

Orientador: Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana

Maceió - AL  
Janeiro de 2008



**REFLEXOS DA UTILIZAÇÃO DE FARELO DE COCO NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus* LINNAEUS, 1857) SOBRE O VALOR NUTRICIONAL DO FILÉ**

CRISTHIANE MARIA BAZÍLIO DE OMENA

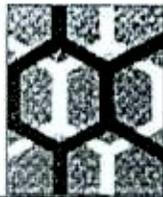
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas, para obtenção do título de Mestre em Química e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana

Maceió - AL  
Janeiro de 2008

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

- O55r Omena, Cristhiane Maria Bazílio de.  
Reflexos da utilização de farelo de coco na alimentação de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) Linnaeus, 1857) sobre o valor nutricional do filé / Cristhiane Maria Bazílio de Omena – Maceió, 2008.  
xix, 95 f. : il. tabs., graf.
- Orientador: Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana.  
Dissertação (mestrado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2008.
- Bibliografia: f. 77-95.
1. Tilápia (Peixe) – Alimentação e rações. 2. Nutrição animal. 3. Farelo de coco. 4. Ácido graxos. 5. Colesterol. 6. *Oreochromis niloticus* Linnaeus. I. Título.
- CDU: 639.3.043



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA**

Instituto de Química e Biotecnologia  
Universidade Federal de Alagoas  
Tel. 55 82 3214-1384 Fax. 55 82 3214-1389  
[www.qui.ufal.br](http://www.qui.ufal.br)

Campus A. C. Simões  
Tabuleiro dos Martins  
57072-970  
Maceió-AL  
Brasil

Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de Cristhiane Maria Bazílio de Omena intitulada: **"Reflexos da Utilização de Farelo de Coco na Alimentação de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnacus, 1857) sobre o Valor Nutricional do Filé"**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas em 30 de janeiro de 2008, às 9hs na sala de Reuniões do IQB da UFAL.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana  
Orientador – PPGQB/IQB/UFAL

Prof. Dr. Fabiane Caxico de Abreu Galdino  
PPGQB/IQB/UFAL

Prof. Dr. Edma Carvalho de Miranda  
IQB/UFAL

Prof. Dr. Terezinha da Rocha Ataíde  
FANUT/UFAL

*“A vida só pode ser compreendida olhando para trás, mas só pode ser vivida olhando-se para frente.” Soren Kierkegaard (1813-1855).*

*“Uma mente que se abre para uma nova idéia, jamais retornará ao seu tamanho original”. (Albert Einstein)*

*Dedico a minha família,  
ao meu noivo  
e aos meus amigos  
pelo apoio e carinho  
durante essa jornada.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço a Deus por todas as oportunidades e os ensinamentos concedidos;*

*Aos meus pais Amaro José Castro de Omena e Givônia Bazílio de Omena, e também aos meus irmãos pelo incentivo, paciência e apoio em todas as horas;*

*Ao meu noivo, Paulo de Mello Messias Junior por compreender as minhas ausências, torcer por meu sucesso e por seguir sempre ao meu lado nessa jornada;*

*À Universidade Federal de Alagoas, ao Instituto de Química e Biotecnologia e ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia pela oportunidade de meu aperfeiçoamento e crescimento profissional e pessoal;*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro obtido através da concessão da bolsa de estudo;*

*Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana, por toda paciência, compreensão, atenção dedicada e amizade construída durante essa etapa;*

*As Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise Maria Pinheiro e a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Edma Carvalho de Miranda pelo acolhimento, incentivo, paciência, amizade, por acreditar e investir no meu potencial;*

*Aos membros da banca de qualificação e defesa, por aceitar o convite e por contribuir com críticas e valiosas sugestões.*

*Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia que fizeram parte dessa jornada, pela paciência e carinho que tiveram por mim durante todo esse processo de crescimento;*

*Em especial aos Professores das disciplinas cursadas: Prof<sup>o</sup>. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise Maria Pinheiro, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marília Goulart Sant'Ana, Prof<sup>o</sup>. Dr. João Xavier, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ruth Rufino e Prof<sup>o</sup> Dr. Walter Matias pela contribuição a minha formação profissional;*

*Aos funcionários da Secretária do Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia pela simpatia, paciência, tolerância e sempre disposição em resolver qualquer problema;*

*Ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Nutrição pela oportunidade de cursar uma disciplina neste programa, pela atenção e carinho;*

*Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Severino Alencar, Ivani e alunos do Laboratório de Bioquímica e Análise Instrumental do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - Esalq/USP pela atenção e acolhimento neste laboratório e a disponibilidade em ajudar nas análises cromatográficas;*

*À Maria Emília da Silva Menezes por estar sempre torcendo por mim, pelo apoio no campo profissional e pessoal, pelos conselhos e ajuda em todas as horas;*

*As amigas que construí durante essa etapa da vida, e que elas sempre estejam nas seguintes: Cenira Monteiro de Carvalho, Maria Beatriz Farias de Oliveira, Josiane de Souza Luna, Jaqueline Maria da Silva, Felipe Cintra, Elton Roger Alves de Oliveira, Luciana Porangaba, Wilson de Brito Lira Junior, Aldy dos Santos, Henrique Goulart, Karlos Antonio Lisboa Ribeiro Junior, Amaro Cavalcante, Edjane Vieira Pires, Gerson Lima, Sivaldo Soares Paulino, Amélia, Andréia, João Gomes, Maria Emília da Silva Menezes;*

*À João Gomes Costa pela amizade e ajuda na realização das análises estatísticas;*

*Aos colegas de sala de aula e aos do laboratório os quais nunca esquecerei;*

*À CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba) pela doação dos alevinos de Tilápia utilizados na pesquisa;*

*À empresa SOCÔCO Indústrias Alimentícias pelo fornecimento do farelo de coco utilizado nas rações;*

*E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho, deixo o Meu Muito Obrigada.*

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Estruturas.....	xiv
Lista de Abreviações.....	xv
Resumo.....	xvii
Abstract.....	xviii
1. Introdução.....	1
2. Justificativa.....	3
3. Objetivos.....	4
4. Revisão da Literatura.....	5
4.1 Tilápia.....	5
4.2 Metabolismo e nutrição de peixes.....	7
4.3 Farelo de coco.....	8
4.4 Composição centesimal de peixes.....	10
4.5 Ácidos graxos.....	13
4.5.1. Ácidos graxos saturados.....	15
4.5.2. Ácidos graxos insaturados.....	16
4.5.3. Histórico e importância dos ácidos graxos insaturados.....	17
4.5.4. Biossíntese dos ácidos graxos.....	20
4.5.5. Fontes de ácidos graxos .....	24
4.5.6. Recomendações dietéticas para ingestão de ácidos graxos.....	24
4.6 Colesterol.....	26
4.6.1 Metabolismo do colesterol.....	27
4.6.2 Síntese de Colesterol.....	28
4.6.3 Importância e Recomendações .....	30
4.7 Métodos de análises de ácidos graxos e colesterol.....	31
5. Material e Métodos.....	33
5.1 Material.....	33
5.2 Dietas.....	34
5.3 Métodos.....	36
5.3.1 . Variáveis de desempenho.....	36

5.3.2	Composição Centesimal (Rações e Filé).....	37
5.3.2.1	Umidade.....	37
5.3.2.2	Cinzas (Resíduo mineral fixo).....	37
5.3.2.3	Proteína Bruta (PB).....	38
5.3.2.4	Proteína Verdadeira (PV).....	39
5.3.2.5	Lipídeos (Extração e determinação).....	39
5.3.2.6	Carboidratos (Fração glicídica).....	41
5.3.2.7	Fibra Bruta.....	41
5.3.2.8	Valor Calórico Total.....	41
5.3.3	Colesterol.....	42
5.3.4	Ácidos Graxos.....	44
5.4	Avaliação do custo das rações.....	46
5.5	Análise Estatística.....	47
6.	Resultados e Discussão.....	48
6.1	Influência da dieta sobre o ganho de peso e rendimento do filé.....	48
6.2	Composição Centesimal das rações e filé.....	50
6.3	Colesterol.....	57
6.4	Ácidos graxos.....	58
6.5	Relação custo/benefício da utilização do farelo de coco.....	74
7.	Conclusão.....	76
8.	Referências Bibliográficas.....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> , L.).....	5
Figura 2. Biossíntese dos ácidos graxos poliinsaturados.....	22
Figura 3. Biossíntese de ácidos graxos $\omega$ -3 e formação de eicosanóides.....	23
Figura 4. Aquários experimentais .....	33
Figura 5. Alevinos utilizados no experimento .....	33
Figura 6. Esquemas de análises.....	34
Figura 7. Fluxograma de preparação das rações.....	36
Figura 8. Fluxograma da extração lipídica, segundo FOLCH et al., 1957.....	40
Figura 9a. Fluxograma da determinação de colesterol, segundo BOHAC et al. (1988) adaptado por BRAGAGNOLO e RODRIGUEZ-AMAYA, 1997.....	43
Figura 9b. Curva de calibração do colesterol.....	43
Figura 10. Cromatógrafo Gasoso utilizado nas análises.....	45
Figura 11. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos do farelo de coco utilizado nas rações.....	60
Figura 12. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 0% de farelo de coco (Tratamento 1).....	61
Figura 13. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 10% de farelo de coco (Tratamento 2).....	62
Figura 14. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 20% de farelo de coco (Tratamento 3).....	63
Figura 15. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 30% de farelo de coco (Tratamento 4).....	64
Figura 16. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 0% de farelo de coco (Tratamento 1).....	66
Figura 17. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 10% de farelo de coco (Tratamento 2).....	67
Figura 18. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 20% de farelo de coco (Tratamento 3).....	68

Figura 19. Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 30% de farelo de coco (Tratamento 4)..... 69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição do farelo de coco, segundo a literatura.....	9
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos de alguns peixes de água doce (% de peso total da amostra de ácidos graxos).....	12
Tabela 3. Nomenclatura dos principais ácidos graxos.....	14
Tabela 4. Valores recomendados para a razão entre os ácidos graxos $\omega$ -6 e $\omega$ -3 na dieta.....	25
Tabela 5. Composição percentual das rações experimentais.....	35
Tabela 6. Ganho de peso final de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de farelo de coco.....	48
Tabela 7. Rendimento do filé de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de farelo de coco.....	49
Tabela 8. Composição centesimal do farelo de coco, utilizado nas rações experimentais.....	50
Tabela 9. Composição Centesimal das rações experimentais com o uso do farelo de coco em dietas para tilápia do Nilo.....	51
Tabela 10. Composição Centesimal e valor calórico do filé de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de farelo de coco.....	52
Tabela 11. Valores relatados pela literatura referente aos teores de umidade encontrados no filé de tilápia.....	53
Tabela 12. Valores relatados pela literatura referente aos teores de cinzas encontrados no filé de tilápia.....	54
Tabela 13. Valores relatados pela literatura referente aos teores de lipídeos encontrados no filé de tilápia.....	55
Tabela 14. Valores relatados pela literatura referente aos teores de proteína encontrados no filé de tilápia.....	56
Tabela 15. Teores de Colesterol em filé de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de farelo de coco.....	57
Tabela 16. Valores relatados pela literatura no referente ao teor de colesterol para peixes de água doce.....	58
Tabela 17. Perfil de ácidos graxos do farelo de coco expresso em percentagem	

de área relativa.....	59
Tabela 18. Perfil de ácidos graxos das rações expresso em percentagem de área relativa.....	65
Tabela 19. Perfil dos ácidos graxos presentes nos filés, valores expressos em percentagem de área relativa.....	70
Tabela 20. Custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho por peixe no período total, Índice Médio de Custo e Índice de Eficiência Econômica, de acordo com os tratamentos experimentais.....	74

## LISTA DE ESTRUTURAS

Estrutura 1. Molécula de glicerol esterificada com 3 moléculas de ácidos graxos.	13
Estrutura 2. Ácido láurico (C12:0).....	16
Estrutura 3. Ácido mirístico (C14:0).....	16
Estrutura 4. Ácido palmítico (C16:0).....	16
Estrutura 5. Ácido esteárico (C18:0).....	16
Estrutura 6. Configuração <i>cis</i> .....	16
Estrutura 7. Configuração <i>trans</i> .....	16
Estrutura 8. Ácido Graxo $\omega$ -7.....	17
Estrutura 9. Ácido Graxo $\omega$ -9.....	17
Estrutura 10. Ácido Graxo $\omega$ -6.....	17
Estrutura 11. Ácido Graxo $\omega$ -3.....	17
Estrutura 12. Estrutura do colesterol, ★ representa os centros quirais.....	26
Estrutura 13. Três unidades de acetato.....	28
Estrutura 14. Mevalonato.....	28
Estrutura 15. Isopreno ativado.....	29
Estrutura 16. Estrutura linear do esqualeno.....	29
Estrutura 17. Lanosterol.....	29

## LISTA DE ABREVIÇÕES

AG	Ácidos graxos
AA	Ácido Araquidônico
AG	Ácidos graxos
AGE	Ácidos graxos essenciais
AGMI ou AGM	Ácidos graxos monoinsaturados
AGPI ou AGP	Ácidos graxos poliinsaturados
AI	Amostra integral
AS	Amostra Seca
CG	Cromatografia gasosa
CLAE	Cromatografia Líquida de alta eficiência
CoA	Coenzima - A
CV	Coefficiente de variação
DHA	Ácido docosahexaenóico
DRIs	<i>Dietary Reference Intakes</i>
EE	Extrato etéreo
EPA	Ácido eicosapentaenóico
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FB	Fibra bruta
GM	Ganho de massa
HDL	Lipoproteínas de alta densidade
IA	Ingestão adequada
LDL	Lipoproteínas de baixa densidade
LNA	Ácido Alfa Linoléico
NADH	Nicotinamida adenina dinucleotídeo
Nc	Massa em gramas de cinzas
ND	Não identificados
NEPA-UNICAMP	Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - Universidade Estadual de Campinas
NNP	Nitrogênio não protéico
Nu	(Massa da cápsula previamente aquecida + 5g) – Massa da

	cápsula após as 4 horas
PB	Proteína bruta
Pc	Massa da amostra utilizada para a análise de cinzas, em gramas.
PGI	Prostaciclina
Pu	Massa da amostra utilizada para a análise da umidade, em gramas.
PV	Proteína verdadeira
RDA	Recommended Dietary Allowance
RF	Rendimento do filé
SBC	Sociedade Brasileira de Cardiologia
T1	Tratamento 1
T2	Tratamento 2
T3	Tratamento 3
T4	Tratamento 4
TG	Tratogastrointestinal
TXA	Tromboxanos
UI	Unidade Internacional
VHDL	Lipoproteína de densidade muito alta
VLCFA	Ácidos graxos de cadeia muito longa
VLDL	Lipoproteína de densidade muito baixa
$\omega$ -3	Ômega -3
$\omega$ -6	Ômega -6

## RESUMO

A dieta alimentar de peixes exerce uma grande influência sobre a sua composição centesimal assim como no teor de colesterol e ácidos graxos. O uso do farelo de coco pode representar uma fonte alternativa na alimentação de peixes, tendo em vista o custo e sua disponibilidade na região Nordeste do Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar os reflexos da utilização de farelo de coco na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) sobre o valor nutricional do filé. Foram utilizados 120 alevinos revertidos de tilápia do Nilo, distribuídos em 20 caixas de polietileno contendo 6 unidades experimentais por caixa. O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos (T1 - 0%, T2 - 10%, T3 - 20% e T4 - 30% de inclusão de farelo de coco) e com cinco repetições. Ao final de 90 dias, os peixes foram abatidos e retirados os filés dos quais foram determinados a composição centesimal, o colesterol e os ácidos graxos. Observou-se diferença ( $p < 0,05$ ) entre T1 e T3, T2 e T3 para os teores de umidade; entre T2 e T3 para os teores de lipídeos; T1 apresentou diferença com relação aos demais tratamentos no referente aos teores de carboidratos e no que diz respeito aos teores de cinzas foi observada diferença de T1 e T2 entre T3 e T4. Os teores de colesterol apresentaram um aumento gradual significativo acompanhando o aumento da inclusão do farelo de coco. Com relação aos ácidos graxos, observou-se diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos referente aos ácidos graxos: C 10:0; C 12:0; C 14:0; C 18:1; C 18:3 (gama); C 20:3 e C 22:6 numa proporção tal que não determinou diferença na qualidade nutricional do produto. Os valores obtidos permitem concluir que as diferenças entre os níveis de inclusão de farelo de coco nas rações não interferiu na qualidade nutricional do pescado, admitindo-se que os mesmos não ultrapassam os valores estabelecidos e recomendados pelas instituições de saúde.

Palavras-chave: Tilápia, Farelo de coco, Ácidos graxos, Colesterol e *Oreochromis niloticus* Linnaeus.

## ABSTRACT

The fish diet exerts a great influence on its centesimal composition as well as the content of cholesterol and fatty acids. The use of coconut meal may represent alternative source in the fish diet in view of the cost and the availability in the Northeast of Brazil. The purpose of this work was to assess the impact of the use of coconut meal in feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) on the nutritional value of fillet. 120 fingerlings of fish reversed were used, distributed in 20 boxes of polyethylene, containing 6 experimental units per box. The experiment was conducted in a completely randomized design with 4 treatments (T1 - 0%, T2 - 10%, T3 - 20% and T4 - 30% for the inclusion of coconut meal) and with five repetitions. After 90 days, the fish were slaughtered and the fillet was removed and the proximate composition, cholesterol and fatty acids were determined. There was a difference ( $p < 0,05$ ) between treatment T1 and T3, T2 and T3 with regard to levels of moisture; T2 and T3 to lipids; T1 to other treatments to carbohydrates and between T1 and T2, T3 and T4 to ash. The level of cholesterol showed a significant gradual increase following the increase in the inclusion of coconut meal. With regard to fatty acids, there was difference ( $p < 0,05$ ) between treatments regarding fatty acids: C10:0; C12:0; C14:0; C18:1; C18:3 (gamma); C20:3 and C22:6 in a ratio such that not determine difference in the nutritional quality of the product. The values obtained suggest the differences between the levels of inclusion of coconut meal in feed had no effect on the nutritional quality of the fish, assuming that it did not exceed the values established and recommended by the health institutions.

**Keywords:** Tilapia, Coconut meal, Fatty acids, Cholesterol and *Oreochromis niloticus* Linnaeus.

## 1. INTRODUÇÃO

A aqüicultura constitui uma atividade vital e em expansão do segmento agrícola mundial. O aumento da demanda por peixes como resultado do acelerado crescimento mundial, aumento da disponibilidade de renda e preferências por outras fontes protéicas de origem animal seja por razões pessoais, culturais ou de saúde aceleram o crescimento do setor (WEBSTER & LIM, 2001).

A produção em cativeiro de peixe de água doce no Brasil tem aumentado significativamente, nos últimos anos, principalmente se comparado ao crescimento da produção de peixes marinhos. Apesar do aumento considerável na oferta de peixe de água doce, a população brasileira conhece muito pouco sobre suas propriedades químico-nutricional (composição centesimal, colesterol, entre outros) e tecnológica principalmente quando consideramos os peixes nativos dos rios brasileiros (LAGE et al., 2001).

Pesquisas têm sido desenvolvidas no intuito de avaliar alimentos alternativos para a elaboração de rações e para determinar níveis práticos e econômicos de inclusão desses alimentos, além de considerar a disponibilidade e localização geográfica.

A alimentação dos peixes é um dos aspectos mais importantes da aqüicultura, apresentando relação direta com crescimento, saúde e custos de produção. Segundo NUNES et al. (2006) em piscicultura intensiva, os gastos com alimentação podem representar cerca de 50% a 80% dos custos de produção. Portanto, para que se possa otimizar a relação custo/benefício, é necessário considerar os aspectos qualitativos e quantitativos da alimentação (LOPEZ-LOPEZ et al., 2005).

No Nordeste, entre os alimentos alternativos, pode-se destacar o farelo ou torta de coco, subproduto obtido da extração do óleo. De acordo com a FAO (2003), 1.000 frutos produzem, em média, 180 kg de copra (polpa do coco ou amêndoa seca), cujo processamento rende, aproximadamente, 110 kg de azeite e 55 kg de farelo; sendo o restante (15 kg) evaporado com a umidade. A utilização do farelo de coco pode ser economicamente viável em áreas onde a disponibilidade no mercado de outras fontes de proteínas de qualidade seja escassa (BRAGA et al., 2005). Existem relatos do uso

de farelo de coco também na alimentação de aves e suínos. Além disso, o uso do farelo de coco seria uma alternativa para o escoamento desse subproduto, que é um resíduo da produção, pois atualmente o mesmo não possui um destino definido.

Vários fatores devem ser observados para o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para o pescado:

- Características relativas ao aspecto nutricional, por exemplo: níveis de ácidos graxos essenciais, aspecto organoléptico (cor, aroma e sabor), levando a uma maior suculência e capacidade de retenção de água; no caso dos ácidos graxos a presença em excesso facilita (principalmente no caso de ácidos graxos insaturados) a oxidação, levando às alterações desagradáveis de sabor e aroma;
- Ressaltar a importância da avaliação de dietas mais baratas que levem a uma composição corporal dos peixes que atenda ao mercado (LAGE et al., 2001).

Trabalhos analíticos sobre os nutrientes dos alimentos foram descritos inicialmente entre as décadas de 40 e 50 e no início da década de 60. O conhecimento da composição química dos alimentos é de fundamental importância, visto que os componentes químicos dos alimentos são responsáveis pelo desempenho metabólico, respondendo pelos aspectos nutricionais observados após o uso. A importância sobre o assunto leva a obtenção de dados referentes à composição e qualificação dos alimentos brasileiros e caracterização de cada região cujo objetivo é reunir informações reais e atualizadas sobre a realidade nacional (TORRES et al., 2000).

De acordo com todas as informações relatadas anteriormente é importante uma avaliação do uso do farelo de coco nas rações e seus efeitos sobre o ganho de peso, rendimento do filé, composição centesimal, colesterol e teor de ácidos graxos do filé da tilápia do Nilo. Visto que os consumidores têm o direito de conhecer a composição dos alimentos e se as rações utilizadas oferecem produtos de qualidade. Há ainda a necessidade de suprir a carência de informações nutricionais sobre os peixes de cativeiro em nosso Estado.

## 2. JUSTIFICATIVA

A produção de peixes de água doce é realizada por inúmeros produtores no Brasil, concentrada principalmente na criação de carpas e tilápias, seguido da família Characidae, que inclui o matrinxã, a piracanjuba e o pacu (MINOZZO, 2005). Esse seguimento vem crescendo devido à pesca desmedida e à poluição nos rios e mares. O crescimento desse seguimento gera uma importante preocupação relacionada aos custos por causa dos ingredientes, principalmente os protéicos, presentes na ração, além da influência da alimentação sobre a composição corporal, crescimento e saúde do animal.

A dieta alimentar dos peixes de água doce exerce um fator decisivo sobre a composição do tecido muscular e, especialmente, sobre a composição de ácidos graxos deste tecido. Os ácidos graxos de peixes de água doce e marinha diferem e dentre os fatores responsáveis por essa variabilidade estão a bioquímica do metabolismo dos ácidos graxos essenciais e a composição da dieta nos dois *habitats*. As rações utilizadas no cultivo de peixes de água doce são constituídas de diferentes fontes de origem animal e vegetal dos farelos e óleos (RIBEIRO et al., 1995). Devido a essa diversidade da origem dos ingredientes é de fundamental importância, o conhecimento da influência desses sobre o filé, que é a parte consumida pela população.

É necessário o conhecimento da composição do filé quando o peixe é alimentado com essas fontes, visto que o objetivo é a obtenção de um produto com qualidade e saudável para o consumidor. Os dados ligados à composição da carne de peixe são também importantes no processo de conservação e elaboração de produtos derivados dos peixes (SANTOS et al., 2000), pois um fator de grande influência sobre tais processos é a quantidade de ácidos graxos insaturados, que propiciam alterações nestes produtos, como oxidação.

No Brasil, há uma escassez de dados sobre os ácidos graxos e o teor de colesterol das espécies de cativeiro alimentadas com rações com presença de ingredientes regionais, como o farelo de coco cujo uso é difundido no nordeste, pois torna a ração mais barata, devido à disponibilidade desse ingrediente nesta região. Sendo também uma forma alternativa de escoamento desse subproduto resultante da produção do óleo de coco.

### 3. Objetivos

#### Objetivo Geral

Determinar os reflexos da utilização de farelo de coco na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) sobre o valor nutricional do filé.

#### Objetivos Específicos

- Determinar a composição centesimal (umidade, proteínas, lipídeos, carboidratos e cinzas), em base úmida e seca no filé de tilápia;
- Quantificar o teor de colesterol no filé de tilápia de acordo com o teor de farelo de coco empregado nas rações (0%, 10%, 20% e 30%);
- Analisar os ácidos graxos presentes no farelo de coco, nas rações contendo 0%, 10%, 20% e 30% de inclusão de farelo de coco e nos filés submetidos aos níveis de inclusão anteriormente citados;
- Determinar o valor calórico do filé de tilápia;
- Avaliar a relação custo/benefício da substituição do ingrediente convencional pelo não convencional no desempenho produtivo dos animais experimentais e na composição nutricional do filé de tilápia.

## 4. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1. Tilápia

O Brasil se destaca como um dos países de maior potencial para a expansão da aquicultura, é crescente a demanda mundial por alimentos de origem aquática, não apenas em função da expansão populacional, mas também pela preferência por alimentos mais saudáveis. O cultivo de peixes de água doce está difundido por todo o país e corresponde a 80% da produção nacional, seguido pelos camarões marinhos, com 14%. Atualmente estão sendo cultivadas mais de 64 espécies de organismos aquáticos no Brasil, estando entre as mais cultivadas, as tilápias e as carpas, seguidas pelos tambaquis, surubins, camarões de água salgada e moluscos (QUEIROZ et al., 2002).

O nome tilápia foi utilizado pela primeira vez por SMITH, em 1940; é um vocábulo africano e significa “PEZ” pronunciando-se [tulã'pEu] (CAMPOS, 2006). As tilápias são ciclídeos originários do continente africano e apresentam produção concentrada principalmente em regiões de clima tropical e subtropical. São reconhecidas mais de 70 espécies de tilápias, sendo três os principais gêneros de importância comercial: *Oreochromis* spp., *Sarotherodon* spp. e *Tilapia* spp (NOVA; GODOY & ALDRIGUE, 2005). O gênero *Oreochromis* spp alcança o maior destaque na aquicultura mundial.



**Figura 1.** Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.).

**Fonte:** [www.ittiofauna.org](http://www.ittiofauna.org).

As espécies de tilápias foram introduzidas fora do continente africano na década de 30, expandindo-se rapidamente pelo sudeste asiático e sul do Pacífico, Europa e sul dos Estados Unidos. Em 1971, no Brasil, foi introduzida a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) (Figura 1) que se adaptou muito bem às condições

climáticas do país (SOUZA et al., 2004). A tilápia do Nilo ou tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) recebe esse nome por ser originária da bacia do Nilo (NOVA; GODOY & ALDRIGUE, 2005).

Segundo BOSCOLO, HAYASHI & MEURER (2002); LOVSHIN apud SOUZA et al., 2004 na aquicultura mundial, as tilápias são classificadas como o segundo grupo de peixes de maior importância. De hábito alimentar fitoplanctófago, alimenta-se principalmente de algas clorofíceas, mas aceita qualquer outro tipo de alimento, assim facilitando o seu cultivo. Dentre os fatores envolvidos na escolha desse peixe estão o crescimento rápido, a rusticidade e a ótima qualidade da carne.

A tilápia apresenta a característica de utilizar eficientemente alimentos de origem vegetal, devido a adaptações morfológicas e fisiológicas, tais como, dentes faríngeos, pH estomacal ácido (abaixo de 2) e intestino longo (ao menos seis vezes o tamanho do peixe) (MAINA et al., 2002). A quantidade e a qualidade de alimento ingerido por um peixe determinam a taxa de crescimento, o tempo de maturação sexual e o tempo de vida do animal (SOUZA et al., 2004).

A preferência de utilização exclusiva de machos de tilápia em cultivos baseia-se, principalmente, no crescimento mais rápido, tendo-se constatado que, em condições semelhantes, os machos atingem porte praticamente duas vezes superior ao de fêmeas, permitindo o aumento da produtividade em menor espaço de tempo, além do controle da reprodução, que é indesejável nos viveiros (PINTO, 2006). O uso de peixes revertidos sexualmente gera uma preocupação da população sobre o consumo desses peixes, mas existem estudos que relatam não haver acúmulo dos resíduos dos hormônios utilizados, nos tecidos dos peixes (BORGES et al., 2005).

A carne da tilápia possui boas características organolépticas. De acordo com SOUZA & MARANHÃO (2001), este peixe apresenta a carne sem espinhos intramusculares, de cor branca, textura firme, aspecto fibroso e suculento, sabor apreciável e elevado valor nutricional. Por não apresentar espinhos na forma de “Y” no seu filé, é apropriada para a filetagem (FURUYA et al., 2001; BOSCOLO, HAYASHI & MEURER, 2002; ALBUQUERQUE, ZAPATA & ALMEIDA, 2004). Possui um rendimento em filé de aproximadamente 33% e a comercialização é realizada quando os espécimes atingem de 350 a 1000 gramas, dependendo da sua utilização. A espécie é recomendada para o consumo fresco, desidratado, salgado ou defumado (LEONHARDT et al., 2006).

## 4.2. Metabolismo e Nutrição de Peixes

O metabolismo dos peixes sofre influência de vários fatores, tanto ambientais como aqueles inerentes aos próprios animais. Para que o crescimento, a reprodução e outras funções fisiológicas dos peixes ocorram normalmente, é necessário que as exigências nutricionais sejam adequadamente supridas, considerando-se as diferenças entre as espécies cultivadas. Além da proporção correta entre os nutrientes, eles devem ter digestibilidade e absorção em níveis que permitam o seu aproveitamento no metabolismo dos peixes, ou seja, devem apresentar alta biodisponibilidade de nutrientes (DE SILVA & ANDERSON, 1995).

Entre os nutrientes exigidos para os peixes, as proteínas e os lipídeos contribuem para a produção de energia nos peixes, assim como nos animais terrestres. Porém, nos peixes, a exigência protéica é quantitativamente maior que a energética, como consequência de um menor desperdício de energia para locomoção, excreção nitrogenada e de uma maior capacidade de utilização de energia a partir do catabolismo de proteínas, em relação aos carboidratos, os quais têm aproveitamento diferenciado de acordo com o hábito alimentar da espécie, sendo pequeno para peixes carnívoros e maior para os onívoros (LOVELL, 1991).

Além de fonte energética, os lipídeos também desempenham importantes funções em processos fisiológicos, mantendo a permeabilidade e a flexibilidade das membranas celulares. Exercem influência sobre a presença de ácidos graxos essenciais (AGE) no corpo dos peixes, quando presentes na ração. A fonte de lipídeos utilizada na ração pode influenciar significativamente no crescimento e na conversão alimentar dos peixes (MEURER et al., 2002).

Os Ácidos graxos essenciais (AGE) presentes na fração lipídica das rações desempenham um papel vital no processo reprodutivo de certos peixes, como também no desenvolvimento na fase larval dos peixes. O elevado teor de ácidos graxos poliinsaturados encontrados em peixes deve-se à característica poiquilotérmica (temperatura corporal ajustada em função da temperatura ambiental) e ao fato do animal deslocar-se na água (SANT'ANA, 2004). A manutenção da fluidez da membrana durante mudanças de temperatura do ambiente, uma condição encontrada para a cultura de peixes, enfatiza a necessidade de ácidos graxos de cadeia longa (WILSON, 1995).

Segundo WILSON (1998) os ácidos graxos livres, derivados dos triglicérides da dieta, são a principal fonte de energia para o metabolismo muscular aeróbio em peixes.

### **4.3. Farelo de Coco**

As dietas para peixes devem conter uma mistura de ingredientes com adequadas quantidades protéicas, energéticas, vitamínicas e minerais. A quantidade de cada ingrediente usado depende de vários fatores, incluindo requerimentos para a espécie em questão, palatabilidade, custo, disponibilidade e processamento adequado (COLDEBELLA & NETO RADÜNZ, 2002).

O uso do farelo de coco pode representar uma fonte alternativa para a alimentação de peixes, tendo em vista o custo e a disponibilidade na região Nordeste do Brasil. O farelo de coco ou torta de coco é um subproduto da extração do óleo de coco, que pode ser usado como fonte energética e protéica na alimentação animal (JÁCOME et al., 2002; BARRETO et al. 2006; CARVALHO et al., 2006). BUTOLO (2002) relata que em indústrias que manipulam o coco com a finalidade de extrair o óleo da copra, sobra este resíduo, o farelo de coco. A utilização do farelo de coco na elaboração de rações para peixes seria uma forma de escoamento dessa produção.

A copra é a denominação da polpa do coco ou amêndoa seca é o produto de maior valor que o coqueiro fornece. Não é um produto final, pois a copra vale pelo óleo que contém, sendo assim, a matéria-prima com que trabalham as fábricas de óleo. Só os cocos maduros prestam-se bem à extração da copra. É neste estado que fornecem copra mais rica em óleo. A amêndoa pode ser seca ao sol, ou sob fogo direto, ou defumada em fornos ou estufas. O método de secar ao sol é o mais simples, necessitando-se de quatro a sete dias de sol forte para uma adequada secagem. A melhor copra é a produzida em estufas, sendo este processo o mais moderno e a quantidade de óleo depende, em grande parte, dos cuidados que lhe forem dispensados durante o seu processamento. Na extração do óleo, a copra é macerada, extraindo-se por compressão, resultando a torta ou farelo de coco (JÁCOME et al., 2002).

O farelo de coco possui uma coloração esbranquiçada a marrom claro, com odor característico. As partículas são macias e, sob pressão, podem desprender

óleo; contém partículas duras e escuras provenientes da casca (BUTOLO, 2002). A composição do farelo está apresentada na Tabela 1. O farelo apresenta proteína bruta de razoável qualidade e um teor de fibra que pode interferir na adequada utilização da proteína.

**Tabela 1.** Composição do farelo de coco.

Nutrientes	Teores (%)	Fonte
Matéria Seca	90,80	ROSTAGNO et al. apud PASCOAL et al. (2006)
Proteína Bruta	20 a 25	JÁCOME et al., 2002
Extrato etéreo	8,05	ROSTAGNO et al. apud PASCOAL et al. (2006)
Cinzas	6,42	
Fibras	10 a 12	JÁCOME et al., 2002
<b>Aminoácidos</b>		
Metionina	0,34	ROSTAGNO et al. apud PASCOAL et al. (2006)
Metionina+cistina	0,61	
Lisina	0,63	
Triptófano	0,19	
Treonina	0,65	
Arginina	2,56	
Glicina	0,98	
Glicina+serina	1,84	
Isoleucina	0,77	
Valina	1,10	
Leucina	1,37	
Histidina	0,44	
Fenilalanina	0,85	
Fenilalanina+tirosina	1,37	
Energia digestível (Kcal/kg)	2.979	ROSTAGNO et al. apud PASCOAL et al. (2006)

Um fator de grande importância na utilização do farelo de coco é a forma de armazenamento, pois altas temperaturas durante a estocagem aceleram a rancificação e, em regiões de grande umidade, a armazenagem em condições inadequadas pode favorecer a contaminação microbiana (JÁCOME et al., 2002).

#### 4.4. Composição Centesimal de Peixes

Os peixes comumente apresentam proteínas de elevado valor biológico e a gordura destaca-se pela composição em ácidos graxos de valor nutricional para os seres humanos (SOUZA et al., 2005). O pescado é de extrema importância na dieta alimentar por sua riqueza de nutrientes, alto teor protéico, contendo uma composição de aminoácidos equilibrada, lipídeos de excelente qualidade e baixo teor de colesterol (NOVA, GODOY & ALDRIGUE, 2005). A proteína do pescado é altamente digerível e também rica em metionina e lisina, um aminoácido limitante (aminoácido presente em menor quantidade) em cereais; como arroz, milho e farinha de trigo (MINOZZO, 2005).

A estrutura e o comportamento dos músculos dos peixes são similares aos de animais de sangue quente. O teor de tecido conjuntivo no peixe é bem menor, 3 a 10%, e a gelatinização do colágeno ocorre em temperaturas inferiores, o que explica a maciez da carne do pescado e seu alto valor nutritivo em relação às carnes bovinas. As fibras musculares do pescado são curtas com 10% de carne escura e músculo rico em hemoproteínas (ANDRADE, 2006).

O filé representa a principal parte comestível do pescado. É constituído por músculo, tecidos conectivo e adiposo, e pequenos ossos intermusculares, representado, em geral, a metade do peso total do pescado (RIBEIRO, 2003).

O músculo do pescado pode conter 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína bruta, 1 a 2% de cinza, 0,3 a 1% de carboidratos e 0,6 a 36% de lipídeos, sendo que este último componente apresenta esta variação em vista do tipo de músculo corporal e espécie de peixe analisada (por exemplo, a carne dorsal apresenta menor quantidade lipídica do que a carne abdominal), sexo, idade, época do ano, *habitat* e dieta (OGAWA & MAIA, 1999).

Dentre os carboidratos do peixe estão o glicogênio e mucopolissacarídeos, mas também existem açúcares livres e fosfossacarídeos. Seu conteúdo é de 0,3% a 1,0%, mas, certos mariscos estocam parte da reserva energética como glicogênio, o qual contribui para o sabor adocicado característico destes produtos (OGAWA & MAIA, 1999).

O peixe é uma boa fonte de vitaminas; no entanto, na prática, nos processos de conservação, como durante a cocção, podem ocorrer perdas devido à lixiviação pelo calor, luz, oxigênio e enzimas. As vitaminas lipossolúveis são encontradas;

alguns tipos de peixes concentram até 50.000 UI de vitamina A e 45.000 UI de vitamina D. Como vitaminas hidrossolúveis, distribuídas por todo o organismo do peixe, tem-se: tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantotênico, ácido fólico e vitamina C, presentes no tecido muscular do peixe. Os peixes magros são mais pobres em vitamina A e os elasmobrânquios, ou peixes cartilagosos, apresentam apenas traços de vitamina D (OGAWA & MAIA, 1999; MENEZES, 2006).

Com relação aos minerais, a carne de peixe é considerada uma fonte valiosa de cálcio e fósforo, em particular, apresentando quantidades razoáveis de sódio, potássio, manganês, cobre, cobalto, zinco, fósforo (250 mg / 100 g), ferro e iodo (peixe de mar); no músculo dos peixes, especificamente, encontram-se magnésio, cloro, enxofre, selênio, cromo e níquel, entre outros (MINOZZO, 2005; MENEZES, 2006).

De acordo com Machado, em 1998, a água é o constituinte em maior proporção do pescado tendo uma relação inversamente proporcional com a quantidade de gordura do mesmo. Peixes magros apresentam cerca de 83% de água, enquanto os gordos, em torno de 58% (MINOZZO, 2005).

O conteúdo de lipídios em peixes demonstra elevada variação quantitativa. Algumas espécies de peixes, na parte comestível, variam de um mínimo de 0,5% a um máximo de 25% de lipídios. Neste sentido, Ackman (1989) realizou uma classificação geral para peixes marinhos com relação ao teor de gordura, classificando-os por categorias que incluem: magros, com menos de 2% de gordura; os de baixa gordura, de 2 a 4%; os médios, de 4 a 8% e os gordos, mais que 8%. Segundo VANNUCCINI (1999), a tilápia do Nilo tem sido considerada “o novo pescado branco”. A tilápia do Nilo pode ser considerada como pertencente à categoria de peixes magros, por apresentar apenas 2,09% de gordura, favorecendo processamentos como a salga, a secagem e o congelamento (PINTO, 2006).

Segundo VLIEG & BODY apud BRUM, OETTERER & D'ARCE (2002) pode-se dividir os lipídeos de peixes em dois grupos, os provenientes do ambiente marinho e os de água doce, que diferem na sua composição de ácidos graxos (Tabela 2). Os peixes de mar possuem uma composição relativamente complexa, com grande proporção de C18:0, C20:0 e C22:0, enquanto os de rio contêm menores teores de C20 e C22 insaturados e maiores teores de C16 e de C18 insaturado. Essas diferenças são atribuídas à alimentação e às condições ambientais e sazonais.

Peixes de água doce geralmente contêm baixas proporções de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3, em relação a peixes marinhos.

A alimentação dos peixes torna-se um fator determinante na composição de sua carne; os ácidos graxos derivados da dieta são transferidos, metabolizados, armazenados e/ou transformados em outros ácidos. Estudos demonstraram que peixes de cativeiro, alimentados exclusivamente com rações comerciais, apresentaram baixos teores de AGPI  $\omega$ -3 quando comparados com espécies nativas (VISENTAINER et al., 2005).

**Tabela 2.** Perfil de ácidos graxos de peixes de água doce (% do peso total da amostra de ácidos graxos)

AG	Peixes						
	Corimbatá	Lambari	Mandi	Piava	Pintado	Piramutuba	Traíra
12:0	ND	1,1	ND	ND	ND	ND	ND
14:0	3,2	11,5	1,9	1,7	2,1	3,6	2,8
14:1	1,1	ND	1,5	ND	ND	ND	ND
16:0	21,8	22,8	19,6	27,4	21,5	23,0	23,1
16:1	20,6	17,5	12,6	9,4	2,9	6,5	13,1
16:2	1,5	1,0	ND	ND	ND	ND	ND
18:0	4,5	4,6	7,7	5,7	10,2	11,1	8,4
18:1	16,7	11,6	27,9	26,9	14,2	13,1	18,4
18:2	3,7	2,7	5,7	7,5	0,5	1,1	4,7
20:0	ND	0,4	ND	ND	0,1	0,6	ND
18:3+20:1	7,6	4,7	9,2	12,3	0,3	0,7	4,4
20:2	0,4	1,1	0,9	0,5	ND	ND	0,1
22:0	0,3	0,4	0,5	0,6	ND	ND	0,8
22:3+22:1	4,4	3,2	5,0	2,3	7,8	6,1	8,3
20:4	1,5	1,4	0,2	1,0	0,1	ND	0,3
20:5	5,6	2,6	1,5	2,0	7,5	9,7	3,4
22:3	0,4	0,4	1,4	ND	0,8	0,9	1,2
22:4	0,8	1,5	0,3	ND	3,5	3,0	2,2
22:5	2,0	1,5	1,8	1,2	3,4	5,9	1,6
22:6	3,0	6,8	2,0	1,4	21,8	14,3	7,1

**Fonte:** GUTIERREZ & SILVA, 1993; RIBEIRO, 2003.

AG = Ácidos graxos.

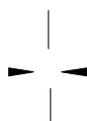
\* = Picos não identificados.

ND = Não detectados.

A tilápia do Nilo apresenta, no seu tecido muscular, baixos teores dos ácidos  $\alpha$ -linolênico (18:3  $\omega$ -3) - LNA, ácido eicosapentaenóico - EPA e ácido docosahexaenóico - DHA, e outros ácidos graxos da família  $\omega$ -3 (VISENTAINER et al., 2003).

#### 4.5. Ácidos graxos

Os ácidos graxos são moléculas apolares e, como tal, são poucos solúveis em água. Quanto maior a cadeia do ácido graxo, menor sua solubilidade em água, pois a polaridade da molécula diminui (ANDRADE, 2006). São armazenados na forma de triglicérides, que é uma molécula de glicerol esterificada com 3 moléculas de ácidos graxos [1] (WAITZBERG & BORGES, 2006).



[1]

Os Ácidos Graxos são ácidos carboxílicos, geralmente monocarboxílicos, com cadeias hidrocarbonadas (saturadas ou insaturadas) de 4 a 36 átomos de carbono, derivados dos hidrocarbonetos, podendo ser representados pela forma  $\text{RCO}_2\text{H}$  (GRAZIOLA, SOLIS & CURI, 2002; LEHNINGER et al., 2006). O grupo carboxila constitui a região polar e a cadeia R, a região apolar da molécula. Os mais comuns são aqueles com 16 e 18 carbonos. A principal diferença entre eles está no comprimento da cadeia carbônica, no número e na posição das duplas ligações e na configuração *cis* ou *trans* em torno da ligação (MORETTO & FETT, 1989) (Tabela 3).

O tamanho da cadeia carbônica determina a classificação dos ácidos graxos em: cadeia curta - 2 a 4 átomos de carbono, cadeia média - 6 a 10 átomos de carbono e cadeia longa - acima de 12 átomos de carbono; e, a presença de ramificação em: não ramificados e ramificados (de ocorrência rara, a exemplo dos iso-ácidos, principalmente com número par de carbono, e dos anteiso-ácidos, principalmente com número ímpar de carbono) (GRAZIOLA, SOLIS & CURI, 2002). Ácidos graxos de cadeia muito longa (VLCFA), acima de 22 átomos de carbono,

predominam no cérebro e nos tecidos especializados, como a retina e os espermatozoides de seres humanos (JONES & KUBOW, 2003).

**Tabela 3.** Nomenclatura dos principais ácidos graxos

Nome Comum	Nº de Carbonos e Insaturações	Nomenclatura
<b>Ácido Graxo Saturado de cadeia curta</b>		
Butírico	C4:0	Butanóico
<b>Ácidos Graxos Saturados de cadeia média</b>		
Capróico	C6:0	Hexanóico
Caprílico	C8:0	Octanóico
Cáprico	C10:0	Decanóico
Láurico	C12:0	Dodecanóico
<b>Ácidos Graxos Saturados de cadeia longa</b>		
Mirístico	C14:0	Tetradecanóico
Palmítico	C16:0	Hexadecanóico
Esteárico	C18:0	Octadecanóico
Palmitoléico	C16:1	<i>cis</i> 9-hexadecaenóico $\omega$ -7
Oléico	C18:1	<i>cis</i> 9-octadecaenóico $\omega$ -9
Eláidico	C18:1	<i>trans</i> 9-octadecaenóico $\omega$ -9
Linoléico	C18:2	<i>cis</i> 9,12-octadecadienóico $\omega$ -6
<b>Ácidos Graxos insaturados de cadeia longa</b>		
$\alpha$ -Linolênico	C18:3	<i>cis</i> 9,12,15-octadecatrienóico $\omega$ -3
$\gamma$ -Linolênico	C18:3	<i>cis</i> 6,9,12-octadecatrienóico $\omega$ -6
Columbínico	C18:3	<i>trans</i> 5,9,12-octadecatrienóico $\omega$ -6
<b>Ácidos Graxos insaturados de cadeia muito longa</b>		
Araquídico	C20:0	Eicosanóico
Behênico	C22:0	Docosanóico
Eicosenóico	C20:1	<i>cis</i> 11-eicosenóico $\omega$ -9
Erúcico	C22:1	<i>cis</i> 13-docosaenóico $\omega$ -9
Brassídico	C22:1	<i>trans</i> 13-docosaenóico $\omega$ -9
Cetoléico	C22:1	<i>cis</i> 11-docosaenóico $\omega$ -11
Nervônico	C24:1	15-tetracosaeenóico
Dihomo - $\gamma$ -Linolênico	C20:3	<i>cis</i> 8,11,14-eicosatrienóico $\omega$ -6
Araquidônico	C20:4	<i>cis</i> 5,8,11,14-eicosatetraenóico $\omega$ -6
Timnodônico	C20:5	<i>cis</i> 5,8,11,14,17-eicosapentaenóico $\omega$ -3
Clupanodônico	C22:5	<i>cis</i> 7,10,13,16,19-docosapentaenóico $\omega$ -3
Docosaexaenóico	C22:6	<i>cis</i> 4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico $\omega$ -3

Os ácidos graxos mais comuns em sistemas biológicos apresentam-se sempre com número par de átomos de carbono, embora alguns organismos, como fungos e bactérias sintetizem moléculas com um número ímpar de átomos de carbonos. Os seres humanos podem usar estes últimos para obter energia, mas só os incorporam em lipídeos complexos em um nível mínimo (DEVLIN, 2002).

Em geral, a quantidade de ácidos graxos insaturados, tanto nos lipídeos animais quanto nos vegetais, é duas vezes maior que a quantidade de ácidos graxos saturados (STRYER, 1992). Os ácidos graxos apresentam três funções fisiológicas importantes: são elementos de construção de fosfolipídios e glicolipídeos; derivados de ácidos servem de hormônios e mensageiros intracelulares e são moléculas fornecedoras de energia.

O rendimento da oxidação completa de ácidos graxos é em torno de 9 Kcal/g, em contraste com cerca de 4 Kcal/g para carboidratos e proteínas. Além disso, os triacilgliceróis são muito apolares e, por isso, são armazenados em uma forma quase anidra, enquanto as proteínas e os glícídeos são muito mais polares e daí muito mais hidratados (STRYER, 1992).

#### **4.5.1. Ácidos graxos saturados**

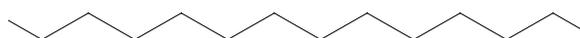
Os ácidos graxos saturados existem, geralmente, sob uma forma estendida, uma vez que esta conformação linear, flexível, é o estado de menor energia. Essa conformação linear permite um melhor empacotamento dos mesmos, fazendo com que as moléculas fiquem próximas umas das outras, aumentando a interação entre elas (GRAZIOLA, SOLIS & CURI, 2002). Possuem uma configuração em ziguezague, com a ligação carbono-carbono formando um ângulo de  $109^\circ$  (CONN & STUMPF, 1972).

Nem todos são igualmente aterogênicos. O ácido láurico (C12:0) [2] e o mirístico (C14:0) [3] são considerados aterogênicos. O ácido palmítico (C16:0) [4] pode ou não ser, dependendo do estado metabólico. O ácido esteárico (C18:0) [5] e também os ácidos de cadeias média e curta podem diminuir (quando integrados numa alimentação rica em alimentos como frutas e legumes) ou não interferir nos níveis sanguíneos de colesterol, mas não os aumentam. O ácido esteárico, embora de cadeia longa, é muito menos aterogênico porque o organismo é capaz de

transformar parte dele em ácido oléico [9], um ácido monoinsaturado (CARDOSO, 2004).



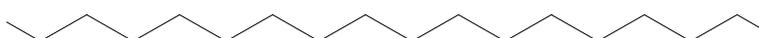
[2] Ácido láurico (C12:0)



[3] Ácido mirístico (C14:0)



[4] Ácido palmítico (C16:0)



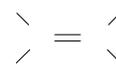
[5] Ácido esteárico (C18:0)

#### 4.5.2. Ácidos graxos insaturados

Os ácidos graxos insaturados podem ser classificados quanto ao número de insaturações em: monoinsaturados (uma dupla ligação) e poliinsaturados (duas ou mais duplas ligações). A presença de insaturação restringe a rotação da cadeia carbônica, fazendo com que ocorra isomeria em torno da dupla ligação, denominada configuração *cis* [6] ou *trans* [7].



[6]

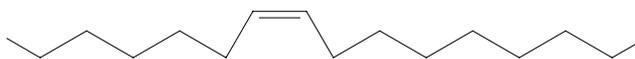


[7]

Na maioria dos ácidos graxos insaturados, a configuração das duplas ligações é *cis*. A configuração *cis* produz um dobramento rígido na cadeia alifática (GRAZIOLA, SOLIS & CURI, 2002). Nos poliinsaturados, as duplas ligações são

separadas por pelo menos um grupamento metileno (BERG, TYMOCZKO & STRYER, 2004).

Os ácidos graxos insaturados são divididos em quatro classes:  $\omega$ -7 [8],  $\omega$ -9 [9],  $\omega$ -6 [10] e  $\omega$ -3 [11] (GRAZIOLA, SOLIS & CURI, 2002). A denominação ômega ( $\omega$ ) está relacionada somente aos ácidos graxos que possuem configuração *cis* e tem como ponto de referência o grupamento metila terminal (carbono  $\omega$ ). Assim, têm-se compostos  $\omega$ -3, quando a primeira ligação dupla ocorre entre os carbonos 3 e 4, contados a partir do ômega; compostos  $\omega$ -6, quando a primeira ligação dupla ocorre entre os carbonos 6 e 7; e  $\omega$ -9, quando ocorre entre o C<sub>9</sub> e o C<sub>10</sub> (BELDA & POURCHET-CAMPOS, 1991).



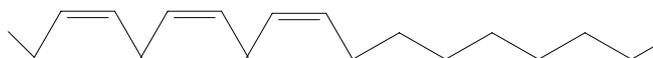
[8] Ácido palmitoléico ( $\omega$ -7)



[9] Ácido oléico ( $\omega$ -9)



[10] Ácido linoléico ( $\omega$ -6)



[11] Ácido  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3)

#### 4.5.3. Histórico e importância dos ácidos graxos insaturados

O trabalho realizado por BURR & BURR, em 1929, mostrou pela primeira vez a importância nutricional de lipídeos específicos. Ratos recém-desmamados, alimentados com uma dieta livre de gorduras, mostraram prejuízo do crescimento, pele escamosa, necrose da cauda e aumento de mortalidade, condições revertidas pelo consumo de ácido linoléico (C 18:2  $\omega$ -6) [10].

O termo *ácidos graxos essenciais* – (AGE) foi cunhado por BURR & BURR para aqueles ácidos graxos – (AG) não sintetizados por mamíferos e cuja deficiência pode ser revertida pela adição dos referidos ácidos graxos às dietas (JONES & KUBOW, 2003).

Durante a Segunda Guerra Mundial, estudos realizados por STROM & JENSEN, em 1951, observaram uma queda da mortalidade por doenças circulatórias e infartos do miocárdio, devido à redução do consumo de gorduras e aumento no consumo de peixes levando a uma diminuição dos níveis de colesterol no sangue. Este fato foi atribuído especialmente aos níveis altos de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 presentes nos peixes de águas profundas e frias.

Estudos epidemiológicos correlacionam a baixa incidência de doenças cardiovasculares nos esquimós e japoneses, com o consumo de ácidos graxos poliinsaturados da série  $\omega$ -3 (AGPI  $\omega$ -3) provenientes de peixes marinhos. Pesquisas indicam que AGPI  $\omega$ -3, particularmente o ácido eicosapentaenóico, interfere na produção de prostaglandina trombótica ou é transformado em prostaglandinas antitrombóticas. Os benefícios dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) na saúde cardiovascular, exercidos em vários níveis na regulação da homeostase vascular, podem ser obtidos através de uma alimentação equilibrada, que proporcione uma relação adequada de AGPI  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 (MOREIRA et al., 2003).

O aumento no consumo dietético de ácidos graxos poliinsaturados causa mudanças na composição dos ácidos graxos dos fosfolípidos das membranas celulares. Essa alteração é responsável pelo aumento na fluidez da membrana, podendo interferir nas interações intracelulares, expressão de receptores de membrana, transporte de nutrientes e sinais de transdução, influenciando o crescimento celular (GARÓFOLO & PETRILLI, 2006).

As refeições ricas em lipídeos baseadas em óleo de peixes, oliva, girassol, milho, soja, canola, entre outros, têm sido largamente estudadas demonstrando forte influência positiva nos níveis de lipoproteínas sanguíneas, com efeitos protetores contra diversos estados patológicos. Os mecanismos responsáveis por esta ação protetora se relacionam ao tipo de ácidos graxos presentes nestes óleos, particularmente das séries mono e poliinsaturados (SOARES & ITO, 2000).

O  $\omega$ -3 é incorporado na membrana da célula e influencia a fluidez da membrana, a função de receptor, a atividade enzimática, a produção de citocinas e de eicosanóides. A suplementação oral com  $\omega$ -3 de óleo de peixe em sujeitos

saudáveis decresce a produção de citocinas pró-inflamatórias, interleucina-1 e interleucina-2 em monócitos isolados, e do fator de necrose tumoral. Efeitos biológicos dos  $\omega$ -3 são caracterizados pela diminuição na aderência de plaquetas, diminuição nos níveis de triglicerídeos séricos (ou sangüíneos), melhora na fluidez da membrana de eritrócitos e mudanças no endotélio vascular resultantes da produção de compostos anti-inflamatórios (FETT et al., 2001).

Estudos recentes relatam que o  $\omega$ -3 pode controlar a resposta hiperinflamatória exacerbada, minimizando os efeitos dos distúrbios metabólicos, o hipermetabolismo e, desse modo, melhorar o prognóstico. Entretanto, se oferecido durante a fase hipoinflamatória, possivelmente irá expor o paciente ao risco de infecção secundária, pois, reduz a resposta inflamatória, podendo atuar diminuindo a atividade imunológica de forma inadequada (GARÓFOLO & PETRILLI, 2006).

No estudo de caso-controle realizado por MAILLARD et al. apud PADILHA & PINHEIRO (2004), investigou-se a correlação entre a série  $\omega$ -3 e o câncer mamário. Ao avaliar a composição dos ácidos graxos presente no tecido adiposo mamário de 241 mulheres com a incidência de câncer mamário não-metástico e de 88 pacientes com a doença benigna, encontrou-se uma relação inversa entre risco de câncer de mama e os níveis de ácidos graxos  $\omega$ -3 no tecido mamário, evidenciando um efeito protetor dos ácidos graxos da série  $\omega$ -3 sobre o risco de câncer mamário.

O ácido docosahexaenóico (DHA) é considerado fundamental na formação dos tecidos nervosos e visuais, sendo sua presença primordial durante as primeiras etapas do desenvolvimento intra e extra-uterino (LINKO & HAYAKAWA, 1996; SOUZA & VISENTAINER, 2006).

Dentre os benefícios nutricionais e medicinais do ácido eicosapentaenóico (EPA) e DHA, que têm sido muito discutidos entre os efeitos fisiológicos nos seres humanos, estão a prevenção e o tratamento de doenças cardiovasculares, por possuírem forte ação antiaritmica no coração e poderosa ação antitrombótica, antihipertensiva, antiinflamatória e anticancerígenas (SIMOPOULOS, 1991; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002).

As deficiências de ácidos graxos  $\omega$ -3 caracterizam-se por sintomas neurológicos, redução da acuidade visual, lesões na pele, retardo no crescimento, diminuição da capacidade de aprendizado e eletrocardiograma anormal. A deficiência de ácidos graxos  $\omega$ -6 pode levar a lesão na pele, anemia, aumento da degradação plaquetária, trombocitopenia, esteatose hepática, retardo da

cicratização e aumento da susceptibilidade a infecções e, em crianças, também pode promover retardo mental e diarreia (WAITZBERG & BORGES, 2006).

O consumo elevado de ácidos graxos  $\omega$ -6 não tem suporte epidemiológico e não deve ser recomendado. O excesso de  $\omega$ -6 promove envelhecimento celular precoce, alterações estruturais de membranas, modificações do código genético, com anomalias da multiplicação celular e indução de carcinomas, e formação de compostos hormonais que estimulam a adesividade e a agregação plaquetárias. Além disso, perde a eficácia antiaterogênica porque reduz o colesterol das HDL em paralelo com o colesterol total, baixa a eficácia dos sistemas de defesa imunitária e aumenta a incidência de cálculos vesiculares (CARDOSO, 2004).

Estudos relatam que formulações ricas em  $\omega$ -6 exercem efeitos imunossupressores, determinando inibição das funções de células inflamatórias e imunológicas (FÜRST & KUHN, 2000).

#### 4.5.4. Biossíntese dos ácidos graxos

Os mamíferos podem sintetizar ácidos graxos a partir da acetil coenzima A (Acetil CoA). O produto final da enzima  *sintase* de ácidos graxos é o ácido palmítico (16:0) que pode ser alongado para ácido esteárico (18:0), sendo este ácido muito importante para a síntese de ácidos graxos insaturados. A introdução de uma dupla ligação entre os átomos de carbonos 9 e 10 é catalisada pela  $\Delta$ -9 dessaturase. Essa enzima está presente em plantas e animais e converte o ácido esteárico em ácido oléico. Nas plantas, a enzima  $\Delta$ -12 dessaturase converte o ácido oléico em ácido linoléico e a  $\Delta$ -15 dessaturase converte o ácido linoléico em ácido  $\alpha$ -linolênico (TEITELBAUM e WALKER, 2001; MOREIRA et al., 2002).

No homem, a biossíntese de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa  $\omega$ -3 (partindo de seu precursor linolênico) é realizada pelo fígado, gônadas, cérebro e tecido adiposo. No retículo endoplasmático liso e mitocôndrias encontram-se enzimas dessaturases e elongases, respectivamente, que possuem como função aumentar o número de duplas ligações (dessaturases – envolvem três enzimas: NADH-citocromo b5 redutase, citocromo b5 e acil CoA dessaturase) e o número de átomos de carbono (elongases, segundo o processo reverso da degradação dos ácidos graxos, a  $\beta$ - oxidação), no ácido linolênico e em seus derivados estruturais, além de ácidos graxos das séries  $\omega$ -6 (SOUZA & VISENTAINER, 2006;

WAITZBERG & BORGES, 2006). Em ordem de preferência, os substratos para essas enzimas são:  $\omega$ -3 >  $\omega$ -6 >  $\omega$ -9 (GARÓFOLO & PETRILLI, 2006) (Figura 2).

O homem e outros mamíferos têm a capacidade de sintetizar certos ácidos graxos saturados e insaturados, os ácidos esteárico (C 18:0) e oléico (C 18:1), mas são incapazes de sintetizar ácidos poliinsaturados, como o linoléico (C18:2) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3). Sem esses ácidos, o organismo teria seu funcionamento comprometido. Os ácidos graxos essenciais são poliinsaturados que não podem ser sintetizados pelas células dos mamíferos a partir de acetil-coenzima A e, portanto, têm que ser ingeridos na alimentação (Figura 3). As necessidades dos ácidos graxos essenciais C 18:2  $\omega$ -6 e C 18:3  $\omega$ -3 são avaliadas pela quantidade necessária para prevenir ou reverter sintomas de deficiência em animais e humanos e para atingir o teor máximo de C20:4  $\omega$ -6 e C22:6  $\omega$ -3 nos tecidos. A ingestão aproximada de 2,4% da energia dietética sob a forma de C 18:2  $\omega$ -6 suporta os teores máximos de C 20:4  $\omega$ -6 em roedores e evita o aparecimento de sinais de deficiência em bebês e adultos humanos (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 2003).

Os ácidos graxos também são responsáveis pela formação dos eicosanóides. Os eicosanóides são grupos de compostos biologicamente ativos de vinte carbonos (C20) que incluem as prostaglandinas, tromboxanas e leucotrienos. A síntese de eicosanóides são a partir dos ácidos graxos poliinsaturados componentes dos fosfolípidos das membranas celulares. São hormônios parácrinos, substâncias que agem somente nas células próximas onde são sintetizados. Estão envolvidos na função reprodutiva, na inflamação, febre, dor associada à lesão ou doença, formação das plaquetas e regulação da pressão arterial, secreção de ácidos gástricos e uma variedade de outros processos importantes para a saúde humana (NELSON & COX apud FETT et al., 2001).

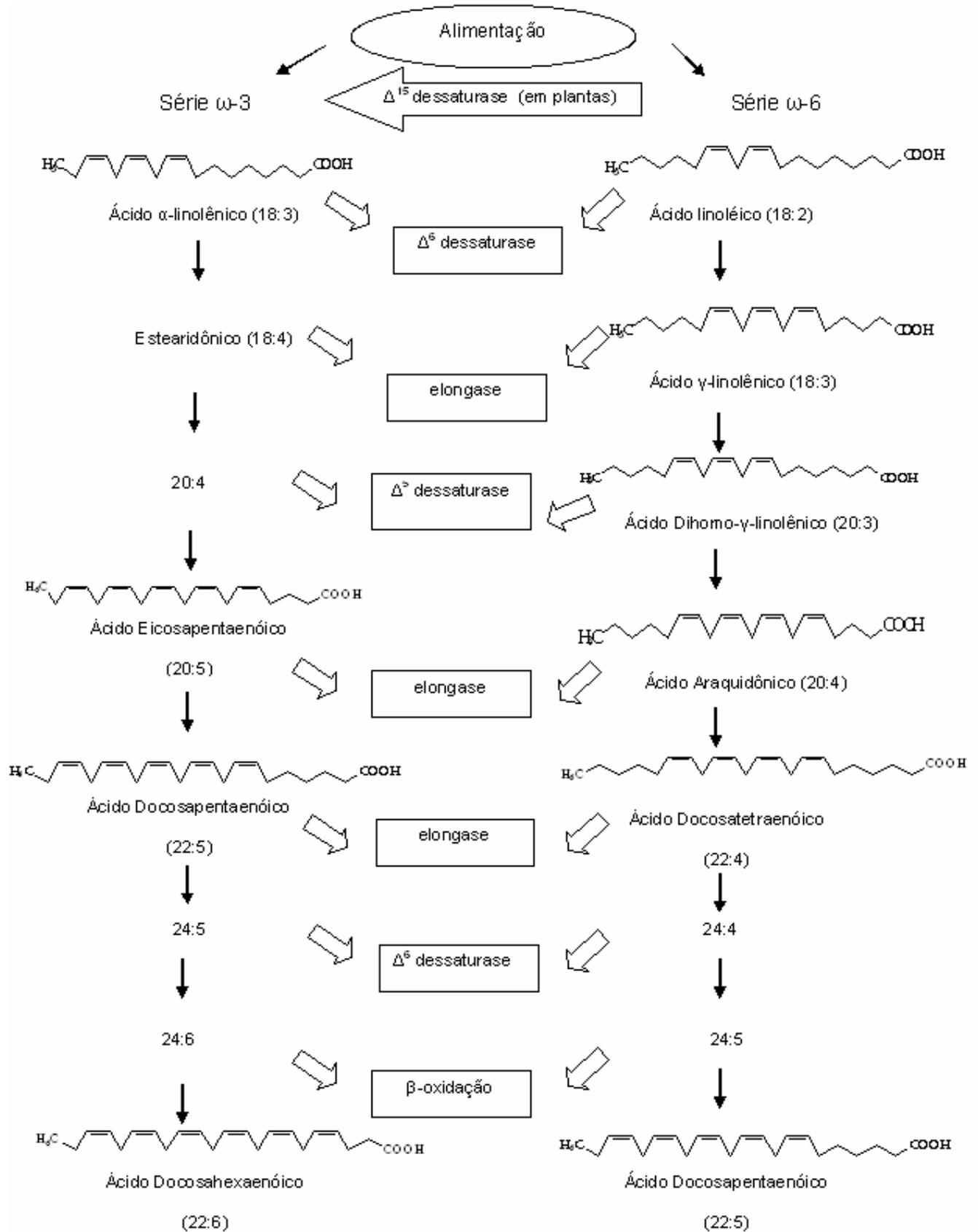
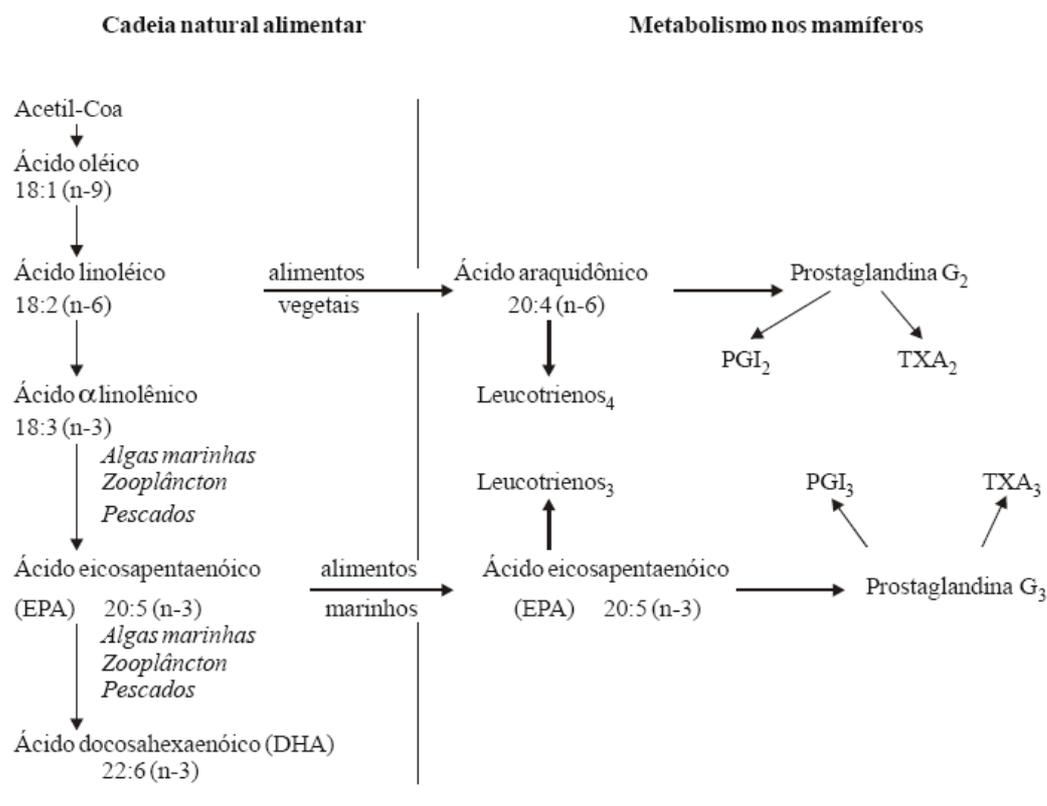


Figura 2. Biossíntese dos ácidos graxos poliinsaturados.



Fonte: WARD apud SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002.

**Figura 3.** Biossíntese de ácidos graxos ω-3 e formação de eicosanóides.

As exigências de AGE de espécies de peixes de água doce e espécies marinhas foram determinadas a longo tempo e as espécies de água doce possuem todas as enzimas com capacidade de alongar e dessaturar ácidos graxos precursores (SOUZA et al., 2005).

Os AGS e AGMI nos peixes podem ter suas origens em função da dieta lipídica. Além da dieta, os ácidos graxos saturados podem ser gerados pela *síntese de novo* (utilizando fontes de carbono não lipídicas) e transformados em ácidos graxos monoinsaturados. E, ainda, a *síntese de novo* é inversamente proporcional aos níveis de saturados recebidos pela dieta. Desta forma, os níveis destes ácidos nas diferentes espécies estão regidos por variáveis, como características individuais das espécies, tipo de alimentação e influência do meio onde sobrevivem, dentre outras (VISENTAINER et al., 2003).

#### 4.5.5. Fontes de ácidos graxos

Os ácidos graxos poliinsaturados são encontrados em óleos vegetais, principalmente os da série  $\omega$ -6, na qual se destaca o ácido linoléico. Alguns óleos como de soja, linhaça e colza (mais conhecido como óleo de canola) apresentam ácidos graxos da família  $\omega$ -3, mas a grande fonte de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente desta série, reside nos animais marinhos, particularmente nos peixes, devido à sua alimentação fitoplanctônica e zooplanctônica, que concentra ácidos graxos desta natureza (BELDA & POURCHET-CAMPOS, 1991).

De forma geral, considera-se que peixes de cultivo de água doce contêm menor quantidade de  $\omega$ -3 e maior quantidade de  $\omega$ -6 (SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). Os peixes de água doce possuem a composição de ácidos graxos sensível ao tipo de alimentação de que dispõem, apresentando larga variação qualitativa e quantitativa em ácidos graxos (MOREIRA et al., 2003). Segundo CHANMUGAM; BOUDREAU & HWANG apud SUÁREZ-MAHECHA et al. (2002) os níveis de  $\omega$ -3 podem ser incrementados por manipulação da dieta.

#### 4.5.6. Recomendações dietéticas de ácidos graxos

As recomendações nutricionais de ingestão são usualmente cerca de 3 a 5% da energia consumida na forma de AGPI. A ingestão de 0,5 a 1% da energia como C 18:3  $\omega$ -3 permite obter os teores máximos de C 22:6  $\omega$ -3 nos tecidos e também evita qualquer sintoma aparente de deficiência (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 2003), Tabela 4.

**Tabela 4.** Valores recomendados para a razão entre os ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 na dieta

País ou instituição	$\omega$ -6/ $\omega$ -3
Canadá	4:1 – 10:1
EUA	2:1-3:1 4:1
França	5:1
Inglaterra	4:1
Japão	2:1-4:1
Suécia	5:1
WHO/FAO	5:1-10:1

Fonte: SOUZA & VISENTAINER, 2006.

Acredita-se que, atualmente, as dietas dos povos ocidentais apresentam razão  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 de aproximadamente 20 a 30:1, valores muito elevados, quando comparados com aqueles considerados ideais de 1 a 2:1. Os elevados valores da razão  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 geram um desbalanceamento de ácidos graxos no organismo humano e, provavelmente, contribuem para o desenvolvimento de processos inflamatórios, desordem do sistema imune, hipertensão e disfunções neurológicas (VISENTAINER et al., 2003).

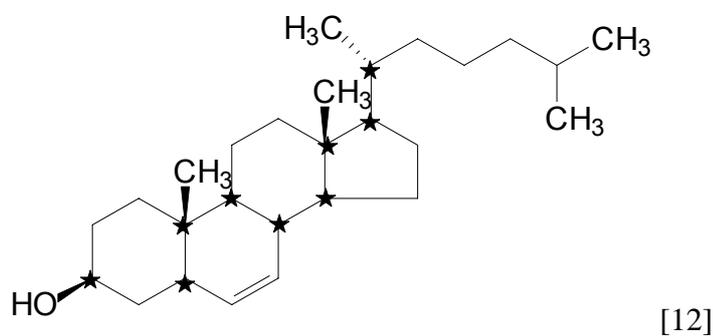
Níveis de ingestão adequada (IA) de ácidos graxos essenciais foram estabelecidos pelo *Institute of Medicine* (Washington, 2008), por meio das *Dietary Reference Intakes* (DRIs), baseadas na ingestão média da população americana. Esses valores preconizados de consumo são de 17 g e 12 g/dia de ácido linoléico ( $\omega$ -6) e 1,6 g e 1,1 g/dia de ácido  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3) para homens e mulheres, respectivamente. Por falta de dados suficientes, o *Institute of Medicine* não estabeleceu AI ou RDA para o ácido araquidônico (AA), EPA ou DHA.

Considerando que essas duas famílias de ácidos graxos competem pelas mesmas enzimas, o balanço entre  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 na dieta é de grande importância. Como consequência das mudanças no padrão dietético humano, a relação entre ácidos graxos  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 na dieta também sofreu alterações no decorrer da História. No passado, na era paleolítica, essa relação era de, aproximadamente, 1:1 a 1:2, enquanto que o padrão atual (dieta ocidental) apresenta uma relação média de 17:1. Embora alguns considerem satisfatória a relação  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 de 10 a 5:1 a proposta

mais recente, com base em experimentação animal, é de 1:1 (GARÓFOLO & PETRILLI, 2006).

#### 4.6. Colesterol

O colesterol é um lipídio insaturado, instável e suscetível à oxidação, influenciado pelo oxigênio e outros fatores como a atividade da água, luz, temperatura elevada, radiação ionizante, radicais livres e íons metálicos (BAGGIO et al., 2005; MORALES-AIZPURÚA & TENUTA-FILHO, 2005). O colesterol é um tipo de gordura produzido pelo fígado a partir da Acetil-CoA (forma endógena). Também pode ser obtido da dieta (forma exógena). O colesterol, que tem como estrutura básica o núcleo de ciclopentanoperidrofenantreno, que possui certa dificuldade no estabelecimento desta estrutura, pois o mesmo contém oito centros quirais. Isto significa que existem  $2^8$  ou 256 formas estereoisoméricas possíveis e somente uma delas correspondente ao colesterol [12] (SOUZA & VISENTAINER, 2006).



Estrutura do colesterol, ★ representa os centros quirais.

O núcleo esteróide é quase plano e relativamente rígido; os anéis fundidos não permitem a rotação em torno das ligações C-C (LEHNINGER et al., 2006). O núcleo esteróide pode ser modificado por meio de cadeias laterais para formar: (1) colesterol; (2) ácido cólico, que constitui a base dos ácidos biliares formados no fígado; e, (3) muitos hormônios esteróideais importantes secretados pelo córtex supra-renal, pelos ovários e pelos testículos (GUYTON & HALL, 2002).

A molécula de colesterol possui uma hidroxila em C-3, e isso permite alguma afinidade da mesma pelo meio aquoso; porém, o restante da molécula é formada pelo núcleo esteróide e a cadeia lateral hidrocarbonada em C-17, o que caracteriza

o colesterol como praticamente insolúvel em água (OLIVEIRA & QUINTÃO, 1992; LEHNINGER et al., 2006).

O colesterol é comum no tecido animal e ocorre na forma livre ou combinada com ácidos graxos. A proporção do colesterol livre para o esterificado varia consideravelmente entre os diferentes tecidos. Ésteres do colesterol predominam no plasma e nas adrenais, mas quase todo colesterol no encéfalo e no tecido nervoso está na forma livre (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 2003).

#### 4.6.1. Metabolismo do Colesterol

Os níveis de colesterol sanguíneos são homeostaticamente regulados. Se a alimentação o fornecer em quantidades baixas, o organismo aumenta a sua produção endógena para suprir às necessidades. Indivíduos com deficiências hereditárias dos mecanismos de regulação podem ser vítimas de perturbações da formação e do consumo do colesterol e apresentarem valores sanguíneos elevados (hipercolesterolemias familiares), com maior ou menor dependência do regime alimentar (CARDOSO, 2004).

Além do colesterol absorvido diariamente a partir do trato gastrintestinal, que é denominado *colesterol exógeno*, quantidade ainda maior é sintetizada nas células do corpo, o chamado *colesterol endógeno*. Praticamente todo colesterol endógeno que circula nas lipoproteínas do plasma é formado pelo fígado; entretanto, todas as células do corpo também sintetizam, pelo menos, algum colesterol, o que está de acordo com o fato de que muitas das estruturas membranosas de todas as células são constituídas, em parte, por essa substância (GUYTON & HALL, 2002).

Como estas substâncias são essencialmente insolúveis em água, o transporte dos ésteres de colesterol e do próprio colesterol se dá na forma de lipoproteínas plasmáticas, formadas pela combinação de apolipoproteínas (proteínas transportadoras específicas, livres de lipídeos) e de lipídeos. Estas lipoproteínas são agregados esféricos, com os lipídeos hidrofóbicos no centro e as cadeias laterais hidrofílicas dos aminoácidos das proteínas na superfície. Diferentes combinações de lipídeos e proteínas produzem partículas com densidades diferentes, variando de densidades muito baixas (VLDL) até muito altas (HDL), que podem ser visualizadas através de microscopia eletrônica. As LDL (lipoproteínas de baixa densidade) são consideradas as lipoproteínas mais prejudiciais para o organismo porque

transportam a maior parte do colesterol na circulação, podendo levar à obstrução de artérias, quando em altas concentrações. As HDL fazem o transporte reverso, transportam o colesterol de volta para o fígado, onde ele é digerido e posteriormente eliminado, ajudando a diminuir a taxa de colesterol circulante (SOUZA & VISENTAINER, 2006).

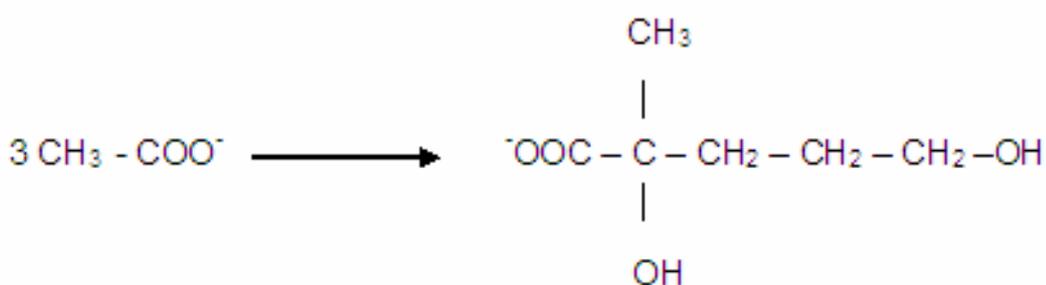
O colesterol contido nas lipoproteínas está, em sua maior parte, esterificado. O éster de colesterol é completamente insolúvel, ou seja, uma molécula hidrofóbica. O colesterol é sintetizado a partir do acetato em todos os tecidos animais; é um precursor do ácido cólico, um constituinte dos ácidos biliares (taurocólico e glicocólico) e seu 7-desidro derivado é um precursor da vitamina D dos tecidos animais, conhecido como coledalciferol. Estrógenos, andrógenos, progesterona e a maioria dos hormônios adrenocorticais derivam do colesterol (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 2003).

Aproximadamente duas terças partes do conteúdo corporal de colesterol das pessoas adultas são sintetizadas no fígado, de acordo com FENNEMA (1993), e o terço restante é proveniente da dieta. Embora PIGOT & TUCKER (1990) reconheçam que, apesar da dieta ser fonte desse esteróide, grande parte (geralmente 1.000 a 1.500 mg/dia ou mais) de nosso soro e tecidos sintetizam colesterol, mais predominantemente no fígado, mucosas e intestino.

#### 4.6.2. Síntese do Colesterol

O processo de síntese ocorre em quatro etapas:

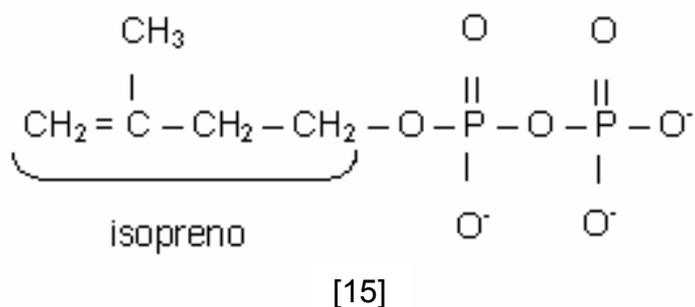
1. a condensação de três unidades de acetato [13] para formar um intermediário com seis carbonos, o mevalonato [14];



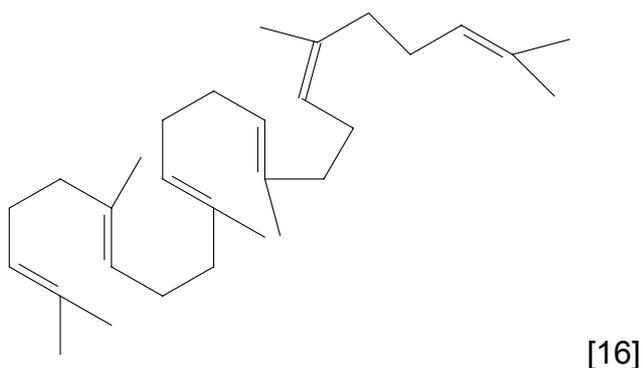
[13]

[14]

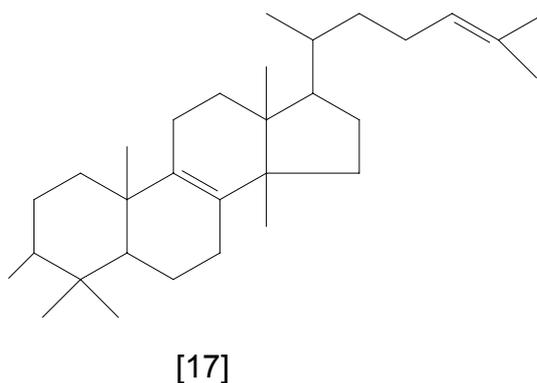
2. a conversão do mevalonato em unidades de isopreno ativado [15];



3. a polimerização de seis unidades do isopreno, cada uma com cinco átomos de carbono, para formar a estrutura linear do esqualeno [16], com 30 átomos de carbono; e,



4. a ciclização do esqualeno para formar os quatro anéis do núcleo esteróide. Essa ciclização resulta na formação de lanosterol [17], que contém os quatro anéis característicos do núcleo esteróide. Finalmente, o lanosterol é convertido em colesterol [12] em uma série de aproximadamente 20 reações, que incluem a migração de alguns grupos metila e a remoção de outros (LEHNINGER et al., 2006).



### 4.6.3. Importância e Recomendações Nutricionais

O colesterol desempenha funções importantes no organismo humano, como: modulação da fluidez e permeabilidade das membranas biológicas, precursor de hormônios esteróides e dos ácidos e sais biliares e modificação covalente algumas proteínas (MARTÍNEZ et al., 2001). No entanto, uma taxa elevada de colesterol no sangue é um dos fatores de risco para doenças cardiovasculares, a principal causa de morte no Brasil e em muitos outros países (BRAGAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1992).

O colesterol do plasma humano depende não somente do colesterol sangüíneo, mas também do conteúdo de gordura e composição de ácidos graxos da dieta, principalmente os ácidos graxos saturados e os isômeros *trans*. Os efeitos dos ácidos graxos da dieta no nível de colesterol plasmático foi descrito em detalhes há mais de 30 anos (McNAMARA, 1990; BRAGAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

Segundo FENNEMA (1993), a ingestão periódica de colesterol e gorduras saturadas eleva o nível de colesterol no soro sangüíneo, o que por sua vez, faz com que incorra no risco de haver deposição de placas ateroscleróticas nas paredes das artérias.

A indução de hiperlipidemia em primatas, por meio de alimentos ricos em colesterol e em ácidos graxos saturados, tem produzido lesões similares às observadas em humanos. Por outro lado, as medidas para redução dos níveis séricos de lipídeos são efetivas na prevenção dos sinais e sintomas da doença coronariana (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 2003).

Há estudos indicando que a ingestão de ácidos graxos saturados está fortemente correlacionada com o nível de colesterol e este, com a incidência de infarto do miocárdio fatal e não - fatal. Tem-se observado que, em países com alto índice de doença coronariana, o emprego da gordura animal na alimentação predomina sobre as outras. Em países com baixa incidência de doença coronariana, os hábitos alimentares incluem principalmente óleo vegetal e baixo consumo de produtos lácteos (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 2003).

A Sociedade Brasileira de Cardiologia – SBC (2007) recomenda que para manter baixos níveis de colesterol sangüíneo, a alimentação deve ser pobre em colesterol (< 200 mg / dia) e, quanto aos lipídios, gordura total de 25 a 35% das

calorias totais; ácidos graxos poliinsaturados  $\leq 10\%$  das calorias totais e ácidos graxos monoinsaturados  $\leq 20\%$  das calorias totais; e, principalmente, gordura saturada  $\leq 7\%$  das calorias totais.

#### 4.7. Métodos de análises de Ácidos graxos e Colesterol

O preparo da amostra para análise lipídica depende do tipo de alimento e da natureza da sua composição lipídica. Para obtenção de resultados confiáveis é recomendável o conhecimento da estrutura química e da ocorrência das principais classes lipídicas e seus constituintes. O uso de altas temperaturas deve ser evitado, e a manutenção de uma atmosfera inerte durante a preparação da amostra e extração pode minimizar as reações de oxidação dos lipídeos insaturados.

A insolubilidade dos lipídeos em água torna possível sua separação das proteínas, carboidratos e da água nos tecidos. Como os lipídeos apresentam uma grande faixa de relativa hidrofobicidade, é praticamente inviável a utilização de um único solvente universal para a extração dos lipídeos (NELSON, 1991).

Existem vários métodos para a extração da fração lipídica, para posterior análise. Dentre estes têm-se: SOXHLET (1879), FOLCH et al. (1957), BLIGH & DYER (1959) e HARA & RADIN (1978); cada um apresentado suas peculiaridades e determinados fins.

A cromatografia gasosa (CG) tem sido uma ferramenta bastante utilizada na análise dos AG em óleos e gorduras. A CG permite a separação dos AG de cadeia curta diretamente; já os AG de cadeia longa, devido à baixa volatilidade e à estabilidade térmica, necessitam de uma etapa adicional de derivatização onde os grupos carboxílicos são convertidos em grupos ésteres, mais voláteis, como trimetilsilil-ésteres ou metil-ésteres (OLIVEIRA et al., 2003).

Dentre as reações para promover a derivação de ácidos graxos tem-se a reação de siliilação, que ocorre instantaneamente, em temperatura ambiente; reação de alquilação, onde um átomo de hidrogênio é substituído por um grupo alquila ou arila; e, reação simples de esterificação. As reações simples de esterificação são empregadas com frequência para a formação de derivados com ácidos carboxílicos e outros grupos funcionais ácidos. Em uma reação típica, o ácido carboxílico é dissolvido em um excesso de álcool que contém um catalisador, como ácido clorídrico, trifluoreto de boro, entre outros (COLLINS et al., 2006).

Além da CG, os AG podem ser separados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em fase reversa, mas, a baixa absorvidade dos solutos torna difícil a quantificação direta por detecção UV em amostras (OLIVEIRA, LAGO & TAVARES, 2003).

Existem outros detectores que podem ser utilizados, como o de espectrometria de massas, que é um detector universal, embora destrutivo, que apresenta alta sensibilidade, fornece a massa molecular dos solutos e permite a elucidação estrutural destes. A utilização de MS-MS permite a fragmentação dos íons já formados, fornecendo informações estruturais e aumentando a seletividade. O detector eletroquímico também pode ser utilizado, o qual detecta compostos orgânicos oxidáveis e redutíveis (SKOOG et al., 2002).

A determinação de colesterol requer um método analítico brando para evitar a oxidação ou formação de compostos indesejáveis (BAGGIO et al., 2005). Os métodos descritos na literatura são o colorimétrico, enzimático, cromatografia gasosa e CLAE. Todos os métodos constam das seguintes etapas: extração lipídica, saponificação, extração da matéria insaponificável e medida do colesterol. Existem propostas que utilizam a saponificação direta sem a necessidade da extração lipídica (BRAGAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

A utilização dos métodos anteriormente citados torna possível a identificação e quantificação de componentes importantes para nossa saúde, presente nos alimentos, como os teores de ácidos graxos e colesterol. Desse modo, ajudando na formulação de dietas com valores corretos de tais componentes para um planejamento adequado das refeições, para pessoas saudáveis e enfermas.

## 5. Material e Métodos

### 5. 1. Material

O peixe em estudo foi a Tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) e as análises conduzidas no Laboratório de Enzimologia Aplicada e Análises Bromatológicas (LENAB) e no Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais (LPqRN), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Os peixes foram doados pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba) e o farelo de coco pela SOCÔCO Indústrias Alimentícias.

Foram utilizados 120 machos revertidos de tilápia do Nilo, com peso vivo médio inicial de  $10,3 \pm 1,76$  g, distribuídos em 20 caixas de polietileno de forma homogênea (Figura 4); contendo 6 exemplares por caixa (Figura 5); cada uma com um volume total de 70L, sob um sistema de circulação contínua de água e aeração constante; com uma temperatura de aproximadamente  $27,5 \pm 0,8$  °C. Os peixes foram mantidos nos aquários de alimentação durante 90 dias, no período entre dezembro de 2006 a março de 2007, onde receberam ração à vontade (aproximadamente 7g por tanque aumentando de acordo com a fase de crescimento do animal), três vezes ao dia (8:00, 12:00 e 17:00 horas).



**Figura 4.** Aquários experimentais.

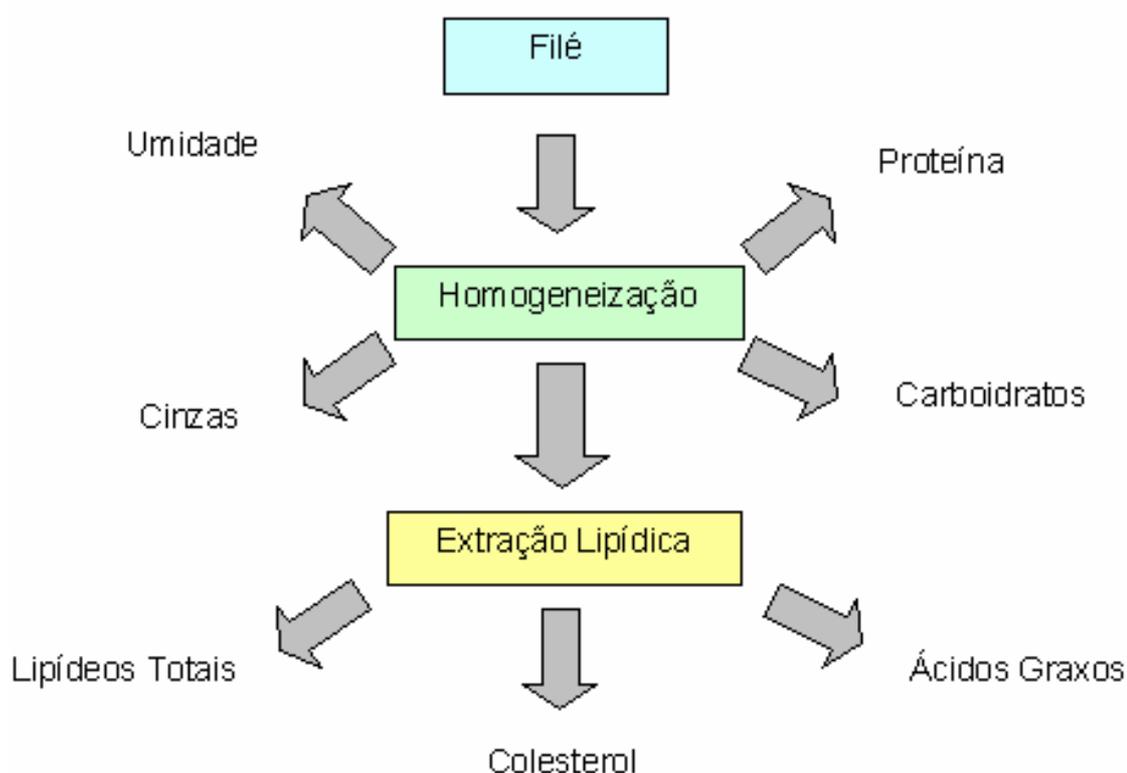


**Figura 5.** Alevinos utilizados no experimento.

O experimento foi realizado em bloco inteiramente casualizado com 4 tratamentos (diferentes níveis de farelo de coco – 0%, 10%, 20% e 30%) cada tratamento com 5 repetições. No término do experimento, foram retirados aleatoriamente para análises 2 indivíduos de cada tanque totalizando 10 amostras

por tratamento. Foram retiradas 40 amostras no total para as análises bromatológicas.

Após os 90 dias, os peixes foram submetidos a um choque térmico (abate) em caixa isotérmica com gelo e água. Os filés dos exemplares foram removidos e imediatamente acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados e mantidos sobre congelamento a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até o início das análises. Na retirada do filé, o peixe foi decapitado e eviscerado, removeu-se as nadadeiras dorsal, anal e a pele. O filé foi obtido a partir da musculatura dorsal, nas duas nadadeiras do sentido longitudinal, ao longo de toda extensão da coluna vertebral e costelas. As amostras foram trituradas em um micro moinho (modelo - MA 345, marca Marconi) para completa homogeneização e seqüência de análises, conforme o esquema a seguir (Figura 6):



**Figura 6.** Esquemas de análises.

## 5.2. Dietas

As rações foram balanceadas segundo o método de tentativa. As rações experimentais eram isoprotéicas e isoenergéticas (28% de Proteína bruta e 3100 kcal/kg de ração), Tabela 5. O farelo de coco substituiu parcialmente o ingrediente

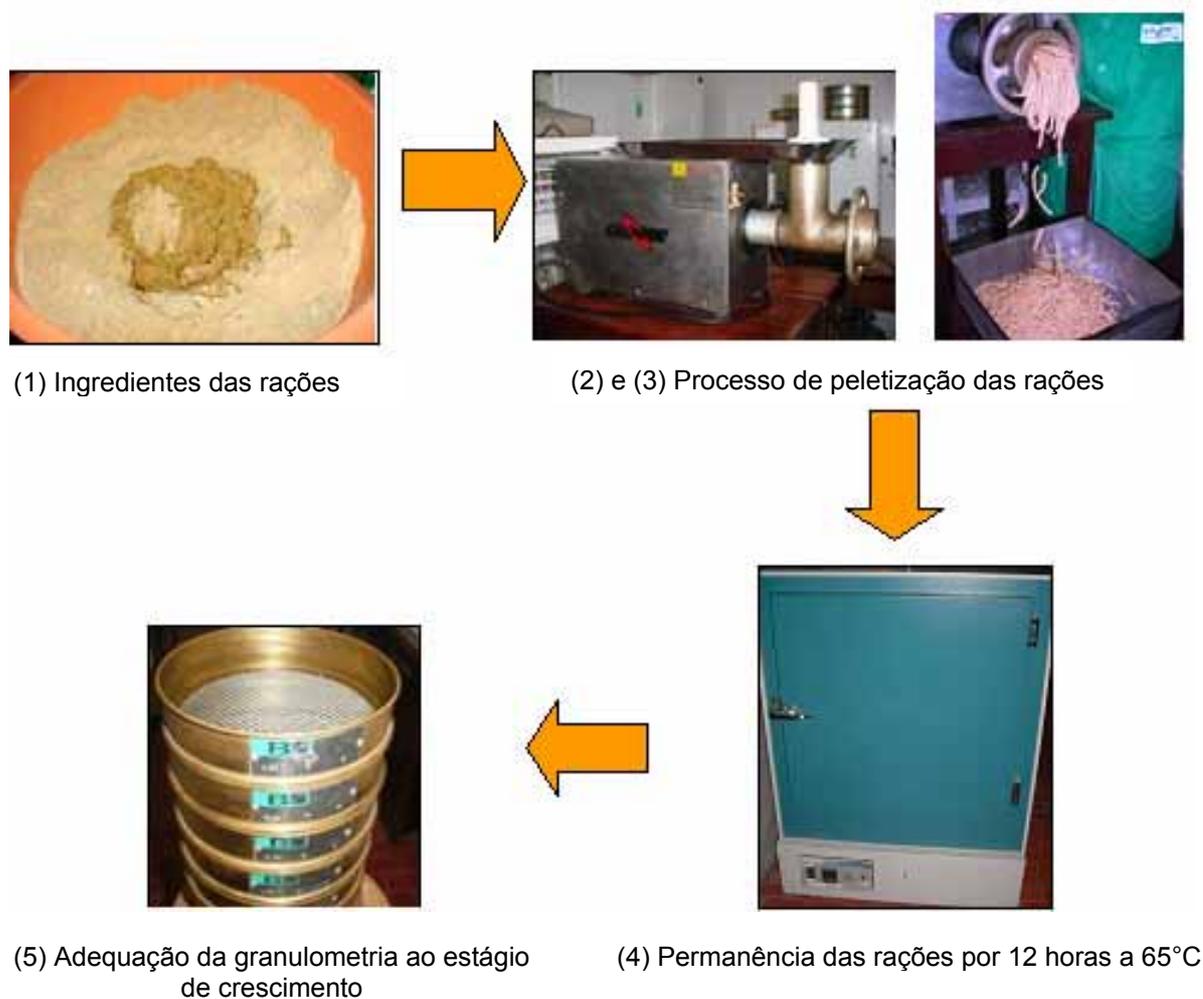
convencional (farelo de soja), em diferentes níveis (0%, 10%, 20% e 30%), compondo quatro rações completas, sendo uma testemunha, perfazendo quatro tratamentos e dez repetições.

**Tabela 5.** Composição percentual das rações experimentais.

	0% (T1)	10% (T2)	20% (T3)	30% (T4)
ALIMENTOS	INPUT %	INPUT %	INPUT %	INPUT %
CELULOSE	2,39	1,76	1,11	0,48
FARELO DE MILHO	29,09	24,49	19,35	14,90
FARELO DE COCO	0,00	10,00	20,00	30,00
FARELO DE SOJA	53,35	48,80	44,65	40,22
L-Lisina	0,52	0,52	0,52	0,52
BHT (Butil hidroxi tolueno)	0,02	0,02	0,02	0,02
DL-Metionina	0,25	0,25	0,25	0,25
OLEO DE SOJA	4,60	4,70	4,94	4,95
FOSBICAL	5,12	4,80	4,50	4,00
CALCARIO	3,25	3,25	3,25	3,25
SAL	0,50	0,50	0,50	0,50
PREMIX MINERAL E VITAMÍNICO	0,41	0,41	0,41	0,41
ALGINATO DE SÓDIO	0,50	0,50	0,50	0,50
TOTAL (gramas)	100,00	100,00	100,00	100,00

\* INPUT = necessidade.

Para a elaboração das rações experimentais, os alimentos foram processados individualmente em moinho para obter a mesma granulometria 0,42 mm (*mash* 40), para todos os ingredientes. Depois foram misturados e umedecidos com água a 65 °C para peletização (Figura 7; etapas 1, 2 e 3). A secagem processou-se em estufa a 65 °C por 12 horas (Figura 7, etapa 4); sendo conservada sob refrigeração a 4 °C. Para o fornecimento aos animais, as rações foram desintegradas e peneiradas de modo a apresentarem granulometria adequada a cada estágio de crescimento (Figura 7, etapa 5). Iniciou-se o experimento com a granulometria para as rações de 0,84 mm (*mash* 20), finalizando-o com 3,35 mm (*mash* 6).



**Figura 7.** Fluxograma de preparação das rações.

### 5. 3. Métodos

#### 5.3.1. Variáveis de desempenho

No início e final do experimento foram realizadas biometrias, sendo registrada a massa de cada indivíduo, o ganho de massa (GM) e o rendimento de filé (RF), através das expressões abaixo:

**Ganho de Massa (%)** =  $(\text{Massa final} - \text{Massa inicial}) \times 100 / \text{Massa inicial}$

**Rendimento de Filé (%)** =  $\text{Massa do filé} \times 100 / \text{Massa corporal total}$ .

### 5.3.2. Composição centesimal (rações e filé)

#### 5.3.2.1 Umidade

A amostra foi previamente triturada e homogeneizada. Pesou-se aproximadamente 5 g da amostra em cápsula de porcelana, anteriormente tarada e aquecida em estufa regulada a 105 °C. A amostra permaneceu por 4 horas em estufa a 105 °C e em seguida foi resfriada em dessecador por 15 minutos e pesada, segundo AOAC (1990). O teor de umidade foi expresso da seguinte forma:

✓ **Umidade (%)**:  $\frac{100 \times Nu}{Pu}$ , onde:

Nu = (Massa da cápsula previamente aquecida + 5 g) – Massa da cápsula após as 4 horas.

Pu = Massa da amostra utilizada para a análise da umidade, em gramas.

✓ **Resíduo Seco**: 100 – U%, onde:

U% = Percentual de umidade.

#### 5.3.2.2. Cinzas (Resíduo Mineral Fixo)

A amostra foi previamente triturada e homogeneizada. Pesou-se aproximadamente 3 g de amostra em cadinho de porcelana previamente tarado e aquecido em mufla regulada a 550 °C e tarada. A amostra foi carbonizada em bico de Bunsen até deixar de exalar vapores cujo objetivo foi à diminuição dos vapores durante a permanência na mufla. A amostra permaneceu por 4 horas em mufla a 550 °C e, em seguida, foi resfriada em dessecador por 15 minutos e pesada, segundo AOAC, 1990. O teor de cinzas foi expresso da seguinte forma:

✓ **% Cinzas na amostra seca**:  $\frac{100 \times Nc}{Pc}$ , onde:

Nc = Massa de cinzas, em gramas.

Pc = Massa da amostra utilizada para a análise de cinzas, em gramas.

✓ **% Cinzas na amostra integral:** 
$$\frac{\% \text{Cinzas na amostra seca} \times \% \text{Resíduo seco}}{100}$$

### 5.3.2.3 Proteína Bruta (PB)

Colocou-se 0,15 g da amostra em um tubo de digestão e em seguida adicionou-se 5 mL da mistura digestora (ácido sulfúrico + catalisador). O material foi levado para a digestão com o aumento da temperatura de 50 em 50 °C alcançando 350 °C. Esperou-se resfriar e iniciou-se a destilação. Para esta etapa foram colocados 25 mL de solução de ácido bórico e mistura indicadora de vermelho de metila em um erlenmeyer de 125 mL de capacidade. Ao tubo com amostra adicionaram-se 15 mL de água e 15 mL de NaOH concentrado no material que sofre a digestão. O tubo foi acoplado ao aparelho de destilação de amônia. A amostra foi destilada até dobrar o volume inicial, aproximadamente 50 mL. Titulou-se com HCl 0,05 N até mudar a coloração para alaranjado, segundo AOAC (1984).

Os níveis foram medidos utilizando um fator de conversão específico para cada tipo de alimento, que no caso do pescado é de 6,25 para conversão do nitrogênio total em proteína bruta, da seguinte forma:

✓ **Nitrogênio % (AS):** 
$$(V_a - V_b) \times N \times f \times 14 \times 100 / \text{Massa da amostra (mg)}, \text{ onde:}$$

$V_a$  = Volume de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra.

$V_b$  = Volume de ácido clorídrico gasto na titulação do branco.

$N$  = Normalidade do HCl.

$f$  = Fator de correção do HCl.

14 = Miligramas de nitrogênio ou 1 mEq de nitrogênio.

100 = Porcentagem.

✓ **Proteína Bruta % (AS) = Nitrogênio % (AS) x Fator de conversão,**  
onde:

Fator de conversão = 6,25.

Fórmula para conversão da amostra seca em amostra integral (AI):

✓ **Proteína Bruta % (AI) = % Proteínas (AS) x % resíduo seco (RS) / 100**

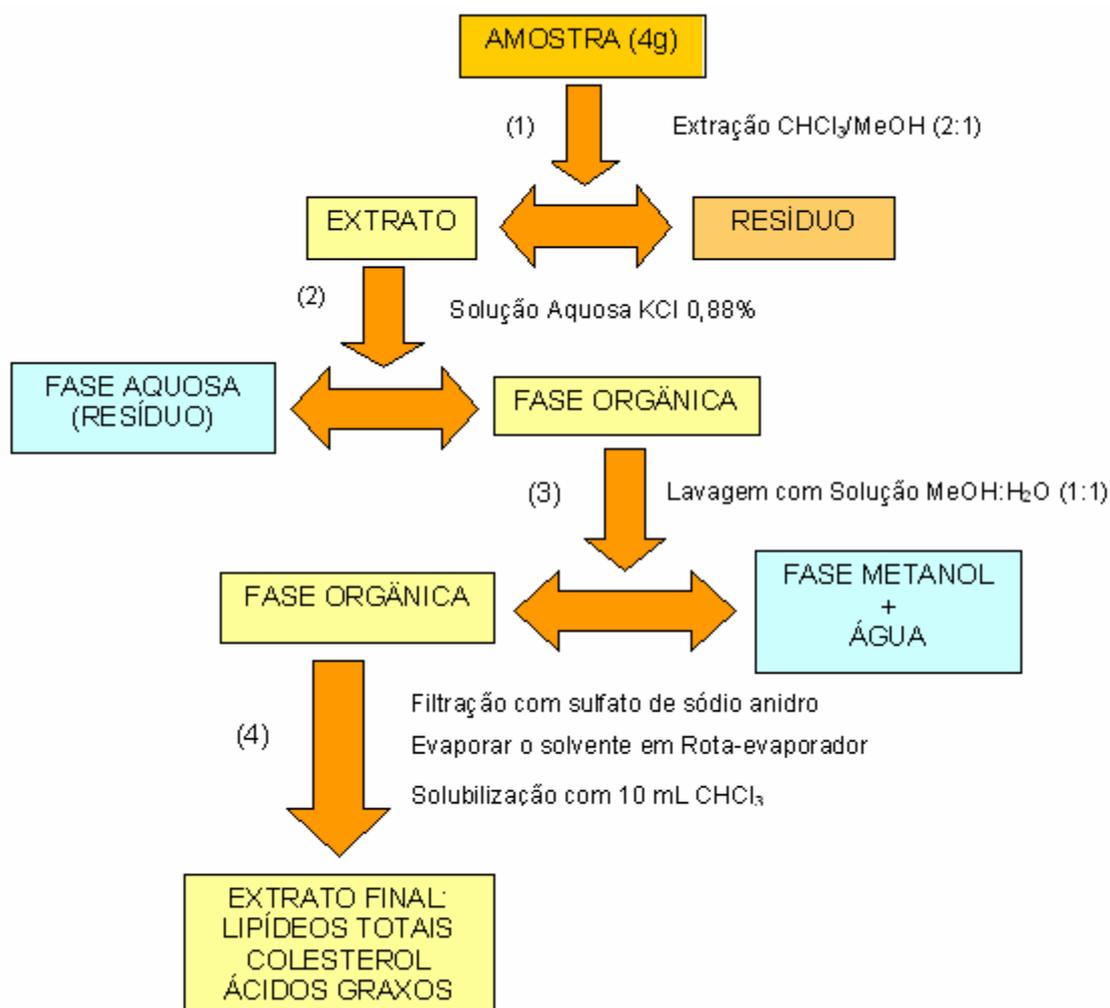
#### 5.3.2.4 Proteína Verdadeira (PV)

O nitrogênio não protéico (NNP) foi determinado pelo método de Micro Kjeldahl no filtrado obtido após precipitação da proteína com ácido tricloroacético a 10%; de acordo com AOAC, 1995. Em seguida a determinação foi realizada repetindo-se o mesmo procedimento descrito anteriormente para a proteína bruta, sendo o material de análise o filtrado resultante da precipitação da proteína com ácido tricloroacético a 10%. A proteína verdadeira foi determinada pela subtração entre a proteína bruta e o NNP, da seguinte forma:

$$\text{Proteína Verdadeira (PV): } PB - (\text{NNP} \times 6,25)$$

#### 5.3.2.5 Lipídeos (Extração e Determinação)

Os lipídeos totais foram obtidos a frio pelo método de FOLCH et al. (1957). A partir de 4 g da amostra iniciou-se a extração com  $\text{CHCl}_3/\text{MeOH}$  (2:1) da seguinte forma: 1 minuto de homogeneização com metanol e 2 minutos de homogeneização com clorofórmio na 1ª extração; 3 minutos de homogeneização com a mistura  $\text{CHCl}_3/\text{MeOH}$  (2:1) na 2ª extração e 1 minuto de homogeneização com a mistura  $\text{CHCl}_3/\text{MeOH}$  (2:1) na 3ª extração (Figura 8, etapa 1). Após cada extração filtrou-se o material para trabalhar com o resíduo da filtração na próxima extração. O volume obtido após as 3 extrações foi medido e o valor obtido de sua divisão por 4 foi adicionado de KCl 0,88% em  $\text{H}_2\text{O}$  (Figura 8, etapa 2). Com a separação das fases, a fase superior foi descartada e adicionou-se na fase restante o valor obtido da divisão por 4 do volume total de uma solução de  $\text{MeOH}:\text{H}_2\text{O}$  (1:1) (Figura 8, etapa 3). A mistura foi agitada manualmente. O sulfato de sódio anidro foi utilizado na filtração da fase orgânica. O filtrado foi evaporado em rota-evaporador e a fração lipídica foi ressuspenida em 10 mL de  $\text{CHCl}_3$  (Figura 8, etapa 4).



**Figura 8.** Fluxograma da extração lipídica, segundo FOLCH et al., 1957.

O teor de lipídeos totais foi determinado por gravimetria utilizando a perda de massa em estufa regulada a 105 °C (FOLCH et al., 1957). O vidro de relógio foi previamente aquecido em estufa a 105 °C por uma hora. Em seguida foi resfriado em dessecador por 15 minutos até temperatura ambiente e pesado. Transferiu-se 1 mL do extrato lipídico para o vidro de relógio. Após duas horas em estufa a 105 °C o vidro de relógio foi resfriado em dessecador por 15 minutos e pesado. O teor de lipídeos totais foi expresso através da seguinte expressão:

**% Lipídeos Totais** =  $(M_{\text{final}} - M_{\text{inicial}}) \times 100 / \text{Massa da amostra } in \text{ natura (g)}$ , onde:

$M_{\text{inicial}}$  = Massa do vidro de relógio seco

$M_{\text{final}}$  = Massa do vidro de relógio + amostra após 2 horas

### 5.3.2.6 Carboidratos (Fração Glicídica)

A fração de carboidratos foi determinada pelas expressões abaixo. Os resultados foram expressos em porcentagem, em relação à massa da amostra integral e seca. Para o cálculo da base seca utilizou-se uma regra de três a qual constava do percentual do nutriente com umidade e sem a umidade.

**Valor de Carboidratos** =  $100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteína} + \% \text{ lipídeos})$ , para o filé.

**Valor de Carboidratos** =  $100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteína} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ fibras})$ , para as rações.

### 5.3.2.7 Fibra Bruta

Cerca de 1 g de amostra foi pesado em saquinho de teflon. A amostra foi submetida à digestão ácida [Ácido sulfúrico 1,25% (0,255 N)] por 30 minutos, seguida de uma digestão básica [Hidróxido de sódio 1,25% (0,313 N)] por 30 minutos. Após as digestões, colocou-se as amostras sob papel absorvente e, em seguida, em estufa a 105 °C por uma noite (12h). Após a estufa, o material foi pesado e levado a mufla por 4 horas a 550 °C e, em seguida, pesado. O teor de fibra foi expresso de acordo com a seguinte expressão:

$$\% \text{ Fibra Bruta} = \frac{(\text{saquinho} + \text{Matéria Seca}) - (\text{saquinho} + \text{Matéria Mineral})}{\text{Massa da amostra (1 g)}} \times 100$$

### 5.3.2.8 Valor Calórico Total

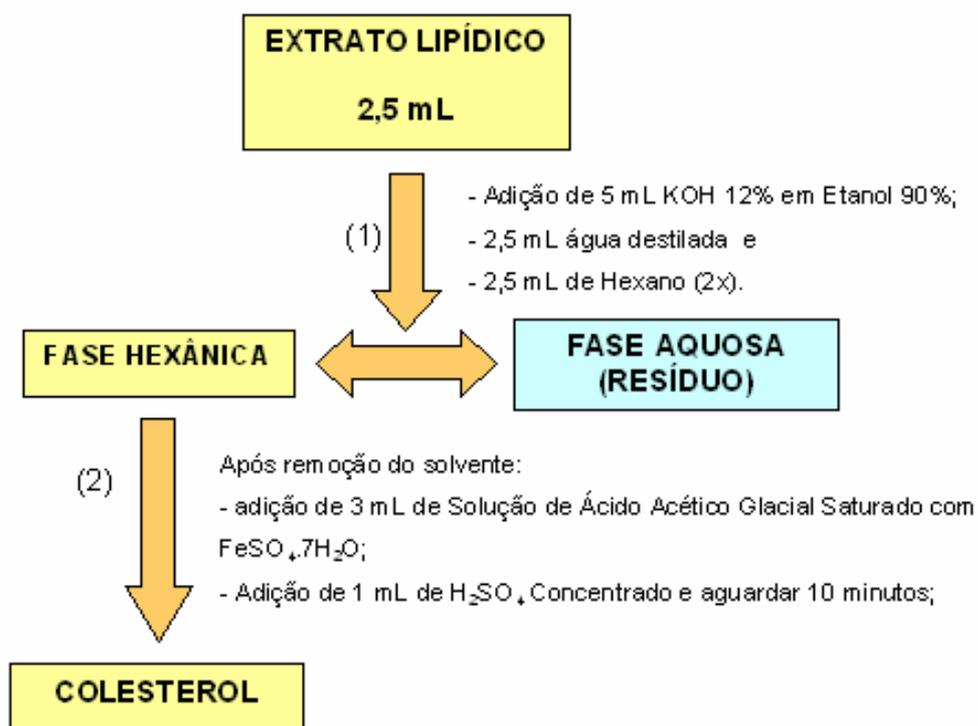
Foi calculado a partir dos coeficientes calóricos correspondentes para carboidratos, proteínas e lipídeos, respectivamente 4, 4 e 9 Kcal/g (BRASIL, 1998).

$$\text{Valor Calórico} = (\text{carboidratos} \times 4) + (\text{proteína} \times 4) + (\text{lipídeos} \times 9)$$

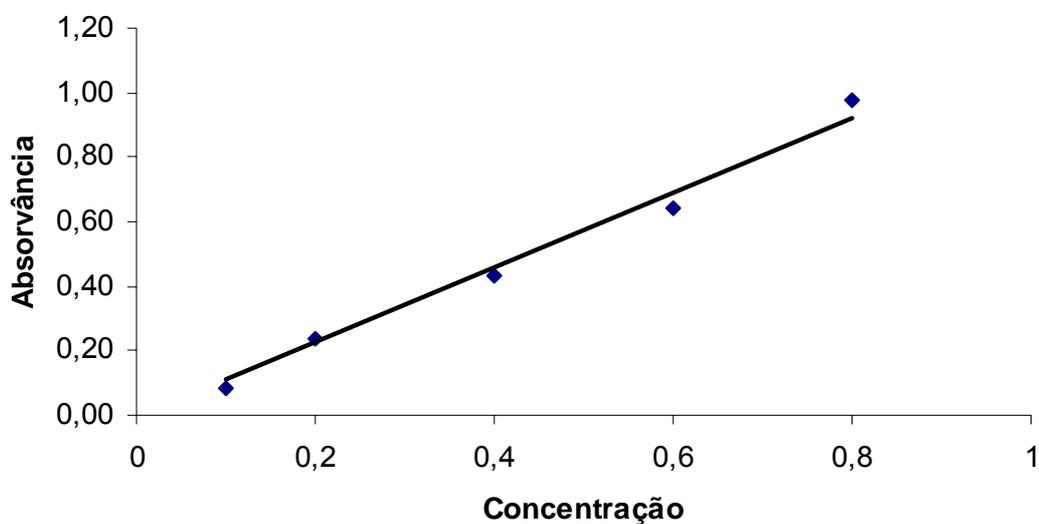
### 5.3.3 Quantificação do colesterol

O colesterol foi determinado por colorimetria segundo BOHAC et al. (1988) adaptado por BRAGAGNOLO e RODRIGUEZ-AMAYA, 1997. Partindo do extrato obtido a frio pelo método de FOLCH et al. (1957) foi retirada uma alíquota de 2,5 mL onde a mesma foi evaporada sob fluxo de N<sub>2</sub>, em tubo de ensaio. Isenta de solvente, a amostra foi saponificada com 5 mL de hidróxido de potássio a 12,0% em etanol, em banho-maria a 80 °C, durante 15 minutos. Após o resfriamento da amostra com a adição de 2,5 mL de água destilada, a fração insaponificável foi extraída por duas vezes consecutivas com 5 mL de hexano (Figura 9a, etapa 1).

Em seguida, foi tomada uma alíquota de 2,5 mL do extrato de hexano, evaporada sob fluxo de N<sub>2</sub>. Adicionou-se ao resíduo 3 mL de solução saturada de sulfato ferroso em ácido acético glacial e 1 mL de ácido sulfúrico concentrado. A reação com ácido sulfúrico concentrado e ácido acético saturado mais sulfato ferroso, no qual o sulfato ferroso agiu como um catalisador, deu origem na presença de colesterol a uma coloração estável (rosa) após 10 minutos (Figura 9a, etapa 2) (SEARCY e BERGQUIST, 1960), Figura 13. A reação de Liebermann-Burchard se baseia na oxidação da substância (colesterol) por meio de íons férricos em meio sulfúrico. A densidade ótica foi obtida em espectrofotômetro a  $\lambda = 490$  nm, após 10 minutos. A curva de calibração para colesterol foi elaborada segundo SEARCY e BERGQUIST (1960), utilizando-se 0,06 g de colesterol (Sigma P. A., St. Louis, MO) diluído em 100 mL da solução acetona/etanol (1:1) (50 mL de acetona P. A. e 50 mL de etanol). De acordo com a curva padrão obteve-se a equação  $\hat{y} = 1,1508x$ ;  $R^2 = 0,9847$ , passando pela origem e cobriu a faixa de concentração das amostras (Figura 9b).



(a)



(b)

**Figura 9.** (a) Fluxograma da determinação de colesterol, segundo BOHAC et al. (1988) adaptado de BRAGAGNOLO e RODRIGUEZ-AMAYA, 1997.  
(b) Curva de calibração do colesterol.

### 5.3.4 Quantificação de ácidos graxos do farelo de coco, rações e filé.

Após a extração lipídica, utilizou-se o extrato para retirar uma alíquota de 25 a 50 mg de lipídeos, a qual foi esterificada, segundo HARTMAN & LAGO, 1973. A alíquota foi colocada em tubo de ensaio e saponificada utilizando-se 2 mL de solução de NaOH 0,5 N em metanol. Após a saponificação, o material foi aquecido em banho-maria fervente por 5 minutos e depois esfriado a temperatura ambiente ( $27 \pm 1$  °C). Em seguida, adicionou-se 6 mL da mistura esterificante e aqueceu-se por mais 3 minutos, após este período, foi adicionado 5 mL de solução saturada de NaCl e agitou-se.

A extração dos ésteres metílicos foi realizada com a adição de 2 mL de n-hexano por 3 vezes, transferindo a fase orgânica para um outro tubo de ensaio com o auxílio de uma pipeta Pasteur. Após a extração à fase hexânica adicionou-se 5 mL de solução saturada de NaCl, agitando por 10 segundos. Após a agitação, a fase orgânica foi transferida para evaporação do solvente em um rota-evaporador. A ressuspensão da amostra ocorreu com 1 mL de n-hexano. O material foi acondicionado sobre refrigeração em *freezer* a  $-18$  °C.

A composição dos ácidos graxos foi determinada no cromatógrafo do Laboratório de Bioquímica e Análise Instrumental do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - Esalq/USP. O material foi injetado manualmente em cromatógrafo a gás (Gas Chromatograph – 5890 series II – Hewlett Packard) (Figura 10), equipado com detector de ionização de chama, injetor splitless, utilizando uma coluna capilar DB-23 (60 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25  $\mu$ m de espessura) sendo o gás de arraste o hélio, com uma vazão de 1,5 mL/min. em modo de pressão constante. O software utilizado no aparelho foi desenvolvido pela Shimadzu Corporation.



**Figura 10.** Cromatógrafo Gasoso utilizado nas análises.

As condições cromatográficas foram: temperatura da coluna programada, temperatura inicial 130 °C por 1 min., elevando-se para 170 °C numa escala de 6,5 °C/min., voltando a elevar-se para 215 °C, numa escala de 2,8 °C/min. e permanecendo nessa temperatura por 12 minutos, com uma elevação para 230 °C numa escala de 40 °C/min. e permanecendo nesta temperatura por mais 3 min. As temperaturas do injetor e detector foram 280 °C e 270 °C, respectivamente. O volume de injeção foi de 0,3 µL. O tempo de análise cromatográfica foi de 38 minutos.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação do tempo de retenção dos ácidos graxos das amostras com os padrões. Foram utilizados 37 padrões de ácidos graxos os quais contiam ácidos graxos saturados (ácido cáprico, ácido undecanóico, ácido láurico, ácido tridecanóico, ácido mirístico, ácido pentadecanóico, ácido palmítico, ácido heptadecanóico, ácido esteárico, ácido araquídico, ácido heneicosanóico, ácido behênico, ácido triacosanóico e ácido tetracosanóico), monoinsaturados (ácido miristicoléico, ácido *cis*-10-pentadecenóico, ácido palmitoléico, ácido *cis*-10-heptadecenóico, ácido elaídico, ácido oléico, ácido *cis*-11-eicosenóico, ácido erúcico e ácido nervônico) e poliinsaturados (ácido linolelaídico, ácido linoléico, ácido γ-linolênico, ácido α-linolênico, ácido *cis*-11,14-eicosadienóico, ácido *cis*-8,11,14-eicosatrienóico, ácido araquidônico, ácido heneicosanóico, ácido eicosapentaenóico, ácido triacosanóico e ácido *cis*-4,7,10,13,16,19-docosahesanoico) da Supelco™ (37 compostos). A quantificação dos ácidos graxos foi realizada por normalização de área, expressando-se o resultado em percentual de área de cada ácido graxo sobre o total de ácidos graxos.

#### 5.4. Avaliação do Custo das rações

Para verificar a viabilidade econômica da utilização de farelo de coco nas rações, foi determinado o custo médio de ração por quilograma de peso vivo ( $Y_i$ ), durante o período experimental, conforme recomendações de BELLAVÉR et al. (1985).

$$Y_i = \frac{Q_i \times P_i}{G_i}$$

Onde:

$Y_i$  = custo médio em ração por quilograma ganho no  $i$  – ésimio tratamento;

$P_i$  = preço médio por quilograma da ração no  $i$  – ésimio tratamento;

$Q_i$  = quantidade média de ração consumida no  $i$  – ésimio tratamento;

$G_i$  = ganho médio de peso do  $i$  – ésimio tratamento.

Na seqüência, calculou-se o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo Médio (IC), proposto por BARBOSA et al. (1992).

$$IEE = \frac{MCe}{CTe_j} \times 100, \quad e$$

$$IC = \frac{CTe_j}{MCe} \times 100,$$

Onde:

MCe = menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

CTe $_j$  = custo médio do tratamento  $j$  considerado.

Os valores (preços/kg) dos ingredientes utilizados na elaboração dos custos foram: farelo de milho (R\$ 0,60), farelo de soja (R\$ 1,06), farelo de coco (R\$ 0,31), óleo de soja (R\$ 3,27), celulose (R\$ 0,10), calcário (R\$ 0,04), fosfato bicalcico (R\$ 3,60), sal comum (R\$ 0,40), DL-metionina (R\$ 20,00), L-lisina (R\$ 17,4), premix

mineral e vitamínico (R\$ 21,00), BHT (antioxidante) (R\$ 11,15), alginato de sódio (R\$ 464,00).

### **5.5. Análise estatística**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os dados obtidos foram submetidos a análise de variância em nível de 5% de probabilidade através do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). A comparação de médias entre os tratamentos foi realizada através do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) conforme STEEL & TORRIE (1984).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6. 1. INFLUÊNCIA DA DIETA SOBRE O GANHO DE PESO E RENDIMENTO DO FILÉ

A influência da utilização do farelo de coco na alimentação de tilápia do Nilo sobre a massa final está apresentada na Tabela 6. Verificou-se que não houve diferenças ( $P < 0,05$ ) com a inclusão do farelo de coco sobre essa variável, até mesmo para o maior nível de inclusão.

**Tabela 6.** Ganho de massa final de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de farelo de coco

Tratamentos	Massa Final dos lotes (g)*
T1 (controle; 0%)	175,21a ( $\pm 47,74$ )
T2 (10%)	181,00a ( $\pm 35,98$ )
T3 (20%)	165,22a ( $\pm 55,79$ )
T4 (30%)	169,83a ( $\pm 26,64$ )
<b>CV (%)</b>	<b>24,35</b>

\*Analisadas 120 amostras com 5 repetições por tratamento, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

Valores na mesma coluna com letras (a, b) diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

GUERRERO apud PASCOAL et al. (2006), trabalhando com tilápia do Nilo e farelo de coco, relatou que a inclusão de 10% de farelo de coco na ração de alevinos resultou em uma conversão igual a ração controle, fato observado em nosso estudo. PEZZATO et al. (2000) constataram ótimos resultados de ganho de peso para tilápia alimentada com rações contendo até 30% de farelo de coco e concluíram que estes resultados credenciam o farelo de coco como ingrediente para compor rações completas para a tilápia do Nilo. Contrariamente, MUKHOPADHYAY & RAY (1999), trabalhando com farelo de coco na alimentação de alevinos de carpa indiana (*Labeo rohita*), em substituição à farinha de peixe, encontraram resultados limitantes para o emprego deste subproduto, que não deve ultrapassar 20% de inclusão de farelo de coco.

Estudos de substituição de ingredientes protéicos são muito importantes para avaliar a qualidade dos ingredientes. FURUYA et al. apud SOUZA et al. (2004),

durante a fase de reversão sexual em tilápia do Nilo, relatam que a substituição de 35,89% da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola leva a melhores resultados quanto ao ganho de peso.

SOARES et al. (2001), estudando o desempenho de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes níveis de substituição da proteína bruta do farelo de soja pelo farelo de canola, observaram um efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de substituição sobre a porcentagem de ganho de peso e rendimento de carcaça, onde foram obtidos os melhores valores com os níveis estimados de 48,17% (35,4% de inclusão de farelo de canola) e 45,93% (33,76% de inclusão de farelo de canola), respectivamente.

FURUYA et al. apud SOUZA et al. (2004), trabalhando com níveis de farinha de girassol de 0%, 7%, 14%, 21% e 28% de inclusão, concluíram que esse alimento pode ser incluído no nível de 14% em dietas para tilápia do Nilo, na fase juvenil. SOUZA & HAYASHI (2004) observaram uma diminuição linear do ganho de peso ao incluir farelo de algodão na ração, mas não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) entre o controle e os tratamentos com 20 e 40% de inclusão.

O rendimento do filé obtido em nosso estudo demonstrou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos T2 e T3, T2 e T4; indicando que a inclusão de farelo de coco pode influenciar na deposição de massa muscular (filé), em relação ao peso corporal. Essa influência pode ser relacionada à qualidade da proteína verdadeira presente no farelo de coco utilizado. Obteve-se melhor rendimento no tratamento 2 (10%) de inclusão de farelo de coco (Tabela 7).

**Tabela 7.** Rendimento do filé de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de farelo de coco

Tratamentos	Rendimento (%)*
T1 (controle; 0%)	49,10 ab ( $\pm$ 6,83)
T2 (10%)	62,27 a ( $\pm$ 5,45)
T3 (20%)	36,74 b ( $\pm$ 10,99)
T4 (30%)	40,79 b ( $\pm$ 6,29)
<b>CV (%)</b>	<b>16,45</b>

\*Analisadas 120 amostras com 5 repetições por tratamento, com a média e o desvio-padrão entre parênteses. Valores na mesma coluna com letras (a, b) diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

Dados da literatura que expressam o rendimento do filé com a utilização de farelo de coco são escassos. Resultados contrários aos obtidos em nosso estudo foram encontrados por MIRANDA et al. (2005), que verificaram que a adição de 0%, 25%, 50%, e 100% de farelo de coco na ração, em substituição ao farelo de soja, não determinou diferença estatística para o rendimento do filé.

RIBEIRO et al. (1998) sugerem para a tilápia vermelha que o rendimento depende do tamanho do peixe, sendo o melhor resultado obtido com os peixes acima de 750 g. Segundo CONTRERAS-GUZMÁN apud GOMIERO et al. (2003), a tilápia do Nilo pesando 530 gramas apresentou um rendimento de filé de 32,2%; valor menor ao encontrado neste trabalho com peixes de menor peso.

## 6. 2. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS RAÇÕES E DO FILÉ

Para avaliar a influência da utilização do farelo de coco na ração sobre o filé, foram determinados os teores de proteína, lipídeos e fibra bruta do farelo de coco (principais nutrientes que podem influenciar o desempenho e a composição da carcaça dos animais). Na Tabela 8 está apresentada a composição centesimal do farelo de coco e na Tabela 9, a composição centesimal das rações experimentais.

**Tabela 8.** Composição centesimal do farelo de coco utilizado nas rações experimentais.

Nutriente	Teores (%)*
Proteína Bruta (PB)	16,96 ( $\pm$ 0,94)
Proteína Verdadeira (PV)	14,64 ( $\pm$ 1,13)
Extrato Etéreo	27,73 ( $\pm$ 0,50)
Fibra Bruta	23,44 ( $\pm$ 2,86)

\*Média da amostra analisada em 5 repetições, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

**Tabela 9.** Composição Centesimal das rações experimentais com o uso do farelo de coco em dietas para tilápia do Nilo

Composição Centesimal (g)	Teores (%)			
	0% (T1)	10% (T2)	20% (T3)	30% (T4)
Umidade	4,08 (± 0,12)	3,07 (± 0,13)	2,37 (± 0,05)	2,78 (± 0,63)
Cinzas	11,55 (± 0,42)	12,02 (± 0,29)	11,55 (± 0,14)	11,14 (± 0,32)
Proteínas	28,52 (± 0,33)	28,40 (± 0,86)	28,46 (± 0,24)	28,00 (± 0,26)
Extrato Etéreo	5,20 (± 0,46)	7,43 (± 0,75)	11,29 (± 0,94)	15,14 (± 1,24)
Carboidratos	41,49 (± 2,46)	36,66 (± 1,45)	31,99 (± 0,55)	26,60 (± 1,17)
Fibras	9,16 (± 2,15)	12,41 (± 0,91)	14,34 (± 0,99)	16,34 (± 1,03)

\*Média da amostra analisada em 5 repetições, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

A determinação da composição centesimal das rações demonstra que o aumento na inclusão de farelo de coco propiciou um aumento gradual dos teores de extrato etéreo e fibras e uma diminuição gradual dos teores de umidade e carboidratos.

As médias de umidade, lipídeos, cinzas, proteína bruta, carboidratos e valor calórico do filé nos diferentes tratamentos, estão apresentadas na Tabela 10. Observou-se diferença ( $p < 0,05$ ) entre T1 e T3, T2 e T3 para os teores de umidade; entre T2 e T3 para os teores de lipídeos; T1 apresentou diferença com relação aos demais tratamentos no referente aos teores de carboidratos e no que diz respeito aos teores de cinzas foi observada diferença de T1 e T2 entre T3 e T4. Os maiores teores de carboidratos (0,78% - base úmida e 3,56% base seca) foram observados no tratamento 1 (controle). Os maiores teores de umidade (78,44%), lipídeos (1,81% - base úmida e 8,34% base seca) e calorias (89,23 kcal) foram observados no tratamento 2 (10%). Os maiores teores de proteína bruta (18,65% - base úmida e 79,82% base seca) foram observados no tratamento 3 (20%). Os maiores teores de cinza (1,47% - base úmida e 6,25% base seca) foram observados no tratamento 4 (30%).

**Tabela 10.** Composição Centesimal e valor calórico do filé de tilápia do Nilo alimentada com dietas contendo diferentes níveis de farelo de coco

Composição Centesimal (g/100g de porção comestível)*	TRATAMENTOS				CV (%)
	T1 (controle; 0%)	T2 (10 %)	T3 (20 %)	T4 (30 %)	
Umidade	78,09a (± 0,84)	<b>78,44a</b> (± 0,52)	74,83b (± 6,05)	76,60ab (± 0,78)	3,92
Proteína Bruta (BU)	18,08a (± 1,17)	17,57a (± 0,84)	<b>18,65a</b> (± 1,49)	17,96a (± 1,22)	8,16
Proteína Bruta (BS)	<b>83,12a</b> (± 3,85)	82,1a (± 5,03)	79,82a (± 5,00)	77,85a (± 3,25)	6,37
Proteína Verdadeira (BU)	<b>16,5a</b> (± 1,44)	16,33a (± 1,31)	15,64a (± 1,80)	15,69a (± 2,07)	10,38
Proteína Verdadeira (BS)	75,05a (± 4,34)	<b>75,34a</b> (± 6,77)	68,24a (± 7,33)	67,25a (± 6,66)	8,70
Lipídeos (BU)	1,23ab (± 0,47)	<b>1,81a</b> (± 0,32)	1,15b (± 0,26)	1,27ab (± 0,08)	24,46
Lipídeos (BS)	5,63b (± 2,25)	<b>8,34a</b> (± 1,38)	5,09b (± 1,35)	5,47b (± 0,45)	25,98
Carboidratos (BU)	<b>0,78a</b> (± 0,11)	0,22b(± 0,18)	0,31b (± 0,32)	0,00b	12
Carboidratos(BS)	<b>3,56a</b> (± 0,42)	1,04b (± 0,84)	1,37b (± 1,43)	0,00b	26,62
Cinzas (BU)	1,23b (± 0,05)	1,21b (± 0,06)	1,45a (± 0,11)	<b>1,47a</b> (± 0,07)	6,08
Cinzas (BS)	5,61b (± 0,04)	5,55b(± 0,35)	6,18a (± 0,36)	<b>6,25a</b> (± 0,29)	5,03
Calorias(Kcal)	87,86a (± 0,52)	<b>89,23a</b> (± 2,50)	86,41a (± 1,50)	88,09a (± 4,16)	2,59

\*Analisadas 20 amostras com 5 repetições por tratamento, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

Valores na mesma linha com letras (a, b) diferentes significam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

BU= Base úmida. BS= Base seca.

Os resultados encontrados para a umidade são semelhantes àqueles relatados por OGAWA & MAIA (1999), quando descrevem que o músculo do pescado contém teores de umidade variando de 60 a 85%. Em nosso estudo verificaram-se teores (74,83% a 78,44%) dentro dos valores encontrados relatados na literatura (Tabela 11).

**Tabela 11.** Valores relatados pela literatura referentes aos teores de umidade encontrados no filé de tilápia

Tilápia criada em cativeiro	Parte estudada ( <i>in natura</i> )	Umidade (%)	Fonte
- Três linhagens de tilápia (Tailandesa, local e híbrida)	Filé	75,94 a 78,16 (BU)	LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia vermelha e tilápia do Nilo	Filé	79,20 e 78,43 (BU)	OETTERER et al. apud por LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia do Nilo submetidas a diferentes níveis de óleo de linhaça na ração	Filé	76,8 a 77,4 (BU)	VISENTAINER et al. (2005)
- Tilápia do Nilo	Filé	78,1 (BU)	PUWASTIEN et al. apud VISENTAINER et al. (2005)
- Influencia da temperatura (23°C, 26°C, 29°C e 32°C) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	77,31 a 78,46 (BU)	JUSTI et al. (2005)
- Tilápia	Filé	75,00 (BU)	FERNANDES apud MINOZZO (2005)
- Tilápia do Nilo	Filé	77,91 (BU)	SOUZA et al. (2004)
- Armazenagem em gelo de tilápia do Nilo	Filé	77,82 (BU)	ALBUQUERQUE et al. (2004)
- Tratamentos (tanque de alvenaria, terra e terra + adubação) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	73,47 a 75,86 (BU)	RIBEIRO (2003)
- Tilápia do Nilo	Filé	75,3 (BU)	CLEMENT & LOVELL (1994)

BU= Base úmida. BS= Base seca.

Para os teores de cinzas obtivermos valores, em base úmida, variando de 1,21% a 1,47%, apresentando valores próximos aos relatados pela literatura, Tabela 12.

**Tabela 12.** Valores relatados pela literatura referentes aos teores de cinzas encontrados no filé de tilápia

Tilápia criada em cativeiro	Parte estudada ( <i>in natura</i> )	Cinzas (%)	Fonte
- Três linhagens de tilápia (Tailandesa, local e híbrida)	Filé	1,33 a 1,41 (BU)	LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia vermelha e tilápia do Nilo	Filé	1,07 e 1,09 (BU)	OETTERER et al. apud LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia do Nilo submetidas a diferentes níveis de óleo de linhaça na ração	Filé	0,9 a 1,1 (BU)	VISENTAINER et al. (2005)
- Influencia da temperatura (23°C, 26°C, 29°C e 32°C) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	1,88 a 2,21 (BU)	JUSTI et al. (2005)
- Tilápia do Nilo	Filé	1,04 (BU)	SOUZA et al. (2004)
- Tilápia do Nilo	Filé	0,7 a 3,1 (BU)	SALES apud MINOZZO (2005)
- Armazenagem em gelo de tilápia do Nilo	Filé	1,10 (BU)	ALBUQUERQUE et al. (2004)
- Tratamentos (tanque de alvenaria, terra e terra + adubação) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	4,93 a 6,2 (BS)	RIBEIRO (2003)

BU= Base úmida. BS= Base seca.

JACOQUOT apud SANTOS et al. (2000) classifica o peixe como magro aquele que possui no máximo 2,5% de gordura. Essa classificação quanto ao teor de gordura é de grande importância, pois o teor de gordura pode influenciar diretamente o desempenho produtivo e a aceitação do peixe pelo consumidor, além de alterar a palatabilidade da carne. Os valores (1,15% a 1,81%) obtidos, em base úmida, confirmam essa classificação e estão abaixo da maioria dos valores citados na literatura (Tabela 13).

**Tabela 13.** Valores relatados pela literatura referentes aos teores de lipídeos encontrados no filé de tilápia

Tilápia criada em cativeiro	Parte estudada ( <i>in natura</i> )	Lipídeos (%)	Fonte
- Três linhagens de tilápia (Tailandesa, local e híbrida)	Filé	1,88 a 2,96 (BU)	LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia vermelha e tilápia do Nilo	Filé	1,68 e 1,99 (BU)	OETTERER et al. apud por LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia do Nilo submetidas a diferentes níveis de óleo de linhaça na ração	Filé	1,0 e 1,2 (BU)	VISENTAINER et al. (2005)
- Influencia da temperatura (23°C, 26°C, 29°C e 32°C) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	1,92 a 2,42 (BU)	JUSTI et al. (2005)
- Tilápia do Nilo	Filé	2,55 (BU)	SOUZA et al. (2004)
- Armazenagem em gelo de tilápia do Nilo	Filé	2,32 (BU)	ALBUQUERQUE et al. (2004)
- Tratamentos (tanque de alvenaria, terra e terra + adubação) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	7,44 a 14,26 (BS)	RIBEIRO (2003)

BU= Base úmida. BS= Base seca.

SOUZA et al. (2004) relataram diferenças ( $P < 0,05$ ) na percentagem de proteína bruta de tilápia do Nilo, quando utilizando o farelo de canola e soja, observando valores mais altos com o uso desses ingredientes. Já os peixes que receberam o farelo de girassol apresentaram a menor percentagem de proteína bruta. Em nosso estudo não foi observada diferença significativa entre os teores de proteína bruta (em base úmida e seca) do filé e os valores (17,57 a 18,65%) encontrados de proteína bruta (em base úmida) apresentam-se na faixa de trabalhos relatados na literatura (Tabela 14).

**Tabela 14.** Valores relatados pela literatura referentes aos teores de proteína encontrados no filé de tilápia

Tilápia criada em cativeiro	Parte estudada ( <i>in natura</i> )	Proteína (%)	Fonte
- Três linhagens de tilápia (Tailandesa, local e híbrida)	Filé	18,47 a 19,33 (BU)	LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia vermelha e tilápia do Nilo	Filé	16,62 e 17,08 (BU)	OETTERER et al. apud por LEONHARDT et al. (2006)
- Tilápia do Nilo submetidas a diferentes níveis de óleo de linhaça na ração	Filé	19,8 a 20,9 (BU)	VISETAINER et al. (2005)
- Influencia da temperatura (23°C, 26°C, 29°C e 32°C) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	17,72 a 18,38 (BU)	JUSTI et al. (2005)
- Tilápia	Filé	Média de 20 (BU)	FERNANDES apud MINOZZO (2005)
- Tilápia do Nilo	Filé	14,3 a 21,1 (BU)	SALES apud MINOZZO (2005)
- Tilápia do Nilo	Filé	25,65 (BU)	SOUZA et al. (2004)
- Armazenagem em gelo de tilápia do Nilo	Filé	17,51 (BU)	ALBUQUERQUE et al. (2004)
- Tratamentos (tanque de alvenaria, terra e terra + adubação) sobre a composição centesimal de tilápia do Nilo	Filé	51,72 a 70,55 (BS)	RIBEIRO (2003)
- Tilápia do Nilo	Filé	20,3 (BU)	CLEMENT & LOVELL (1994)

BU= Base úmida. BS= Base seca.

### 6. 3. COLESTEROL

Os resultados obtidos referentes ao teor de colesterol para o filé estão apresentados da Tabela 15. Observa-se que houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, exceto entre T2 e T3. Aqueles animais que consumiram ração com o maior percentual de inclusão do farelo de coco apresentaram os maiores valores de colesterol no filé.

**Tabela 15.** Teores de Colesterol em filé de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de farelo de coco

Tratamentos	Teores (mg/100 g)*	
	Base Úmida	Base Seca
T1 (controle; 0%)	91,06c ( $\pm$ 2,88)	415,28b ( $\pm$ 21,45)
T2 (10 %)	98,70bc ( $\pm$ 1,92)	455,39b ( $\pm$ 16,70)
T3 (20 %)	109,86b ( $\pm$ 3,08)	481,04b ( $\pm$ 40,53)
T4 (30 %)	162,00a ( $\pm$ 14,25)	696,04a ( $\pm$ 56,79)
<b>CV (%)</b>	6,31	7,55

\*Analisadas 20 amostras com 5 repetições por tratamento, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

Valores na mesma coluna com letras (a, b, c) diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

Os resultados encontrados são superiores àqueles relatados por FERREIRA et al. (2007) que encontraram teor de colesterol de 33 mg/100 g para o filé de tilápia do Nilo *in natura* criada em tanque de terra e alimentada com ração comercial. VISENTAINER et al. (2005) relataram o teor de colesterol observado em filé de tilápia submetida a diferentes níveis de óleo de linhaça na ração apresentando variação de 58,3 a 75,5 mg/100 g de tecido muscular e LUZIA et al. (2003) encontraram valores de colesterol para tilápia do Nilo de 66,8 mg/100g no verão e 71,4 mg/100 g no inverno, e curimatá de 92 mg/100 g no verão e 73,4 mg/100 g no inverno. CLEMENT & LOVELL (1994), analisando tilápia, obtiveram o teor de 31,3 mg/100 g, com o uso de colorimetria. Os valores obtidos são diferentes e maiores que os trabalhos citados pela literatura, Tabela 16. Esses valores podem ser reflexos do teor de extrato etéreo presente no farelo de coco.

**Tabela 16.** Valores relatados pela literatura referentes ao teor de colesterol para peixes de água doce.

Peixes	Colesterol (mg/100g) (Base Úmida)	Fonte
Curimatá	40,0	Tabela de Composição de Alimentos da NEPA-UNICAMP (2006)
Corvina da água doce	73,0	Tabela de Composição de Alimentos da NEPA-UNICAMP (2006)
Pintado	50,0	Tabela de Composição de Alimentos da NEPA-UNICAMP (2006)
Tainha	188,00	MENEZES (2006)
Camurim	187,52	MENEZES (2006)
Piranha	53,6 a 99,3	HIANE et al. (2002)
Pacu	90,2 a 139	HIANE et al. (2002)
Piraputanga	47,3 a 83,7	HIANE et al. (2002)
Dourado	61,3 a 147,2	HIANE et al. (2002)
Piauçu	40,1 a 88,4	HIANE et al. (2002)
Pintado	50 a 51,5	HIANE et al. (2002)

Analisando espécies cultivadas em diferentes épocas do ano, NETTLETON et al. (1990) encontraram em bagres teores variando de 19,8 a 39,4 mg/100 g, diferentemente do teor de bagre nativo, que foi de 58 mg/100 g, conforme tabela elaborada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, citada no mesmo trabalho. KINSELLA et al. (1977), analisando, 18 espécies de água doce, relataram valores de 50 a 90 mg/100 g no tecido muscular.

#### 6. 4. ÁCIDOS GRAXOS

Para avaliar os efeitos da inclusão do farelo de coco no filé foi necessário conhecer quais ácidos graxos fazem parte da composição do farelo de coco e das rações ofertadas visto que a fonte de ácidos graxos não só provém do farelo de

coco, mas também do óleo de soja utilizado na formulação das rações. Na Tabela 16 estão descritos os ácidos presentes no farelo de coco, onde se pode identificar a presença, em sua maioria, de ácidos graxos saturados nos quais se destacam os ácidos láurico – C 12:0 (46,52%) e mirístico – C 14:0 (19,00%). Entre os ácidos graxos insaturados, temos em destaque o ácido oléico - C 18:0 (9,21%) (Figura 11).

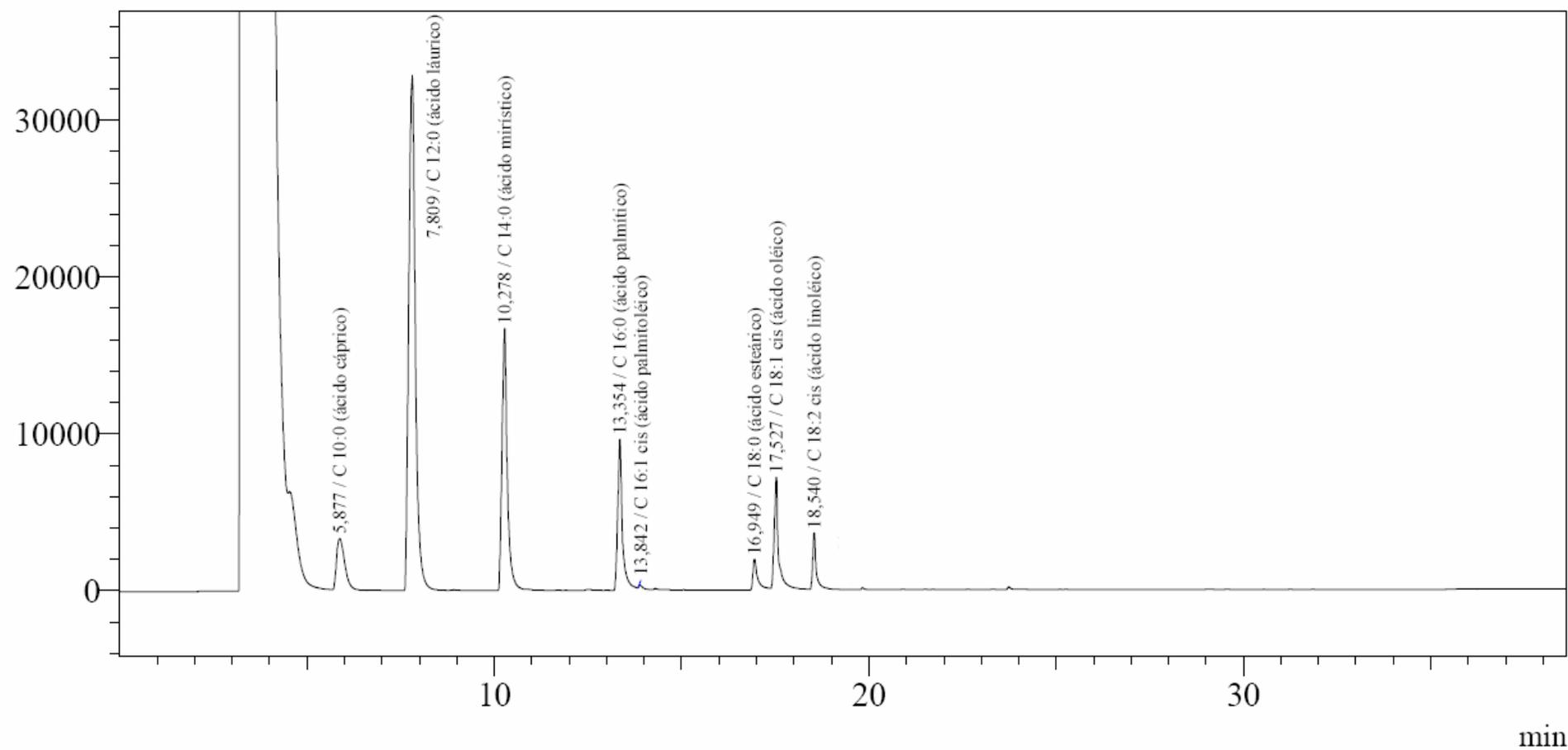
**Tabela 17.** Perfil de ácidos graxos do farelo de coco expresso em percentagem de área relativa

Ácidos Graxos	% de área*
C10:0 (ácido cáprico)	5,64 (± 0,61)
C12:0 (ácido láurico)	46,52 (± 4,99)
C14:0 (ácido mirístico)	19,00 (± 1,88)
C16:0 (ácido palmítico)	11,25 (± 1,42)
C16:1 <i>cis</i> ω-7(ácido palmitoléico)	0,58 (± 0,22)
C18:0 (ácido esteárico)	2,80 (± 0,82)
C18:1 <i>cis</i> ω-9 (ácido oléico)	9,21 (± 2,65)
C18:2 <i>cis, cis</i> ω-6 (ácido linoléico)	4,40 (± 1,79)

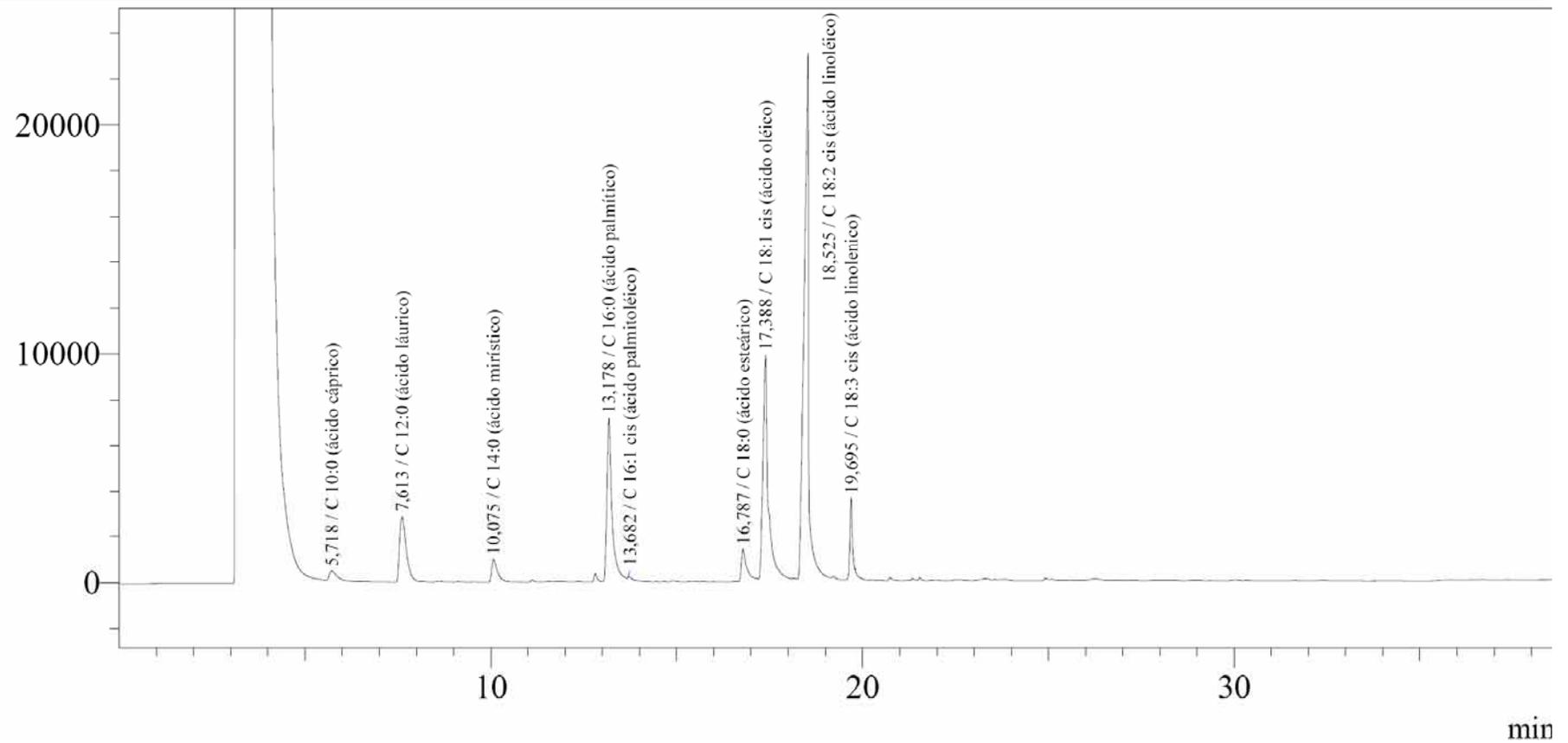
\*Média da amostra analisada em 5 repetições, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

No referente às rações (Tabela 18) observou-se uma relação quase equilibrada entre os ácidos graxos saturados e insaturados presentes nas rações (Figura 12, 13, 14 e 15).

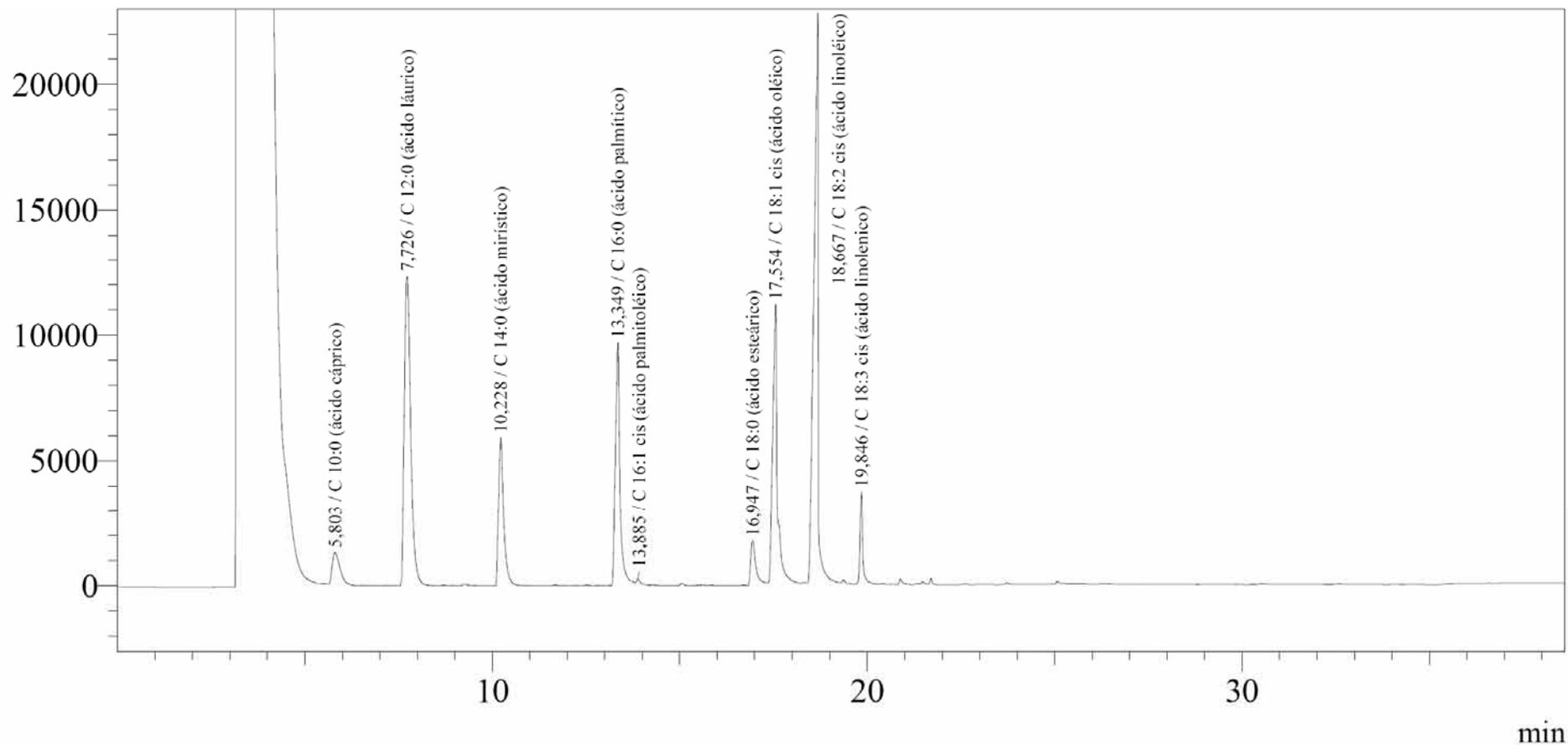
De um modo geral, quanto aos ácidos graxos saturados ocorreu um aumento gradativo com o aumento da inclusão do farelo, visto que o maior percentual foi encontrado no ácido láurico no tratamento 4 – 30% (36,75%), com exceção do ácido palmítico. Com relação aos ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, ocorreu uma diminuição gradativa com o aumento da inclusão do farelo, apresentando os maiores percentuais no tratamento controle, sem a inclusão (T1 – 0%), com exceção do ácido palmitoléico.



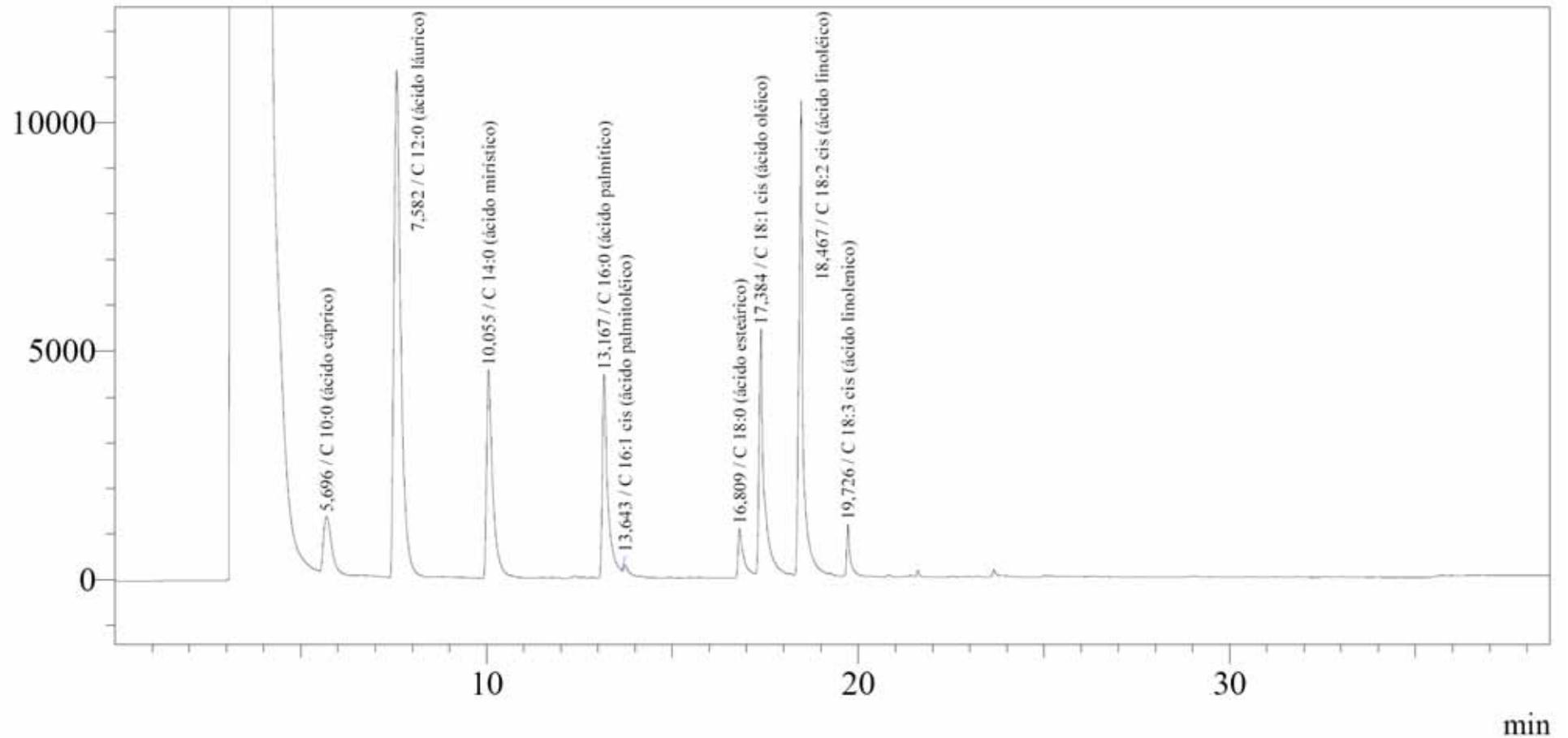
**FIGURA 11.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos do farelo de coco utilizado nas rações.



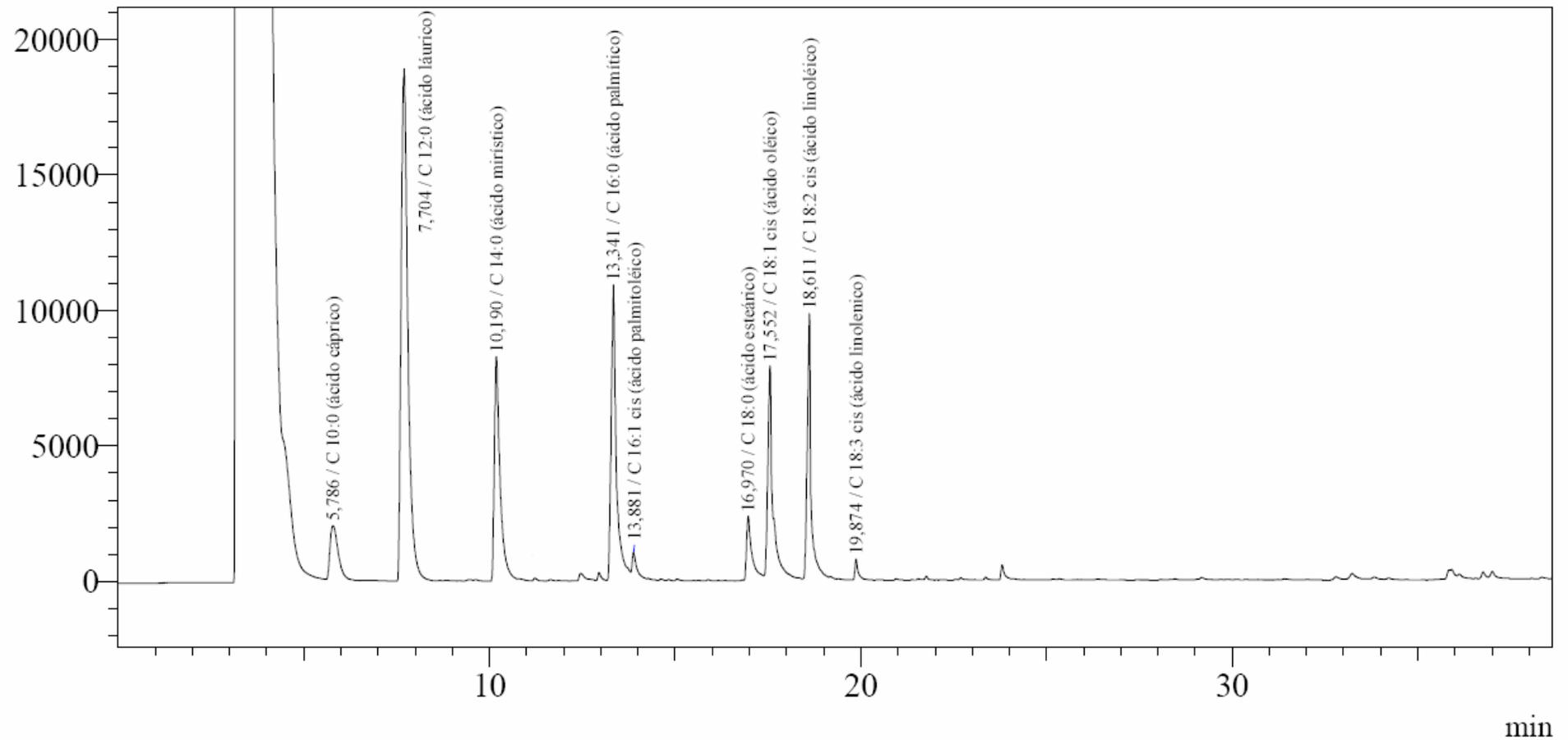
**FIGURA 12.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 0% de farelo de coco (Tratamento 1).



**FIGURA 13.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 10% de farelo de coco (Tratamento 2).



**FIGURA 14.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 20% de farelo de coco (Tratamento 3).



**FIGURA 15.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos das rações com 30% de farelo de coco (Tratamento 4).

**Tabela 18.** Perfil de ácidos graxos das rações expresso em percentagem de área relativa

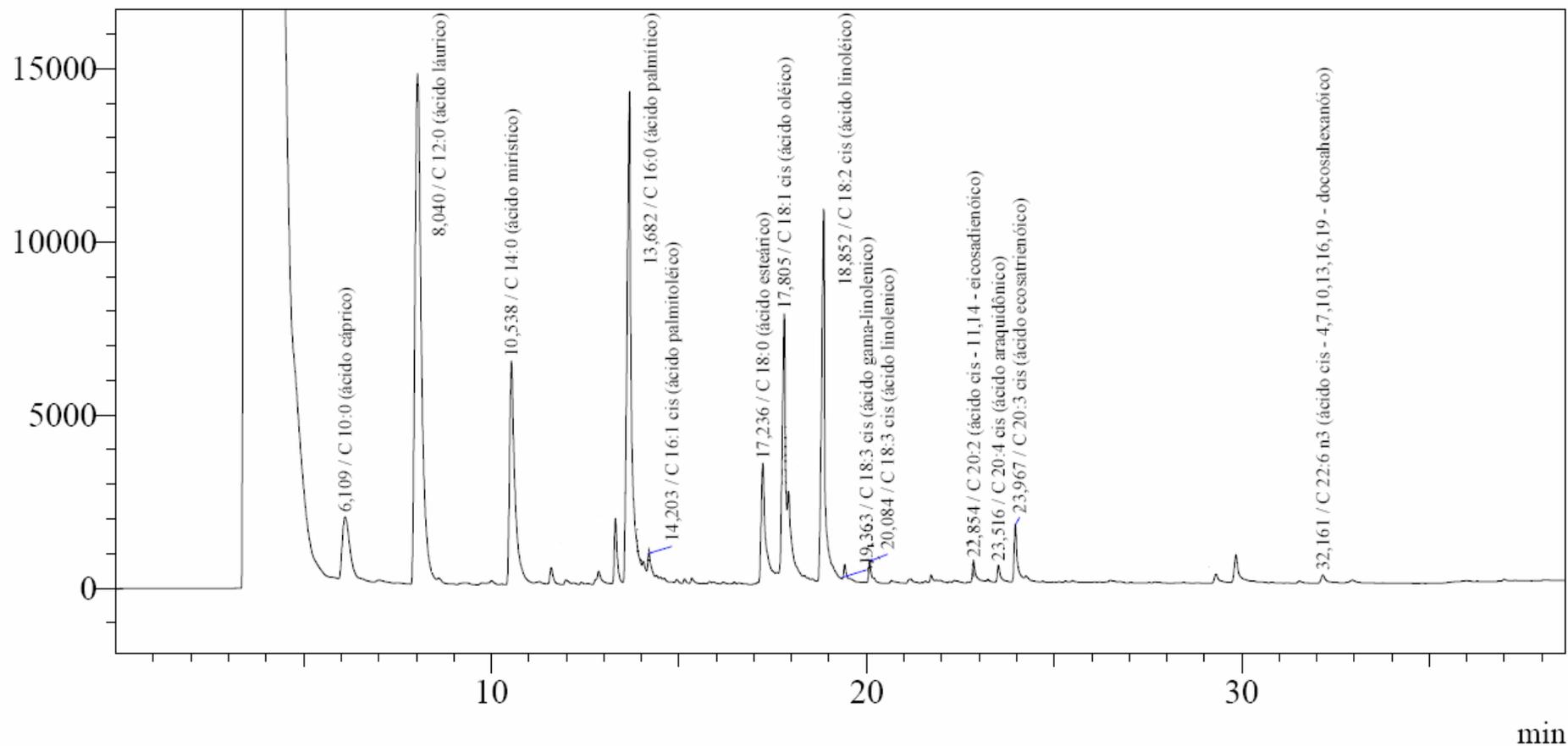
Ácidos Graxos	% de área*			
	T1 (controle)	T2 (10 %)	T3 (20 %)	T4 (30 %)
C10:0 (ácido cáprico)	1,00 (±0,39)	2,51 (±0,41)	3,85 (±0,51)	4,90 (±0,43)
C12:0 (ácido láurico)	6,52 (±1,96)	20,50 (±3,25)	30,96 (±4,29)	36,75 (±0,55)
C14:0 (ácido mirístico)	2,32 (±0,27)	7,96 (±1,08)	11,54 (±1,35)	12,37 (±2,08)
C16:0 (ácido palmítico)	14,44 (±0,69)	12,20 (±0,85)	11,25 (±0,70)	13,48 (±3,87)
C16:1 <i>cis</i> ω-7 (ácido palmitoléico)	0,55 (±0,19)	0,47 (±0,15)	0,65 (±0,18)	1,25 (±0,96)
C18:0 (ácido esteárico)	3,28 (±0,01)	2,97 (±0,29)	2,92 (±0,27)	3,16 (±0,94)
C18:1 <i>cis</i> ω-9 (ácido oléico)	22,45 (±0,49)	16,82 (±1,68)	13,96 (±1,62)	11,96 (±0,05)
C18:2 <i>cis, cis</i> ω-6 (ácido linoléico)	45,46 (±0,78)	30,77 (±2,60)	21,98 (±3,15)	13,18 (±7,51)
C18:3 <i>cis, cis, cis</i> ω-3 (ácido α-linolênico)	4,68 (±0,29)	3,26 (±0,33)	2,50 (±0,02)	1,27 (0,74)

\*Média da amostra analisada em 5 repetições, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

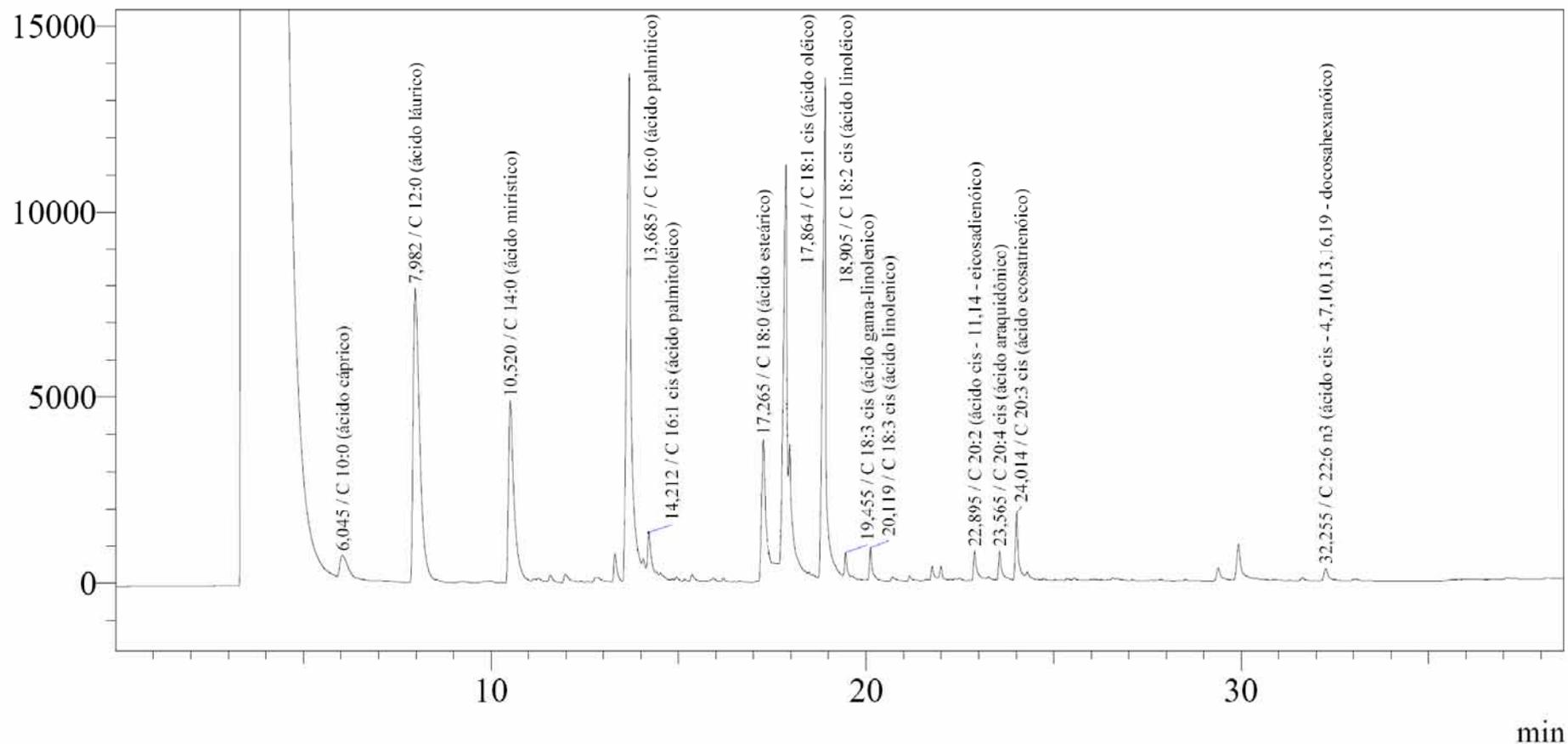
Após as análises foram identificados 14 ácidos graxos (Tabela 19) presentes no filé onde se observou diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos referente aos seguintes ácidos graxos: C10:0, C12:0, C14:0, C18:1, C18:3 (gama), C20:3 e C22:6. Os maiores teores de C10:0 (1,48%) e C12:0 (21,09%) foram encontrados no tratamento 1; C18:1 (14,76%) no tratamento 2; C20:3 (3,03%) e C22:6 (1,13%) no tratamento 3 e C14:0 (10,72%) e C18:3 (gama) (1,40%) no tratamento 4 (Figuras 16, 17, 18 e 19).

JUSTI et al. (2005) ao analisarem a influência da temperatura (23 °C, 26 °C, 29 °C e 32 °C) sobre o perfil de ácidos graxos, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos. HUANG et al. apud AIURA & CARVALHO (2004) ao avaliarem os teores de ácidos graxos do músculo de tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) alimentadas com várias fontes de lipídios verificaram que a composição refletiu a composição do lipídio presente na alimentação.

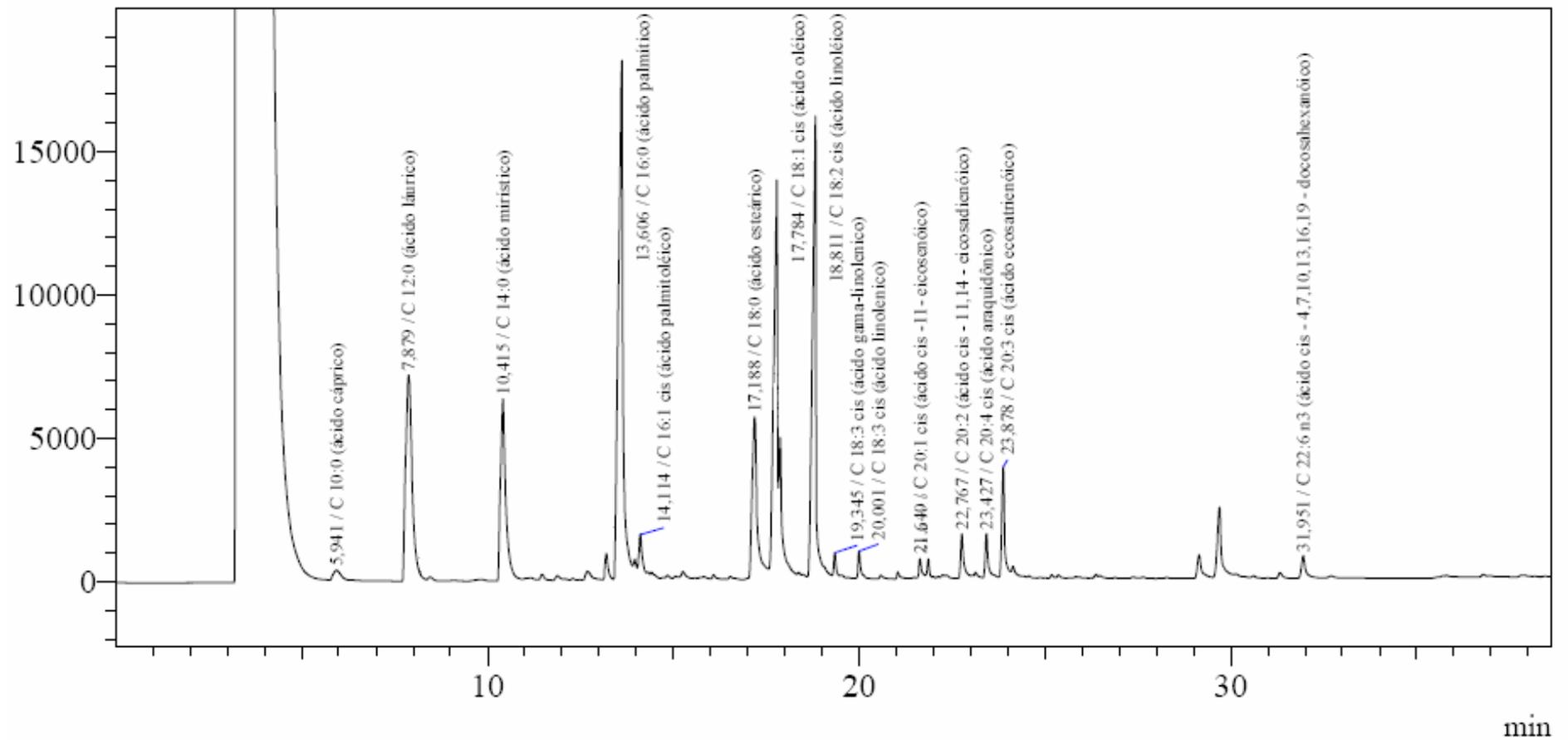
Podemos observar um reflexo da utilização das rações com relação ao ácido C 18:1 e C 18:2 apresentado uma diminuição no filé (Tabela 19) também relatada nas rações (Tabela 18). Essas alterações, nos percentuais dos ácidos graxos, não afetaram de forma prejudicial o filé.



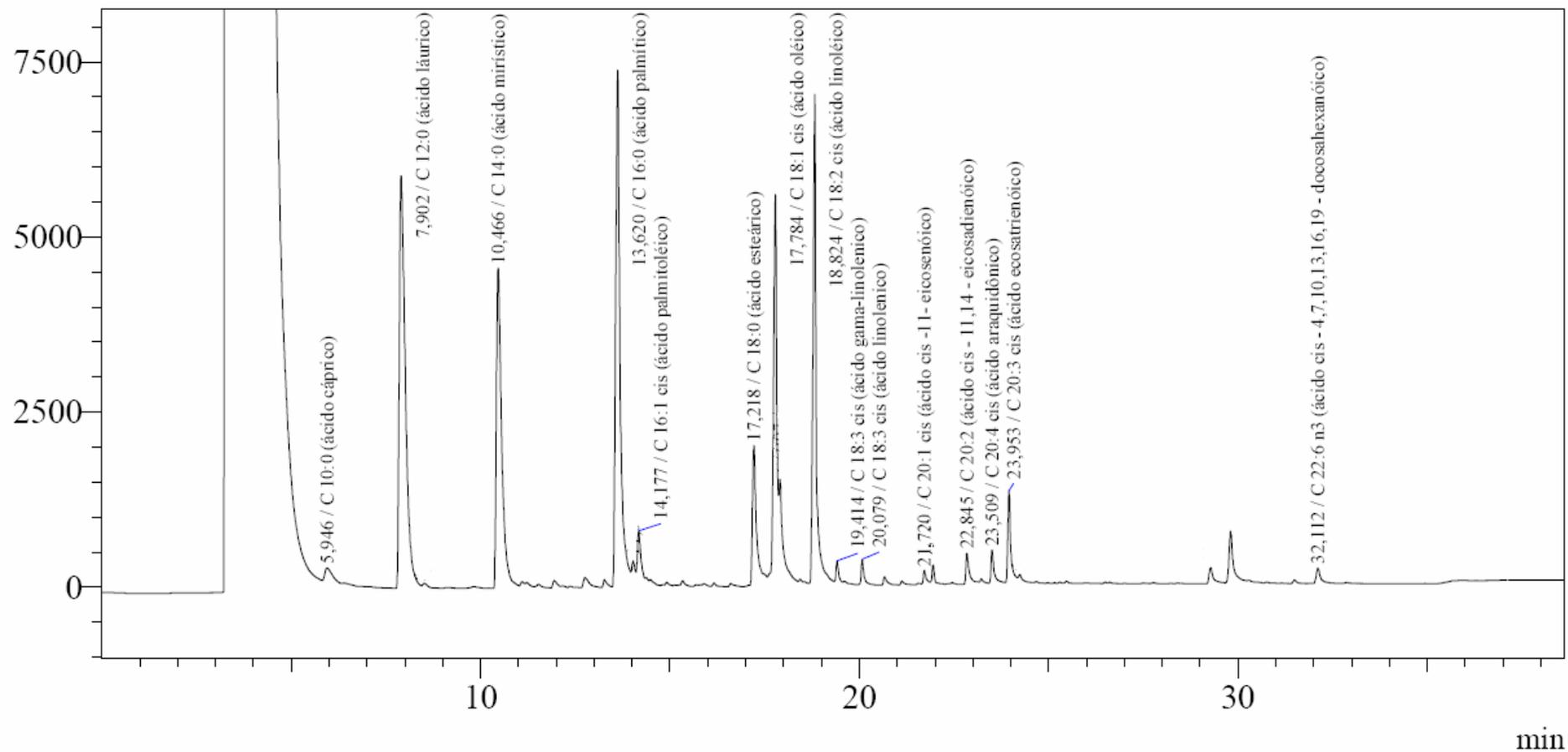
**FIGURA 16.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 0% de farelo de coco (Tratamento 1).



**FIGURA 17.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 10% de farelo de coco (Tratamento 2).



**FIGURA 18.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 20% de farelo de coco (Tratamento 3).



**FIGURA 19.** Cromatograma representativo de ésteres metílicos de ácidos graxos dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1857) alimentadas com rações contendo 30% de farelo de coco (Tratamento 4).

**Tabela 19.** Perfil dos ácidos graxos presentes nos filés, valores expressos em percentagem de área relativa

Ácidos Graxos	Tratamentos*				CV(%)
	T1 (controle)	T2 (10 %)	T3 (20 %)	T4 (30 %)	
C10:0 (ácido cáprico)	1,48a (±0,59)	1,19ab (±0,53)	0,57b (±0,08)	0,75ab (±0,09)	44,08
C12:0 (ácido láurico)	21,09a (±3,89)	10,42b (±3,54)	10,47b (±1,12)	15,43b (±2,98)	19,92
C14:0 (ácido mirístico)	8,20ab (±0,98)	7,67b (±1,74)	7,98ab (±0,89)	10,72a (±2,09)	17,73
C16:0 (ácido palmítico)	20,59a (±2,96)	19,99a (±1,01)	19,70a (±1,10)	18,76a (±0,81)	8,63
C16:1 <i>cis</i> ω-7 (ácido palmitoléico)	2,2a (±0,07)	1,99a (±0,64)	1,40a (±0,60)	1,20a (±0,66)	33,43
C18:0 (ácido esteárico)	5,95a (±0,89)	6,92a (±1,67)	6,97a (±0,60)	6,15a (±0,80)	17,26
C18:1 <i>cis</i> ω-9 (ácido oléico)	14,40a (±2,74)	14,76a (±2,07)	14,43a (±3,46)	9,96b (±0,69)	16,44
C18:2 <i>cis, cis</i> ω-6 (ácido linoléico)	17,04a (±5,54)	16,94a (±2,42)	15,69a (±1,45)	13,42a (±0,87)	21,57
C18:3 <i>cis, cis, cis</i> ω-6 (ácido gama-linolênico)	1,32ab (±0,65)	0,51b (±0,10)	0,64ab (±0,19)	1,40a (±0,69)	45,18
C18:3 <i>cis, cis, cis</i> ω-3 (ácido alfa-linolênico)	1,10a (±0,19)	0,86a (±0,23)	1,16a (±0,93)	0,69a (±0,04)	54,16
C20:1 ω-9 (ácido <i>cis</i> -11-eicosenóico)	0,59a (±0,11)	0,48a (±0,17)	0,51a (±0,02)	0,40a (±0,02)	22,81
C20:2 (ácido <i>cis, cis</i> -11,14-eicosadienóico)	0,94a (±0,33)	1,10a (±0,18)	1,22a (±0,09)	1,17a (±0,27)	22,26
C20:3 ω-6 (ácido <i>cis, cis, cis</i> -8,11,14 eicosatrienóico)	1,82c (±0,33)	2,18bc (±0,51)	3,03a (±0,21)	2,91ab (±0,46)	18,06
C20:4 <i>cis, cis, cis, cis</i> ω-6 (ácido araquidônico)	0,82a (±0,34)	1,01a (±0,18)	1,13a (±0,13)	1,16a (±0,29)	24,46
C22:6 ω-3 DHA (ácido <i>cis, cis, cis, cis, cis, cis</i> -4, 7,10,13,16,19-docosahesanoico)	0,49c (±0,07)	0,73bc (±0,22)	1,13a (±0,09)	1,07ab (±0,27)	24,86
Σ AGS**	57,32a (±4,43)	46,19b (±4,21)	45,69b (±2,79)	51,82ab (±4,45)	6,97
Σ AGM***	17,19a (±2,80)	17,23a (±2,68)	16,34a (±3,76)	11,57b (±1,00)	15,95
Σ AGPI****	23,52a (±5,55)	23,32a (±2,45)	23,99a (±0,74)	21,66a (±1,80)	15,22
Insaturados/Saturados (I/S)	0,71(±0,13)	0,89 (±0,12)	0,89 (±0,13)	0,65 (±0,07)	
Monoinsaturados/Saturados (M/S)	0,30 (±0,05)	0,38 (±0,07)	0,36 (±0,10)	0,22 (±0,01)	
Poliinsaturados/Saturados (P/S)	0,41 (±0,09)	0,51 (±0,10)	0,53 (±0,05)	0,42 (±0,06)	
Razão ω-6/ω-3	13,20 (±5,03)	12,78 (±2,52)	9,43 (±3,04)	11,35 (±2,74)	
Rel. Hiper/Hipo*****	1,26 (±0,24)	0,95 (±0,17)	0,95 (±0,13)	1,36 (±0,19)	

\*Analisadas 20 amostras com 5 repetições por tratamento, com a média e o desvio-padrão entre parênteses.

Valores na mesma linha com letras (a, b, c) diferentes significam diferença estatística ( $p < 0,05$ ).

Σ AGS\*\* = Somatório dos Ácidos graxos Saturados.

Σ AGM\*\*\* = Somatório dos Ácidos graxos Monoinsaturados.

Σ AGPI\*\*\*\* = Somatório dos Ácidos graxos Poliinsaturados.

Rel. Hiper/Hipo\*\*\*\*\* = Relação ácido graxo hipercolesterolêmico / hipocolesterolêmico = ácido graxo hipercolesterolêmico (C14:0 + C12:0 + C16:0) / ácido graxo hipocolesterolêmico (monoinsaturado + poliinsaturados).

Dentre os ácidos graxos saturados totais encontrou-se uma variação de 45,69% a 57,32%, havendo predominância do C16:0, em relação aos demais ácidos graxos, nos tratamentos 2 (19,99%), 3 (19,70%) e 4 (18,76%). Enquanto no tratamento 1 a predominância foi dos ácidos C12:0 – 21,09% e C16:0 – 20,59%. O ácido palmítico também foi observado em maiores quantidades entre os saturados

por MOREIRA et al. (2001) em três espécies brasileiras de peixe de água doce e em tilápia, por Rahman et al. apud AIURA & CARVALHO (2004) e JUSTI et al. (2003). MAINA et al. (2003), estudando a composição corporal de ácidos graxos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas à base de torta de girassol e óleo de milho, em substituição à farinha de peixe, observaram teor elevado do ácido C16:0 - 31,3%. CASTRO et al. (2007) e NOVA et al. (2000) relatam teor elevado de ácido palmítico para a tilápia de 25,9% e 22,0%, respectivamente. LUZIA et al. (2003), observando a influência do verão e inverno sobre o perfil dos ácidos graxos de algumas espécies obtidas em seu ambiente natural, verificaram para tilápia no verão e inverno teores de C16:0 de 35,5% e 36,4%, respectivamente. Os teores de ácido C16:0 acima citados são maiores que o observado em nosso estudo, onde variou de 18,76% a 20,59%. O ácido C12:0 promove hipercolesterolemia, sendo em menor quantidade que o ácido C16:0 (LIMA et al., 2000). Esses ácidos graxos estão fortemente associados ao aumento do colesterol sérico.

Com relação ao ácido C18:0, o qual apresentou teores de 5,95% a 6,97% no filé entre os tratamentos em nosso estudo, DENKE & GRUNDY (1991) mostraram que a gordura rica em ácido esteárico não eleva os níveis de colesterol total em comparação com a dieta rica em ácido oléico. LUZIA et al. (2003), observando a influência do verão e inverno, verificaram para tilápia no verão e no inverno teores de 14,1% e 13,1%, respectivamente. NOVA et al. (2000) relataram para a tilápia (*Oreochromis niloticus*) teores de 5,89% a 6,94% desse ácido; valores dentro da faixa encontrada em nosso estudo.

CASTRO et al. (2007) referem teor do ácido C14:0 de 4,4%. LUZIA et al. (2003) relatam teores de ácido C14:0 no verão e inverno de 0,7% e 1,35%, respectivamente. NOVA et al. (2000) detectaram teor de 3,13%. O ácido C14:0 em nosso estudo variou de 7,67 a 10,72%, valores maiores que os obtidos nos estudos acima citados.

Os teores totais encontrados de AGS (45,69% a 57,32%) e AGPI (21,66% a 23,99%) foram superiores aos relatados por MOREIRA et al. (2001) de 41,86% (AGS) e 7,19% (AGPI) para piraputanga e 35,60% (AGS) e 12,02% (AGPI) para piraicanjuba.

SARRIA et al. (2007) observaram em estudo realizado com tilápia do Nilo nativa e de cativeiro, que os ácidos graxos saturados estiveram presentes em maiores quantidades no peixe nativo, enquanto que no peixe de cativeiro encontrou-se maior quantidade de ácidos graxos insaturados. Fato atribuído à alimentação ofertada ao peixe que pode variar de um lugar para o outro e a temperatura do ambiente. FERREIRA et al. (2007) também verificaram maiores teores de ácidos graxos insaturados em filés de tilápia *in natura*, provenientes de cativeiro. Em nosso estudo verificou-se o contrário.

Os valores referentes aos AGMI totais (11,57% a 17,23%) foram inferiores aos relatados por MÉNDEZ et al. (1996) para corvina branca e para “palometa”, 39,0% e 41,9%, respectivamente. Os ácidos graxos monoinsaturados têm um efeito hipocolesterolêmico intermediário (KRIS-ETHERTON e YU, 1997). Os teores totais dos ácidos poliinsaturados (21,66% a 23,99%) não apresentaram variações significativas entre os tratamentos. NOVA et al. (2000) detectaram um menor teor que o observado neste estudo, de 11,62%, para tilápia.

RIBEIRO (2003) estudou o efeito dos tratamentos (tanque de alvenaria, terra e terra + adubação) sobre o perfil de alguns ácidos graxos poliinsaturados. Encontrou nos filés de tilápia os seguintes percentuais: C18: 2 (7,76% a 15,86%); C18:3 (1,01% a 2,32%); C20: 3 (0,44% a 0,95%); C20: 4 (0,21% a 2,99%); C20: 5 (0 a 0,03%) e C22: 6 (0,89% a 10,01%).

LUZIA et al. (2003), observando a influência do verão e inverno sobre o perfil dos ácidos graxos de algumas espécies obtidas em seu ambiente natural, verificaram para tilápia no verão os seguintes ácidos monoinsaturados e poliinsaturados (C16:1 – 1,14%; C18:1 – 11,5%; C20:3 – 0,51% e C20:5 – 7,46%;) e no inverno (C16:1 – 5,10%; C18:1 – 15,9%; C20:5 – 9,48% e C22:6 – 2,99%).

A composição de ácidos graxos do tecido muscular de três espécies brasileiras de peixes de água doce determinado por MOREIRA et al. (2001) apresentaram quantidades de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 para a piraputanga, piraicanjuba e matrinxã de 3,61%, 3,06% e 1,68%; respectivamente.

O ácido C20:4 apresentou teores de 0,82 a 1,16%. OLIVEIRA et al. (2004) relatam teor de 1,30%. NOVA et al. (2000) detectaram em tilápia teor mais elevado que o encontrado neste trabalho (3,21%). Este ácido é considerado importante, pois

está envolvido no mecanismo da agregação plaquetária. À medida que é liberado dos fosfolípidios da membrana da plaqueta, é utilizado na formação de prostanóides pela ação da cicloxigenase, com efeito pró-agregatório. Esta propriedade é modulada pela concentração de ácidos graxos poliinsaturados com 20 e 22 átomos de carbono na molécula (MENEZES, 2006).

No trabalho de HUANG et al. apud AIURA & CARVALHO (2004) a porcentagem de ácido linoléico (17,2%) foi maior no músculo dos peixes alimentados com dieta contendo óleo de soja e a porcentagem de DHA foi 3,8%. IZQUIERDO et al. (2000) relatam teor de ácido linoléico em tilápia em torno de 47,4% e o teor de DHA de 5,0%. Em peixes, as espécies de água doce, particularmente de águas tropicais, têm quantidade de C20:5 (EPA)  $\omega$ -3 e C22:6 (DHA)  $\omega$ -3 significativamente menores do que as espécies marinhas (MAIA et al. 1994 e 1995; RIBEIRO et al., 2007). NOVA et al. (2000) detectaram em tilápia teor de DHA de 4,46%. OLIVEIRA et al. (2004) demonstram valores de DHA de 0,60%. Os estudos acima relatados citam valores maiores que os obtidos neste estudo onde os teores de DHA variaram de 0,49 a 1,13%. Os ácidos graxos poliinsaturados C20:4  $\omega$ -6 e o C22:6  $\omega$ -3 (DHA) são componentes estruturais predominantes da substância cinzenta do cérebro e da retina e, dessa forma, devem fazer parte da dieta da mãe para estarem disponíveis ao feto (tecido placentário) e ao recém-nascido (amamentação) (SIMOPOULOS, 1991). O ácido *cis, cis, cis, cis, cis, cis* - 4, 7,10,13,16,19 - docosahesanoico (DHA) da série  $\omega$ -3 em nosso trabalho (Tabela 19) apresentou um aumento do considerável (T2 - 0,73%; T3 - 1,13% e T4 - 1,07%) em relação ao controle (T1 - 0,49%).

O ácido linoléico (LA) é precursor do ácido araquidônico (AA, 20:4  $\omega$ -6), componente utilizado na síntese de prostaglandinas e importante para o crescimento fetal; e, o ácido  $\alpha$ -linolênico (LNA) é o precursor dos ácidos graxos de cadeia longa  $\omega$ -3, tais como EPA e DHA. Estes ácidos se destacam por apresentarem diversos efeitos benéficos à saúde humana, como diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares, diminuição nas taxas de colesterol no sangue, prevenção de câncer e benefícios à gravidez e saúde materno-infantil (STEVANATO et al., 2007). O ácido  $\alpha$ -linolênico apresentou teores de 0,69% a 1,16% em nosso estudo.

A relação poliinsaturados/saturados (P/S) verificada foi de 0,41 a 0,53; demonstrando valores próximos da faixa mínima recomendada pelo BRITISH DEPARTMENT OF HEALTH (1994) apud MENEZES (2006) para a dieta total, que é de 0,45. ANDRADE et al. (1997) referem esta relação no tecido muscular para várias espécies de peixe de água doce no Brasil: 0,86 – carpa; 0,61 – dourado; 0,52 - cascudo abacaxi; 0,27 – mando e 0,18 - pacu. A relação P/S é de extrema importância em estudos de dietas, pois um excesso de ácido linoléico irá competir pelas dessaturases, comprometendo o teor de ácido graxo da série  $\omega$ -3, tendo como possível consequência uma baixa produção de ácido eicosapentanoico (KRAUSS et al. 2000). FREITAS et al. (2002) chamam atenção para a inadequação de dietas que levam em conta teores isolados de lipídeos, relação P/S, ácidos graxos saturados ou  $\omega$ -6 e ingeridos.

### 6.5 RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO DA UTILIZAÇÃO DO FARELO DE COCO

Com relação ao aspecto custo/benefício, os ingredientes em foco neste trabalho apresentam os seguintes valores atuais de mercado: farelo de soja – R\$ 1,06 e farelo de coco – R\$ 0,31 por quilo. Pode-se assim, observar que a cada quilo de farelo de soja utilizado na ração gasta-se o valor correspondente aproximadamente a 3,5 quilos de farelo de coco. Dessa forma, até a inclusão de menor percentual proporciona um barateamento para os produtores, visto que os mesmos consomem grandes quantidades destes ingredientes nas formulações das rações. As análises apresentadas na Tabela 20 demonstram também esse efeito de economia relatado.

**Tabela 20.** Custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho por peixe no período total, Índice Médio de Custo e Índice de Eficiência Econômica, de acordo com os tratamentos experimentais.

TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4
Custo da ração (R\$/Kg)	3,63	3,58	3,53	3,47
Índice Médio de Custo	104,67	103,13	101,76	100,00
Índice de Eficiência Econômica	95,54	96,97	98,27	100,00

Também se observou uma diminuição dos teores de farelo de milho utilizados na composição das rações fato de grande relevância vista que a utilização do farelo de coco proporciona a economia de dois ingredientes de grande representatividade nas formulações de rações.

---

## 7. CONCLUSÕES

O farelo de coco nas rações para tilápia pode ser utilizado na composição da alimentação dos peixes, pois não afeta a composição centesimal, teor de colesterol e teor de ácidos graxos de forma a prejudicar o consumo ou o próprio animal. Além de baratear a fabricação das rações trazendo consigo também um barateamento do produto final, o peixe.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKMAN, R. G. **Nutritional composition of fats in seafood**. Prog. Food Nutr. Sci., v. 13, p. 161-241, 1989.
- AIURA, F. S.; CARVALHO, M. R. B. **Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino**. RPCV, 99 (550), p. 93-98, 2004.
- ALBUQUERQUE, W. F.; ZAPATA, J. F. F.; ALMEIDA, R. S. **Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo**. Rev. Ciênc. Agronômica, vol. 35, Número Especial, out., p. 264 – 271, 2004.
- ANDRADE, A. D.; VISENTAINER, J. V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. **Omega-3 fatty acids in baked freshwater fish from South of Brazil**. Arch. Latino Am. Nutr., v. 47, n. 1, p. 73-79, 1997.
- ANDRADE, E. C. B. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. São Paulo: Livraria Varela, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. ed. Washington, D. C., 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, D. C. **Analytical Chemistry**, 15th ed, Washington, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, D. C. **Analytical Chemistry**, 16 ed., Arlington: AOAC, v. 2, p. 1-30, 1995.

- BAGGIO, S. R.; MIGUEL, A. M. R.; BRAGAGNOLO, N. **Simultaneous determination of cholesterol oxides, cholesterol and fatty acids in processed turkey meat products.** Food Chemistry, 89, p. 475–484, 2005.
- BARBOSA, H. P.; FIALHO, E. T.; FERREIRA, A. S.; LIMA, G. J. M.; GOMES, M. F. M. **Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 827-837, 1992.
- BARRETO, S. C. S.; ZAPATA, J. F. F.; FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; NASCIMENTO, R. F.; ARAÚJO, R. S. R. M.; AMORIM, A. G. N. **Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 41, n.12, p. 1767-1773, dez., 2006.
- BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. **Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada.** Ciênc. Tecnol. Alim., v. 11, n. 1, p. 5-35, 1991.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; PROTAS, J. F. S.; GOMES, P. C. **Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 20, n. 8, p.969-974, 1985.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica.** 5ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification.** Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

- BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R.; ONO, K. **Assesment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats**. J. Food Sci., v. 53, p. 1642, 1988.
- BORGES, A. M.; MORETTI, J. O. C.; McMANUS, C.; MARIANTE, A. S. **Produção de populações monossexo macho de tilápia-do-nilo da linhagem Chitralada**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 40, n. 2, p. 153-159, fev. 2005.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. **Farinha de Varredura de Mandioca (*Manihot esculenta*) na Alimentação de Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)**. Rev. Bras. Zootec., v. 31, n. 2, p. 546-551, 2002.
- BRAGA, C. V. P.; FUENTES, M. F. F.; FREITAS, E. R.; CARVALHO, L. E.; SOUZA, F. M.; BASTOS, S. C. **Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para poedeiras comerciais**. R. Bras. Zootec., v. 34, n. 1, p. 76-80, 2005.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUES AMAYA, D. B. **Teores de colesterol em carne de frango**. Rev. Farm. Bioquím., São Paulo, USP, v. 28, n. 2, p. 122-131, 1992.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. **Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídeos totais e ácidos graxos em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*)**. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 17, n. 3, Campinas, set./dez. 1997.
- BRASIL. Leis, decretos, etc. Portaria nº 33/98 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. **Diário Oficial**, Brasília, 30 mar. 1998. seq. I, nº 60-E, p. 5-6. Adota os valores constantes das tabelas do anexo

desta portaria como níveis de IDR (Ingestão Diária Recomendada) para as vitaminas, minerais e proteínas.

- BRUM, A. A. S.; OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R. **Óleo de Pescado como Suplemento Dietético - *Fish Oil as Dietetic Suplement***. Revista de Ciência & Tecnologia, v. 10, n. 19, p. 71 - 8, 2002.
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas-SP, p.141-142, 2002.
- CAMPO, L. F. C. **Tilápia Roja 2006, una evolución de 25 años de la incertidumbre al éxito**. Manual de Manejo Industrial de la tilapia Roja. v. 27, n. 8, p. 124, 2006.
- CARDOSO, J. **Nutrição e doença cardiovascular – 2º parte**. Medicina Interna, v. 11, n. 3, 2004.
- CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; Jr. MAIA, G. A. **Água-de-coco: Propriedades nutricionais, funcionais e processamento**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 27, n. 3, p. 437-452, jul./set., 2006.
- CASTRO, F. A. F.; SANT'ANA, H. M. P.; CAMPOS, F. M.; COSTA, N. M. B.; SILVA, M. T. C.; SALARO, A. L.; FRANCESCHINI, S. C. C. **Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes**. Food Chemistry, 103, p.1080–1090, 2007.
- CLEMENT, S.; LOVELL, R. T. **Comparison of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*)**. Aquaculture, v.119, p. 299-310, 1994.

- COLDEBELLA, I. J.; NETO RADÜNZ, J. **Farelo de soja na alimentação de alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen*)**. Cienc. Rural, v. 32, n. 3, Santa Maria, maio/jun., 2002.
- COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de cromatografia**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, p. 456, 2006.
- CONN, E. E.; STUMPF, P. K. **Manual de Bioquímica**. São Paulo: USP, 1972.
- DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, p. 319, 1995.
- DENKE, M. A.; GRUNDY, S. M. **Effects of fats high in stearic acid on lipid and lipoprotein concentrations in men**. Am. J. Clin. Nutr., v. 54, p. 1036-1040, 1991.
- DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas**. 4<sup>a</sup> ed., São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 2003.
- FENNEMA, O. R. – **Química de los Alimentos**. 2<sup>a</sup> Ed. Zaragoza (España): Editorial Acribia, p. 1095, 1993.
- FERREIRA, M. W.; BRESSAN, M. C.; SOUZA, X. R.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B.; ANDRADE, P. L. **Efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757)**. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 31, n. 3, p. 798-803, maio/jun., 2007.

- FETT, C. A.; PETRÍCIO, A.; MAESTÁ, N.; CORREA, C.; CROCCI, A. J.; BURINI, R. C. **Suplementação de Ácidos Graxos Ômega-3 ou Triglicérides de Cadeia Média para Indivíduos em Treinamento de Força.** Motriz, v. 7, n. 2, p.83-91, Jul-Dez, 2001.
- FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. **A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues.** Journal of Biological Chemistry, v. 226, n.1, p. 497-509,1957.
- FREITAS, A. S.; BORGES, J. T. S.; COSTA, R. Q.; CORNEJO, F. E. P.; WILBERG, V. C. **Teores de lipídeos totais, ácidos graxos e colesterol em resíduos desidratados de camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* HELLER, 1862) capturado no estado do Rio de Janeiro.** B. CEPPA, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 355-362, 2002.
- FÜRST, P.; KUHN, K. S. **Fish oil emulsions: what benefits can they bring?** Clin Nutr, 19:7-14, 2000.
- FURUYA, W. M.; GONÇALVES, G. S.; FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C. **Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade.** Rev. Bras. Zootec., 30(3), p. 924-929, 2001 (Suplemento 1).
- GARÓFOLO, A.; PETRILLI, A. S. **Balço entre ácidos graxos ômega-3 e 6 na resposta inflamatória em pacientes com câncer e caquexia.** Rev. Nutr., Campinas, 19(5), p. 611-621, set./out., 2006.
- GOMIERO, J. S. G.; RIBEIRO, P. A. P.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. V. R. **Rendimento de carcaça de peixe matrinxã (*Brycon cephalus*) nos diferentes cortes de cabeça.** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 27, n. 1, p. 211-216, jan./fev., 2003.

- GRAZIOLA, F.; SOLIS, V. S.; CURI, R. Estrutura química e classificação dos ácidos graxos. In: CURI, R.; POMPÉIA, C.; MIYASAKA, C. K.; PROCOPIO, J. **Entendendo a gordura-os ácidos graxos**. Ed. 1º. São Paulo: Manole, 2002.
- GUTIERREZ, L. E.; SILVA, R. C. M. **Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil**. Sci. Agri. Piracicaba, 50(3), p. 478-483, out./dez.,1993.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 735-736, 2002.
- HARA, A.; RADIN, N. S. **Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent**. Analytical Biochemistry. v. 90, n. 1, p. 420-426, 1978.
- HARTMAN, L.; LAGO, B. C. A. **Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids**. Lab. Pract., v. 22, p. 475 - 77, 1973.
- HIANE, P. A.; LEAL FILHO, A. F.; RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. **Teores de colesterol e lipídios totais em seis espécies de peixes capturados na região pantaneira do estado de mato grosso do sul**. B.CEPPA, 66 A, Curitiba, v. 20, n. 1, jan./jun. 2002.
- INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes (DRIs) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Part 1. Washington (DC): National Academy Press, 2008.
- **IV DIRETRIZES BRASILEIRAS SOBRE DISLIPIDEMIAS E DIRETRIZ DE PREVENÇÃO DA ATEROSCLEROSE DO DEPARTAMENTO DE ATEROSCLEROSE DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA**. Arq. Bras. Cardiol., v. 88, (suplemento I), p. 10, Abril/2007.

- IZQUIERDO, P. C.; FERRARI, G. T.; MARTINEZ, Y. B.; SALAS, E. M.; CAGNASSO, M. A. **Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela.** ALAN, v. 50, n. 2, p.187-194, jun. 2000.
- JÁCOME, I. M. T. D.; SILVA, L. P. G.; GUIM, A.; LIMA, D. Q.; ALMEIDA, M. M.; ARAÚJO, M. J.; OLIVEIRA, V. P.; SILVA, J. D. B.; MARTINS, T. D. D. **Efeitos da inclusão do farelo de coco nas rações de frangos de corte sobre o desempenho e rendimento da carcaça.** Acta Scientiarum. Maringá, v. 24, n.4, p. 1015-1019, 2002.
- JONES, P. J. H.; KUBOW, S. Lipídeos, esteróis e seus metabólitos. In: SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M.; ROSS, A. C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença.** São Paulo: Manole, 2003.
- JUSTI, K. C., HAYASHI, J. V., VISENTAINER, N. E., SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M. **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 Chemistry, 80, p. 489-493, 2003.
- JUSTI, K. C.; PADRE, R. G.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. **Efeito da temperatura da água sobre desempenho e perfil de ácidos graxos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Maringá, v. 27, n. 4, p. 529-534, oct. /dec., 2005.
- KINSELLA, J. E.; SHIMP, J. L.; MAI, J.; WEIHRAUCH, J. **Fatty acid content and composition of freshwater finfish.** Journal of the American Oil Chemical Society, v. 54, p. 424-429, 1977.

- KRAUSS, R. M.; ECKRL, R. H.; HOWARD, B.; DANIELS, S. R.; DEEKELBAUM, R. J.; ERDMAN, J. W.; ETHERON, P. K.; GOLDBERG, I. J.; DOTCHEN, T. A.; LICHETENSTEIN, A. H.; MITCH, W. E.; MULLIS, R.; ROBINSON, K.; TOSETT, J. W.; JEOR, S. S.; SUTTIE, J.; TRIBBLE, D. L.; BAZZARRE, T. L. **Dietary guidelines: revision 2000: a statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American heart Association.** *Circulation*, v. 102, n. 18, p. 2284-2299, 2000.
- KRIS-ETHERTON, P.; YU, S. **Individual fatty acids effects on plasma lipids and lipoproteins; human studies.** *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 65, suppl., p. 1628-1644, 1997.
- LAGE, M. E.; PADUA, D. M. C.; PADUA J. T.; SILVA, P. C.; OLIVEIRA, J. P.; MESQUITA, A. J.; PRADO, C. S. **Determinação na concentração de ácidos graxos da carne do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetido a níveis crescentes de rama de mandioca na ração.** 38ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 849-850, Piracicaba, 2001.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica.** 4º ed., São Paulo: Sarvier, p.1202, 2006.
- LEONHARDT, J. H.; CAETANO FILHO, M.; FROSSARD, H. MORENO, A. M. **Características morfométricas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas.** *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 27, n. 1, p. 125-132, jan./mar., 2006.
- LIMA, F. E. L.; MENEZES, T. N.; TAVARES, M. P.; SZARFARC, S. C.; FISBERG, R. M. **Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão.** *Rev. Nutr.*, Campinas, 13(2), p. 73-80, maio/ago, 2000.

- LINKO, Y-Y.; HAYAKAWA, K. **Docohexanoic acid: a valuable nutraceutical?** Trends Food Sci Technol, 7, p. 59-63, 1996.
- LOPEZ-LOPEZ, S.; NOLASCO, H.; VILLARREAL-COLMENARES, H.; CIVERA-CERECEDO, R. **Digestive enzyme response to supplemental ingredients in practical diets for juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*.** Aquac. Nutr., 11, p. 79–85, 2005.
- LOVELL, R. T. **Nutrition of aquaculture species.** Journal of Animal Science, v. 69, n. 5, p. 4193-4200, 1991.
- LUZIA, L. A.; SAMPAIO, G. R.; CASTELLUCCI, C. M. N.; TORRES, E. A. F. S. **The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish.** Food Chemistry, 83, p. 93-97, 2003.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FRANCO, M. B. **Fatty acids of the total, neutral and phospholipids of Brazilian fish (*Prochilodus scrofa*).** J. Food Composit. and Analysis, v. 7, p. 240-251, 1994.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. **Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian (*Piractus mesopotamicus*).** Internat. J. Food Science and Technol., v. 30, p. 592-597, 1995.
- MAINA, J. G.; BEAMES, R. M.; HIGGS, D.; MBUGUA, P. N.; IWAMA, G.; KISIS, S. M. **Digestibility and feeding value of some feed ingredients fed to tilapia *Oreochromis niloticus* (L.)** Aquaculture Research, v. 33, p. 853-862, 2002.
- MAINA, J. G.; BEAMES, R. M.; HIGGS, D.; MBUGUA, P. N.; IWAMA, G.; KISIA, S. M. **Partial replacement of fishmeal with sunflower cake and**

- corn oil in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn): effect on whole body fatty acids.** *Aquaculture Research*, v. 34, p. 601-608, 2003.
- MARTÍNEZ, F.; ESPINOSA-GARCÍA, M. T.; MALDONADO, G; URIBE, U.; FLORES, O; MILÁN, R.; GARCÍA, G. **El colesterol es esencial en el desarrollo embrionario y en el crecimiento celular.** *Rev. Fac. Med., UNAM*, v. 44, n. 4, Julio-Agosto, 2001.
  - McNAMARA, D. J. Coronary heart disease. In: **Present knowledge in Nutrition** (Brown, M. L. Ed.), p. 349, 1990.
  - MÉNDEZ, E.; GONZALÉZ, R. M.; INOCENTE, G.; GIUDICE, H.; GROMPONE, M. A. **Lipid content and fatty acid composition of fillets of six fishes from the Rio de La Plata.** *J. Food Compos. Anal.*, San Diego, v. 9, p. 163-170, 1996.
  - MENEZES, M. E. S. **Valor nutricional de espécies de peixes (água salgada e estuário) do estado de Alagoas.** Maceió. 2006. 113 p. [Dissertação de Mestrado – Instituto de Química e Biotecnologia – Universidade Federal de Alagoas].
  - MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M. **Lipídeos na Alimentação de Alevinos Revertidos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.).** *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 2, Viçosa, 2002.
  - MINOZZO, M. G. **Elaboração de patê cremoso a partir de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e sua caracterização físico-químico microbiológica e sensorial.** Curitiba, 2005. 127 p. [Dissertação de Mestrado – Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Paraná].

- MIRANDA, E. C.; FRAGA, A. B.; JUNIOR, C. R. C.; FILHO, J. T. A., SANTOS, E. L.; LOPES, L. F. **Substituição do farelo de soja por farelo de coco na alimentação do tambaqui**. IN: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 25 a 28 de julho de 2005, Goiânia – GO, 2005.
- MORALES-AIZPURÚA, I. C.; TENUTA-FILHO, A. **Colesterol, 7-cetocolesterol e 25-hidroxicolesterol em maionese**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(3), p. 495-499, jul.-set., 2005.
- MOREIRA, A. B., VISENTAINER, J. V., SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M. **Fatty acids profile and cholesterol contents of three brazilian Brycon freshwater fishes**. Journal of Food Composition Analysis, 14, p. 565-74, 2001.
- MOREIRA, A. B.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V.; MATSUSHITA, M. **Composição de ácidos graxos e teor de lipídeos em cabeças de peixes: Matrinxã (*B. Cephalus*), Piratunga (*B. Microlepis*) e Piracanjuba (*B. Orbignyanus*), criados em diferentes ambientes**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 23(2), p.179-183, maio-ago, 2003.
- MOREIRA, N. X.; CURI, R.; MANCINI FILHO, J. **Ácidos graxos: uma revisão**. Nutrire: São Paulo, SP, v. 24, p. 105-123, dez., 2002.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. 2 ed. rev. Florianópolis: UFSC, 1989.
- MUKHOPADHYAY, N.; RAY, A. **Utilization of copra meal in the formulation of compound diets for rohu *Labeo rohita* fingerlings**. Journal Applied Ichthyol., 15, p. 127- 131, 1999.

- NELSON, J. G. Isolation and purification of lipids from biological matrices. In: PERKINS, E. G. **Analyses of fats, oils and lipoproteins**. Champaign: American Oils Chemists' Society (AOCS), cap. 2, p. 20-59, 1991.
- NETTLETON, J. A.; ALLEN JR., W. H.; KLATT, L. V.; RATNAYAKE, W. M. N.; ACKMAN, R. G. **Nutrients and Chemical Residues in One- to Two-Pound Mississippi Farm-raised Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*)**. Journal of Food Science, 55 (4), p. 954–958, 1990.
- NOVA, C. M. V. M. V.; GODOY, H. T.; ALDRIGUE, M. L. **Composição de ácidos graxos dos lipídeos totais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pargo (*Lutjanus purpureus*)**. In: Congressos Brasileiros de Ciência e Tecnologia de Alimentos, XVII, Fortaleza, 2000.
- NOVA, C. M. V. M. V.; GODOY, H. T.; ALDRIGUE, M. L. **Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídeos totais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pargo (*Lutjanus purpureus*)**. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 25, n.3, Campinas, jul./set., 2005.
- NUNES, E. S. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. **Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.1, p.139-143, jan. 2006.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Varela, v. 1, p. 430, 1999.
- OLIVEIRA, H. C. F.; QUINTÃO, E. C. R. Colesterol na aterogênese. In: QUINTÃO, E. C. R. **Colesterol e aterosclerose**. Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, p. 276, 1992.

- OLIVEIRA, M. A. L.; LAGO, C. L.; TAVARES, M. F. M. **Análise de ácidos graxos por eletroforese capilar utilizando detecção condutométrica sem contato.** Quim. Nova, v. 26, n. 6, p. 821-24, 2003.
- OLIVEIRA, N. M. S.; BRESSAN, M. C.; ANDRADE, P. L.; OLIVEIRA, W. R. M.; VICENTE, E.; NETO, J. V. **Perfil de ácidos graxos em filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos a tratamentos de sanificação.** In: XIX CBCTA, Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Recife, Pernambuco, 2004.
- PADILHA, P. C.; PINHEIRO, R. L. **O Papel dos Alimentos Funcionais na Prevenção e Controle do Câncer de Mama.** Revista Brasileira de Cancerologia; 50(3), p. 251- 60, 2004.
- PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; SILVA, L. P. G.; DOURADO, L. R. B.; BEZERRA, A. P. A. **Valor nutritivo do farelo de coco em dietas para monogástricos.** Revisão. Revista Eletrônica Nutritime, v. 3, n. 1, p.310-317, jan./fev., 2006.
- PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G. Q.; PEZZATO, A. C.; FURUYA, W. M. **Valor nutritivo do farelo de coco para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Acta Scientiarum, Maringá, v. 22, n. 3, p.695-699, 2000.
- PIGOTT, G. M.; TUCKER, B. W. **Seafood: effects of technology on nutrition.** New York: Marcel Dekker, cap. 7, p. 32 - 84, 176 – 205, 1990.
- PINTO, C. S. R. M. **Tanques-rede de pequeno volume instalados em viveiros de piscicultura: uma alternativa para a tilapicultura na região sudeste do Brasil.** São Carlos. 2006. 118p. [Tese de Doutorado – Universidade Federal de São Carlos].

- QUEIROZ, J. F.; LOURENÇO, J. N. P.; KITAMURA, P. C. **A Embrapa e a Aqüicultura. Demandas e prioridades de pesquisa.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 35, 2002.
- RIBEIRO, L. P.; LIMA, L. C.; TURRA, E. M.; QUEIROZ, B. M.; RIBEIRO, T. G.; MIRANDA, M. O. T. Efeito do peso e do operador sobre o rendimento de filé em tilápia vermelha *Oreochromis* spp. In: AQUICULTURA BRASIL' 98, 1998, Recife. **Anais/Proceedings...** Recife: ABRAq, v. 2, p. 773-778, 1998.
- RIBEIRO, P. A. P. **Perfil de ácidos graxos poliinsaturados em filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em diferentes condições de cultivo.** Larvas. 2003. 71p. [Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Larvas].
- RIBEIRO, P. A. P.; BRESSAN, M. C.; LOGATO, P. V. R.; GONÇALVES, A. C. S. **Nutrição lipídica para peixes.** Revista Eletrônica Nutritime, v. 4, n. 2, p. 426-445, Março/Abril, 2007.
- RIBEIRO, R. P., HAYASHI, C., FURUYA, W. M. **Curso de piscicultura - criação** racional de. tilápias. Maringá: FADEC, p. 23, 1995.
- SANT' ANA, L. S. **Mecanismos bioquímicos envolvidos na digestão, absorção e metabolismo dos ácidos graxos ômega.** Revista Brasileira em Promoção da Saúde, ano/vol. 17, nº 004. Universidade de Fortaleza, p. 211-216, 2004.
- SANTOS, A. B.; MELO, J. F. B.; LOPES, P. R. S.; MALGARIM, M. B. **Composição química e rendimento do filé da Traíra (*Hoplias malabaricus*).** Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguaiana, v. 7/8, n. 1, p. 33-39, 2000/01.

- SARRIA, A. L. F.; FERNANDES, J. B.; BOLONHEZE, K. C. S.; CAMARGO, A. C. F.; MESTRINER, C. A. **Quantificação e identificação de ácidos graxos em peixe de água doce.** Anais do congresso de iniciação científica da UFSCar, São Carlos, v. 3, p. 854, 2007.
- SEARCY, R. L.; BERGQUIST, L. M. **A new color reaction for the quantitation of serum cholesterol.** Clin. Chimica Acta., Amsterdam, v. 5, p. 192 - 199, 1960.
- SIMOPOULOS, A. C. **Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development.** Am. J. Clin. Nutr., Bethesda, v. 54, n. 3, p.438-463,1991.
- SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAR, T. A. **Princípios de análise instrumental.** 5<sup>o</sup> Ed., Porto Alegre: Bookman, 2002.
- SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; FARIA, A. C. E. A.; FURUYA, W. M. **Substituição da Proteína do Farelo de Soja pela Proteína do Farelo de Canola em Dietas para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na Fase de Crescimento.** Rev. Bras. Zootec., 30(4), p.1172-1177, 2001.
- SOARES, H. F.; ITO, M. K. **O ácido monoinsaturado do abacate no controle das dislipidemias.** Rev. Ciênc. Méd., Campinas, 9(2), p. 47-51, maio/ago., 2000.
- SOUZA, M. L. R.; BACCARIN, A. E.; VIEGAS, E. M. M.; KRONKA, S. N. **Defumação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) Inteira Eviscerada e Filé: Aspectos Referentes às Características Organolépticas, Composição Centesimal e Perdas Ocorridas no Processamento.** R. Bras. Zootec., v. 33, n.1, p. 27-36, 2004.

- SOUZA, M. L. R.; MARANHÃO, T. C. F. **Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.
- SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; FRANCO, M. R. B.; PRADO, I. N.; VISENTAINER, J. V. **Composição química, perfil de ácidos graxos e quantificação dos ácidos  $\alpha$ -linolênico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico em vísceras de tilápias (*Oreochromis niloticus*).** Acta Sci. Technol., Maringá, v. 27, n. 1, p. 73-76, jan./ june, 2005.
- SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. **Colesterol da mesa ao corpo.** São Paulo: Livraria Varela, 2006.
- SOUZA, S. R.; HAYASHI, C. **Avaliação do farelo de algodão na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.).** Zootecnia Trop., 21(4), p. 383-398, 2003.
- SOUZA, S. R.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; SOARES, C. M.; MEURER, F. **Diferentes fontes protéicas de origem vegetal para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) durante a reversão sexual.** Maringá, v. 26, n. 1, p. 21- 8, 2004.
- SOXHLET, F. **Die gewichtsanalytische bestimmung des milchefettes.** Polytechnisches Journal, v. 232, n. 5, p. 461-465, 1879.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, S. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 2 ed. Auckland: Mc Graw-Hill International, p. 633, 1984.

- STEVANATO, F. B.; PETENUCCI, M. E.; MATSUSHITA, M.; MESOMO, M. C.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. E. L.; ALMEIDA, V. V.; VISENTAINER, J. V. **Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(3), p. 567-571, jul.-set., 2007.
- STOM, A.; JENSEN, R. A. **Mortality from circulatory diseases in Norway 1940-1945.** Lancet, v. 257, p. 126-129, 1951.
- STRYER, L. **Bioquímica.** 3ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. **Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana.** Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 28(1), p. 101 - 110, 2002.
- **Tabela brasileira de composição de alimentos/NEPA-UNICAMP.** Versão II, 2. ed., Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, p. 113, 2006.
- TEITELBAUM, J. E.; WALKER, W. A. **Review: The role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation.** J. Nutr. Biochem., New York, v. 12, p. 21-32, 2001.
- **Tilápia do Nilo.** Disponível em: [www.ittiofauna.org/.../o\\_niloticus02-500.jpg](http://www.ittiofauna.org/.../o_niloticus02-500.jpg). Acessado em: 27/12/2006.
- TORRES, E. A. F. S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M. L.; PHILIPPI, S. T.; RODRIGUES, R. S. M. **Composição centesimal e valor**

- calórico de alimentos de origem animal.** Ciência e tecnologia de alimentos, Campinas, v. 20, n. 2, p.145 - 150, 2000.
- VANNUCCINI, S. **El enfoque del nuevo mercado de tilapia; en el mundo Occidental.** Panorama Acuícola, v. 4, n.3, p. 22-25, 1999.
  - VISENTAINER, J. V.; GOMES, S. T. M.; HAYASHI, C.; SANTOS-JÚNIOR, O. O.; SILVA, A. B. M.; JUSTI, K. C.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. **Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 23(3), p. 478-484, set.-dez., 2003.
  - VISENTAINER, J. V.; SALDANHA, T.; BRAGAGNOLO, N.; FRANCO, M. R. B. **Relação entre teores de colesterol em filés de tilápias e níveis de óleo de linhaça na ração.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(2), p. 310-314, abr.-jun. 2005.
  - WAITZBERG, D. L.; BORGES, V. C. Gorduras. In: WAITZBERG, D. L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica.** 3º ed., São Paulo: Editora Atheneu, 2006.
  - WEBSTER, C. D.; LIM, C. E. **Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture.** v. 9, n. 4 / July, 2001.
  - WILSON, R. P. Lipid Nutrition of Finfish. In: LIM, C.; SESSA, D. J. **Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture.** USA: AOCS PRESS, 1995.
  - WILSON, R. P. **State of art of warmwater fish nutrition.** In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1., 1998, Recife. Anais... Recife: SIMBRAQ, p. 375-380, 1998.