

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia de Alimentos

Efeito da Utilização do Destilado da Desodorização do
Óleo de Soja e do Óleo de Palma Bruto sobre o
Crescimento e Composição Corporal do Tambaqui
Parecer (Colossoma macropomum).

Elisabete Maria Macedo Viegas

Prof. Dr. Emílio S. Contreras Guzmán

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas
para a obtenção do título de
Doutor em Tecnologia de Alimentos

Campinas - SP
1993

Banca Examinadora

Emílio S.

Prof. Dr. Emílio S. Contreras Guzmán
Orientador

Débora

Profa. Dra. Débora de Queiroz Tavares
Membro

Newton

Prof. Dr. Newton Castagnolli
Membro

Luiz Edivaldo

Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato
Membro

Daniel

Prof. Dr. Daniel Barrera Arellano
Membro

Flávia Maria Netto

Profa. Dra. Flávia Maria Netto
Membro

Pedro Eduardo de Felicio

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felicio
Membro

Campinas, 10 Dezembro de 1993

Aos meus filhos
Renato e Otávio
com amor
e com meu reconhecimento por sua colaboração
com os potinhos numerados

Agradecimentos

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

Ao Prof. Dr. Emilio S. Contreras Guzmán, pela orientação segura, amizade e pelo espírito aberto a procura de novos conhecimentos.

A FAEP - Fundação de Apoio ao Ensino e Pesquisa - da UNICAMP, pelo apoio financeiro concedido.

A Instituição CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao CEPTA - Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura, IBAMA, Pirassununga-SP, pelo fornecimento dos alevinos de tambaqui.

A Supremais - Produtos Bioquímicos Ltda., Valinhos - SP, na pessoa do Dr. José Eduardo Butolo, pela doação do premix mineral e vitamínico.

Ao Prof. Dr. Daniel Barrera Arelano e aos técnicos do Laboratório de Óleos e Gorduras da FEA-UNICAMP, pelo apoio nas análises de ácidos graxos.

A Prof. Dra. Helena Teixeira de Godoy, do Depto. de Ciência dos Alimentos, FEA-UNICAMP, pelo auxílio na determinação de carotenóides.

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, UNESP, campus de Jaboticabal, pelas sugestões e contribuição na análise estatística.

Ao amigo Silnei Nunes Martins, pela valiosa participação durante a realização deste trabalho.

Aos biólogos Judite e Fernando Guimarães, pela inestimável colaboração na coleta de dados e auxílio nas análises laboratoriais.

A ABIA - Associação Brasileira de Industrias de Alimentos - pelo fornecimento das cópias do "boneco" desta tese.

A minha mãe, irmãos e cunhados pelo constante incentivo.

A Myriam, Lúcia e Tereza pelo apoio e definitiva amizade conquistada ao longo do curso.

Ao Caco devo uma homenagem especial. Sua colaboração , dedicação, carinho e compreensão foram essenciais na execução deste trabalho. Com amor, Bete.

SUMÁRIO

Página

Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras	x
Resumo.....	xi
Summary	xiii
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura.....	5
2.1. Destilado da Desodorização do Óleo de Soja	5
2.2. Óleo de Palma.....	9
2.3. Considerações sobre o Tambaqui	16
2.4. Aspectos Nutricionais em Cultivo de Peixes.....	20
2.5. Lipídios e Ácidos Graxos Essenciais	24
2.5.1. Composição química e ocorrência dos lipídios em peixes	24
2.5.2. Necessidades de ácidos graxos pelos peixes.....	28
2.5.3. Efeitos dos lipídios em dietas de peixes	36
2.5.4. Níveis de lipídios na dieta e requerimentos de tocoferol.....	44
3. Materiais e Métodos	49
3.1. Materiais	49
3.1.1. Matérias Primas	49
3.1.2. Premixes Mineral e Vitamínico.....	49
3.1.3. Dietas Experimentais	50
3.1.4. Animais Experimentais	51
3.2. Métodos.....	51
3.2.1. Composição Centesimal	51
3.2.2. Determinações Químicas e de qualidade do Óleo de Palma e DDOS51	51
3.2.3. Composição de Ácidos Graxos por Cromatografia Gasosa	52
3.2.4. Determinação de Tocoferóis Totais.....	53
3.2.5. Determinação de Carotenóides.....	53
3.2.6. Formulação e Análises das Dietas Experimentais.....	53
3.2.7. Peixes e Condições Experimentais	56
3.2.8. Delineamento Experimental	60
3.2.9. Avaliação Sensorial.....	60
4. Resultados e Discussão	62
4.1. Monitoramento da água dos tanques experimentais	62
4.2. Determinações químicas e índices de qualidade do Destilado da Desodorização do Óleo de Soja e do Óleo de Palma.....	63
4.3. Conteúdo de Carotenóides e Tocoferóis Totais no Óleo de Palma, DDOS e Dietas Experimentais	64
4.4. Composição de Ácidos Graxos nas Dietas Experimentais , DDOS, e Óleo de Palma.....	66
4.5. Composição de Ácidos Graxos dos Peixes Antes e Após o Tratamento com as Diferentes Dietas.....	68

4.6 - Composição centesimal dos peixes antes e após o experimento de alimentação ...	89
4.7 - Desempenho de produção do tambaqui durante o período experimental ...	92
4.8 - Avaliação Sensorial.....	100
5 - Conclusões.....	104
6 - Referências Bibliográficas.....	106
7 - Apêndice.....	127

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 - Composição do Destilado da Desodorização do Óleo de Soja (%) .	6
Tabela 2 - Composição de Ácidos Graxos do DDOS	7
Tabela 3 - Composição de Ácidos Graxos do Óleo de Palma Bruto	14
Tabela 4 . Composição dos premixes mineral e vitamínico	50
Tabela 5 - Composição Centesimal dos Ingredientes das Rações	54
Tabela 6 - Composição das Dietas Experimentais	55
Tabela 7 - Composição Centesimal das Dietas Experimentais	56
Tabela 8 - Temperatura, teor de cloro ativo e pH da água dos tanques experimentais	62
Tabela 9 - Principais características químicas do DDOS e do Óleo de Palma Bruto	63
Tabela 10-Valores Médios de Carotenóides, Valor de Vitamina A (+), Tocoferóis Totais, das Dietas, do Óleo de Palma e DDOS	64
Tabela 11 - Composição em ácidos graxos das dietas experimentais, DDOS e óleo de palma	66
Tabela 12 - Composição percentual dos ácidos graxos dos lipídios totais do filé antes e após o experimento biológico	69
Tabela 13 - Composição porcentual dos ácidos graxos dos lipídios totais do peixe inteiro antes e após o experimento biológico	71
Tabela 14 - Totais de ácidos graxos saturados, mono e poliinsaturados nas dietas e peixes	75
Tabela 15 _ Valores médios, desvio padrão (d.p.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de correlação (r) de alguns ácidos graxos individuais das dietas, filés e lipídios do corpo do tambaqui, no final do ensaio biológico	82

Tabela 16 - Porcentagem de S+M e relação S/I das dietas, filé e peixe inteiro.	85
Tabela 17 - Composição centesimal do filé de tambaqui no início e no final do período experimental	89
Tabela 18 - Composição centesimal do corpo inteiro do tambaqui no início e no final do período experimental	91
Tabela 19 - Desempenho de produção do tambaqui após 147 dias de experimento	93
Tabela 20 - Valores médios de ganho em peso acumulado dos peixes, observados a cada 21 dias do período experimental. Valores de F e coeficientes de variação para o parâmetro avaliado.....	96
Tabela 21 - Valores médios de taxa de eficiência proteica (TEP) e eficiência de retenção de Nitrogênio (ERN), dos tambaquis . Valores de F e coeficientes de variação para os parâmetros avaliados.....	98
Tabela 22 - Médias dos parâmetros de sabor e cor atribuídas aos filés de tambaqui e valores de F da análise de variância.....	101

Lista de Figuras

Página

Figura 1- Esquema da montagem dos tanques de cultivo	58
Figura 2 - Principais ácidos graxos das dietas experimentais.....	67
Figura 3 - Porcentagem de C16:0 nas dietas, filé e peixe inteiro	72
Figura 4 - Porcentagem de C18:0 nas dietas, filé e peixe inteiro	73
Figura 5 - Porcentagem de C18:1 nas dietas, filé e peixe inteiro	76
Figura 6 - Porcentagem de C18:2 nas dietas, filé e peixe inteiro	78
Figura 7 - Porcentagem de C18:3 nas dietas, filé e peixe inteiro	78
Figura 8 - Relação entre ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados nas dietas, filé e peixe inteiro.	80
Figura 9 - Representação gráfica comparativa da porcentagem de S+M e da relação S/I dos ácidos graxos totais das dietas, filé e peixe inteiro.....	86
Figura 10 - Ganho de peso médio dos peixes em cada período de 21 dias	97

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) e do óleo de palma bruto (OP) sobre o crescimento e composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum*.

Foram formuladas 6 dietas isoproteicas e isocalóricas, variando-se as relações de DDOS : OP, respectivamente nas seguintes proporções: 6:0; 4:2; 3:3; 2:4 e 0:6. Com a finalidade de comparação foram testadas também uma dieta com 6% de óleo de milho e uma ração comercial. O teste biológico foi realizado com alevinos de tambaqui pesando em média 14g e 6 meses de idade, aproximadamente. Os peixes foram distribuídos em 21 tanques de cimento com capacidade de 150 litros e alimentados durante 21 semanas. O delineamento experimental aplicado foi o Inteiramente Casualizado com 7 tratamentos e 3 repetições, com 12 peixes em cada tanque. No início e no final do experimento, foram realizadas análises de composição centesimal e de ácidos graxos, na porção muscular (filé) e no peixe inteiro.

As dietas contendo níveis acima de 3% de óleo de palma promoveram melhores ganho em peso e comprimento; no entanto, nenhuma das dietas teve efeito significativo sobre a Conversão Alimentar e a Taxa de Crescimento Específico. O óleo de palma melhorou a Taxa de Eficiência Proteica e a Eficiência de Retenção de Nitrogênio nos peixes.

A concentração dos ácidos graxos C16:1 (ácido palmitoleico), C18:1 (ácido oleico) e C16:0 (ácido palmítico), depositados nos peixes tiveram uma alta correlação com os teores destes ácidos graxos presentes nas dietas. A porcentagem de ácidos graxos saturados no filé e no peixe inteiro revela um valor constante ao redor de 37%, sugerindo que este valor seja necessário para esta espécie de clima tropical.

As relações S+M (AG Saturados + AG Monoinsaturados) e S/I (AG Saturados / AG Insaturados), existentes nas dietas, no filé e no peixe inteiro, sugerem que o crescimento do tambaqui é influenciado positivamente por níveis altos de S+M e S/I que existem nas dietas com maiores teores de óleo de palma.

A adição destes lípidios nas dietas, não influenciou nos atributos de cor e sabor dos músculos dos peixes.

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o óleo de palma bruto, contém ácidos graxos, (como o palmítico e o oleico) e outros nutrientes (carotenóides) que favorecem o crescimento do tambaqui. No entanto, o DDOS, rico em tocoferóis e ácidos graxos insaturados, mostrou-se menos eficiente que o óleo de palma e que o óleo de milho.

Summary

The objective of this work was to evaluate the effects of adding Deodorization Distillate of Soybean Oil (DDSO) and Palm Oil (PO) on growth and body composition of Tambaqui, *Colossoma macropomum*.

Six isoproteic and isocaloric diets were formulated varying the DDSO and PO rates, in the following proportions: 6:0; 4:2; 3:3; 2:4 and 0:6. For comparison a diet with 6% of Corn Oil and a commercial feed for tropical fishes were also tested. The biological essay was carried out with tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings with an average body weight of 14g with approximately 6 months of age. The fishes were distributed in 21 cement tanks with 150 liters of capacity each and fed during 21 weeks. The experimental design adopted was completely at random with 7 treatments and three replicates, with 12 fishes in each tank. At the beginning and at the end of the test, proximate composition and fatty acids analysis were carried out in the fillet and whole fish.

Diets with PO levels greater than 3% enhanced weight gain and growth in length, but none of them had a significant effect on feed conversion rate and specific growth rate. The PO was efficient to improve the protein efficiency ratio and the nitrogen efficiency retention, also.

The fatty acids C16:1, C18:1 and C16:0 concentration deposited in fishes body presented a high correlation with these fatty acids levels found in the diets. The saturated fatty acids percentage in the fillet and whole fish showed a constant value, near 37%, suggesting this value could attend the requirements of this tropical fish species.

The ratio S+M (Saturated and Monounsaturated Fatty Acids) and S/U (Saturated and Unsaturated Fatty Acids) present in diets, fillet and whole fish, suggests that tambaqui growth is influenced by high S+M and S/U levels that exist in diets with higher PO levels.

The adding these lipids in the diets had no influence on fish muscle color and flavor attributes

Results obtained in this work allows the conclusion that the crude Palm Oil has fatty acids (C16:0 and C18:1) and other nutrients (carotenoids) that help the tambaqui growth, but the DDSO, high in tocopherols and unsaturated fatty acids showed less efficiency than the PO and the Corn Oil.

1. Introdução

As nações em desenvolvimento, tem dirigido sua atenção na busca de fontes de alimentos que sejam ao mesmo tempo econômicas e de alto valor nutritivo, como uma forma de resolver seus problemas básicos de alimentação. O Brasil é um país de contrastes, pois, embora seja considerado uma nação rica em recursos naturais e potencialmente auto-suficiente na produção de alimentos, mais da metade de sua população é subnutrida. O que ocorre, na verdade, é que são adotadas técnicas altamente sofisticadas para o cultivo da terra, com a finalidade de exportar os alimentos produzidos para países mais industrializados. Portanto, houve um decréscimo de produção de alimentos comuns, de baixo custo para as populações mais carentes (ARAÚJO, 1988).

Na perspectiva de mudança deste quadro mundial e brasileiro, entidades afins tem, nas últimas décadas, interessado-se pelo aproveitamento integral dos potenciais hídricos, visando uma exploração racional dos recursos marinhos e de águas interiores.

Estima-se que no Brasil, o setor pesqueiro contribua com 20% da produção de alimentos de origem animal e gera aproximadamente 800.000 empregos (SUDEPE, 1988). A produção brasileira de pescado diminuiu nos últimos anos; de 970.000 toneladas em 1985, para 798.638 toneladas em 1989 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1991).

O consumo de pescados, no Brasil é muito baixo, cerca de 15g/pessoa/dia (KAYAMA, 1986) quando comparado ao de outros países, como o Japão e a Dinamarca, por exemplo, onde o consumo atinge 96g/pessoa/dia e 81g/pessoa/dia, respectivamente. Os fatores responsáveis por tão baixo consumo são vários e complexos, destacando-se, a baixa produção, preços competitivos e a falta de confiança do consumidor, quanto à qualidade do pescado disponível. Além disso, os produtos marinhos de melhor qualidade são

processados para a exportação, geralmente congelados. (FIGUEIREDO, 1987)

A expansão e o desenvolvimento da piscicultura de águas interiores no Brasil, com avanços promissores na última década, quando notou-se um grande interesse do setor privado pela Aqüicultura, permite-nos inferir que a médio prazo a produção de pescados poderá aumentar sua contribuição de proteína animal, na alimentação humana.

Avanços significativos tem sido realizados no campo da reprodução artificial de espécies nativas, de peixes de qualidade e boa aceitação por parte da população. Estes avanços somados aos conhecimentos da biologia e manejo das espécies em questão, induzem outras áreas do conhecimento, entre elas a nutrição animal, a se aperfeiçoarem e buscarem novas soluções que atendam à produção intensiva de peixes.

A opinião geral dos especialistas que praticam o cultivo intensivo de animais, é de que a alimentação é um fator que contribui com 50% ou mais do custo de produção, o mesmo ocorrendo em relação à piscicultura.

Nos países industrializados, a nutrição de peixes é uma ciência dinâmica em busca constante de novos ingredientes que possam compor a dieta, a fim de descobrir possíveis efeitos sinérgicos de vários elementos no crescimento ou na reprodução. Em contraste com as dietas destinadas a outros animais domésticos, as rações para peixes, não são tão precisamente balanceadas, levando-se em conta as suas exigências nutricionais. Elas não são formuladas com base na verdadeira biodisponibilidade dos ingredientes no alimento. Por conseguinte existe perda de nutrientes devido a generosa margem de segurança usada pelos produtores de rações (CHO et alii, 1985).

No Brasil, embora a nutrição de peixes tenha evoluído razoavelmente nas últimas décadas, muito pouco tem sido realizado com respeito ao desenvolvimento de novas técnicas de processamento

e formulação de rações com ingredientes de baixo custo e alto valor biológico (CASTAGNOLLI, 1979).

A maioria das pesquisas relativas à nutrição de peixes nativos ou exóticos, tem objetivado a determinação de suas exigências nutricionais por macro nutrientes (proteína e energia), (PEREIRA FILHO et alii, 1978; MACEDO et alii, 1981; CARNEIRO et alii, 1984a,b) ou a substituição de fontes de proteína animal por vegetal (CANTELMO & SOUZA, 1986; CYRINO et alii, 1986).

Em qualquer formulação de rações, o nutricionista se depara com inúmeros produtos e subprodutos agro-industriais que podem ser incorporados nesta ou naquela dieta para animais, tendo em vista um maior desempenho de produção. A industrialização dos produtos agrícolas tem gerado quantidades crescentes de subprodutos, que, *in natura*, ou após algum processamento, poderão contribuir com parcela expressiva na alimentação de animais ruminantes ou monogástricos. Entre esses subprodutos podem ser incluídos cascas e polpas oriundas da indústria de sucos; tortas proteicas e resíduos da extração e refino dos óleos vegetais; farinhas, farelos, grãos quebrados, sabugos e cascas do beneficiamento do café, trigo, milho, coco, mandioca, etc. Ainda, subprodutos de frigoríficos e laticínios, tais como farinhas de vísceras, carne, ossos, sangue, penas e soros de leite e queijo (ARAÚJO e JUNQUEIRA, 1987).

O aproveitamento de resíduos ou subprodutos agro-industriais, em alimentação de peixes, deve ser cuidadosa e criteriosamente examinado, por meio de constantes pesquisas de composição de nutrientes, controle de qualidade e sua avaliação biológica.

Uma matéria-prima não utilizada no Brasil até hoje, na nutrição animal, é um subproduto da indústria do refino de óleos vegetais, designado por Destilado da Desodorização do Óleo de Soja (DDOS), no qual os tocoferóis (Vitamina E) perfazem em torno de 8,5%, do peso total deste resíduo (AUGUSTO, 1988). Além disso, o subproduto pode ser usado como anti-oxidante de farinha de peixe, já testado por DIAZ (1987). Supõe-se que o DDOS possa também ser

útil na nutrição de peixes reprodutores pelo seu elevado teor de esteróis, além de fonte de ácidos graxos.

Outra matéria prima de baixo custo, que pode ser utilizada pelas indústrias de rações é o óleo de palma bruto (dendê), pois além dos seus componentes energéticos, apresenta alto conteúdo de β -caroteno (55-62% do total de carotenóides) e valores médios em torno de 85mg/kg de α -tocoferol (PADLEY, 1986).

OBJETIVOS:

GERAL - Avaliar os efeitos da adição do óleo de palma bruto e do DDOS em dietas para o Tambaqui (*Colossoma macropomum*).

ESPECÍFICOS:

-Caracterizar quimicamente e determinar a composição em ácidos graxos do subproduto do refino de óleo de soja (DDOS), e do óleo de palma bruto.

- Testar os efeitos do subproduto DDOS e do óleo de palma no crescimento, na composição centesimal e na deposição de ácidos graxos musculares do Tambaqui. Determinar os níveis adequados destes ingredientes que maximizam o crescimento dos peixes.

- Verificar a influência destes ingredientes na qualidade sensorial da carne, avaliada por testes de cor e sabor.

2. Revisão da Literatura

2.1. Destilado da Desodorização do Óleo de Soja

Para que se possa transformar óleos brutos em óleos comestíveis, os mesmos devem passar por um conjunto de processos chamado refinação. O óleo bruto de soja contém várias substâncias que precisam ser removidas para dar origem ao óleo refinado, com odor suave e de cor clara. (WOERFEL, 1981).

O processo de refino químico do óleo de soja envolve 4 etapas distintas: degomagem, neutralização, branqueamento (ou clarificação) e desodorização (ROHR, 1973).

Durante a etapa de degomagem, o óleo bruto de soja é hidratado (1 a 3% de água), aquecido a 60-70°C e agitado por 20 a 30 minutos. O precipitado formado é removido por centrifugação, e contém fosfolípidios, proteínas e substâncias coloidais indesejáveis no óleo refinado. Na neutralização dos óleos vegetais, eliminam-se os ácidos graxos livres e outros materiais, através de um tratamento a quente com NaOH, e uma posterior separação por centrifugação dos sabões formados. Nesta etapa, obtém-se o óleo neutro e a borra (sabões). Após a separação da borra, o óleo é lavado com água quente, para remoção dos traços de sabão, e secado à vácuo, para eliminar completamente a umidade presente (WEISS, 1980).

O processo de branqueamento tem por objetivo principal remover os pigmentos existentes no óleo, embora alguns compostos que conferem cor, também sejam removidos em outros processos da refinação. Esta etapa, é realizada, misturando-se um adsorvente (geralmente argila ativada) com o óleo a ser tratado, e em seguida filtração para a remoção do adsorvente com os pigmentos. Normalmente o processo é realizado à vácuo, para se evitar a oxidação do óleo (WEISS, 1980).

A desodorização de óleos comestíveis, é um processo que remove substâncias voláteis que conferem odor e sabor indesejáveis ao óleo. Este procedimento é geralmente conduzido em uma corrente

de vapor, sob vácuo e temperaturas elevadas. As principais substâncias removidas nesta etapa, são hidrocarbonetos, tocoferóis, esteróis, ácidos graxos e glicerídeos (HASSAN EL-MALLAH et alii, 1990). Outras substâncias podem também estar presentes no destilado, tais como "flavors", resultantes do superaquecimento durante a trituração das sementes, traços de solvente e peróxidos formados por oxidação do óleo durante o processamento.

A desodorização melhora o "flavor" do óleo e a estabilidade oxidativa por remoção quase completa dos ácidos graxos livres e outros materiais odoríferos e gustativos voláteis. O tratamento térmico que é uma parte necessária no processo de desodorização também "clarifica" o óleo por destruição dos carotenóides que são instáveis à temperatura da desodorização (até 270°C). A desodorização com vapor é possível porque os compostos do "flavor" e odor que são removidos, tem maior volatibilidade do que os triglicerídeos (DUDROW, 1983).

A Tabela 1 apresenta a composição do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS), de acordo com vários autores.

Tabela 1 - Composição do Destilado da Desodorização do Óleo de Soja (%)				
Compostos	CONTRERAS e BARATTA (1984)	NELSON e MILLUN (1968)	WOERFEL (1981)	AUGUSTO (1988)
Ác. Graxos Tot.	62,1	-	-	65,50
Ác. Graxos Liv.	36,0	-	39,7	37,09
Esteróis Totais	17,1	22,0	18,6	17,05
Tocoferóis Totais	8,7	12,3	12,4	8,50
α	1,1	1,5	2,3	1,4
$\beta + \gamma$	5,2	7,7	7,7	-
δ	2,4	3,0	2,5	-
Hidrocarbonetos	4,1	-	-	4,4
Triglicerídeos	4,0	-	-	-

Na Tabela 2 , estão representados os principais ácidos graxos do DDOS, segundo AUGUSTO, 1988.

Tabela 2 - Composição de Ácidos Graxos do DDOS

Ácido Graxo	DDOS(%)	AGT(%)	AGL(%)
C10 Caprílico	tr	-	0.28
C12 Láurico	1.10	3.38	1.78
C14 Mirístico	tr	0.78	5.58
C16 Palmítico	23.11	19.39	25.60
C16:1 Palmitoléico	-	0.39	0.64
C18 Esteárico	3.59	4.82	9.36
C18:1 Oléico	19.52	21.95	24.48
C18:2 Linoléico	48.51	40.23	20.00
C18:3 Linolênico	3.88	-	tr
C20 Araquídico	tr	tr	2.40

AGT = Ácidos Graxos Totais

AGL = Ácidos Graxos Livres

Tr = Traços

Devido ao fato de que os destilados da desodorização de óleos vegetais contém substâncias valiosas, vários estudos tem sido sugeridos e realizados na tentativa de recuperação destes compostos. Assim, HASSAN EL-MALLAH et alii (1990) estudaram a validade de recuperação de tocoferóis do destilado da desodorização do óleo de soja, os quais podem ser usados como antioxidantes naturais, em alimentos. Usando dois métodos espectrofotométricos e dois métodos cromatográficos (coluna e TLC), os autores encontraram uma concentração de tocoferóis de 2% por peso do destilado original e de 24,5% por peso da matéria insaponificável.

Não só para a recuperação de tocoferóis , o destilado da desodorização vem sendo usado. WATSON e MEIERHOEFER (1976) enumeram ainda, produção de ácidos graxos, "well drilling" e como suplemento alimentar para animais. Em Israel este resíduo é usado como aditivo alimentar em rações para aves (SHEABAR e NEEMAN, 1987).

É comum em outros países, a adição em rações animais , de ácidos graxos livres e triglicerídeos (borra acidulada), provenientes da etapa de neutralização de óleos e gorduras, como fonte de energia barata. Como os produtos oferecidos no mercado, variam muito, e nem sempre correspondem ao esperado, existe o compromisso de estabelecer critérios de qualidade com ajuda de métodos analíticos adequados (SAGREDOS e REMSE, 1983).

HONG (1983), em seu trabalho de avaliar criticamente a qualidade dos subprodutos da refinação do óleo de palma e outros óleos, relata que embora não fosse comum a adição de gordura em alimentos animais antes de 1954, hoje ela é um componente essencial como fonte de energia, e atuam como carregadores e protetores de diversas vitaminas lipossolúveis. Contudo, antes que possam ser usadas em alimentos para animais, elas tem que competir com uma fonte de energia não lipídica, mais barata tal como o milho. Como resultado, algumas gorduras de baixa qualidade tem sido utilizadas na indústria de alimentos para animais, tal como o sebo. HONG (1983), sugere o uso de destilado de ácidos graxos do óleo de palma e o óleo ácido de palma, embora possa haver alguns problemas inerentes associados a estes produtos, como por exemplo os resíduos de ácido sulfúrico e seus produtos de reação (sulfatos e sulfonados), que diminuem a palatabilidade para a maioria dos animais. Entretanto a palatabilidade pode ser melhorada através da mistura destes resíduos com outras gorduras. A presença de pesticidas no destilado de ácidos graxos, pode também restringir seu uso.

No Brasil algumas pesquisas foram realizadas utilizando o Destilado da Desodorização do Óleo de Soja (DDOS). DIAZ (1987), testando este resíduo como antioxidante da farinha de peixe, em substituição aos produtos sintéticos comumente usados em ingredientes e rações animais, observou que o nível de apenas 1% de adição foi suficiente em retardar a oxidação por um período de 150 dias de estocagem, contra 45 dias sem aditivos.

AUGUSTO, 1988, desenvolveu técnicas de purificação dos tocoferóis existentes no DDOS, por eliminação de ácidos graxos livres e ácidos graxos esterificados.

2.2. Óleo de Palma

A palmeira *Elaeis guineensis* é a fonte de dois óleos comestíveis importantes, designados por óleo de palma- "palm oil" e óleo da semente da palma- "palm kern oil", que no Brasil é conhecido como palmiste.

O óleo de palma é obtido da extração da parte mais externa do fruto, a polpa ou mesocarpo fibroso. A semente do fruto está inclusa em uma dura casca que a separa da polpa externa. É desta semente que se extrai o óleo da semente da palma (WEISS, 1983 e CORNELIUS, 1977). Estes dois óleos são diferentes na sua composição : o óleo de palma é formado por 45% de ácido palmítico e 55% de uma mistura de ácidos graxos com 18 carbonos, e o óleo da semente da palma tem mais de 50% de ácido láurico, semelhante ao óleo de coco; ao passo que o óleo de palma apresenta somente 0,1% de ácido láurico (FORMO, 1979).

O óleo de palma bruto, extraído do mesocarpo do fruto por pressão, tem uma forte cor laranja devido à presença de pigmentos de caroteno (0,05 - 0,20%) e é semi-sólido à temperatura ambiente. Esta coloração acentuada do óleo de palma bruto foi um dos fatores que dificultou durante muito tempo o seu uso como óleo comestível. Os indígenas utilizavam-se deste óleo como medicamento para a pele, ou como produto de beleza. Posteriormente iniciou-se o seu uso como matéria prima para produção de sabões (ROHR, 1973). Após longo estudo, em seguida à Segunda Guerra Mundial, processamentos simples (como o tratamento térmico e filtração com terra clarificante para branqueá-lo) produziram um óleo de qualidade comestível (ROHR, 1973).

O óleo de palma processado, foi primeiramente consumido em países tropicais nas áreas de produção, expandindo-se depois à

Europa e mais recentemente aos Estados Unidos da América (WEISS, 1983).

Ocupando atualmente a segunda posição na produção mundial de óleos e gorduras, o óleo de palma, atingiu 11,9 milhões de toneladas em 1992. Estima-se que no ano 2000 a produção global de óleo de palma alcance 18 milhões de ton./ano (JALANI & KIFLI, 1993), sendo que a Malásia, será responsável por 10 milhões de ton/ano (TAN, 1989).

O óleo de palma bruto ainda hoje é consumido largamente em locais específicos, como a Nigéria, onde o consumo atinge 45 kg/"per capita"/ano. Ele é usado em sopas, em frituras e para a preparação de costeletas ("chop"), quando o óleo de palma é incorporado à galinha curada e arroz. Também é comumente usado em iluminação, nas áreas produtoras da África Ocidental (CORNELIUS, 1977). No Brasil, a população do Estado da Bahia usa o óleo de palma não refinado, para cozinhar, quase que da mesma forma que os africanos (BERGER, 1987). Em alguns países da América do Sul como a Colômbia, Venezuela e Equador, o óleo de palma transformou-se no principal óleo vegetal consumido pela população (MATIAS, 1989).

Para aumentar o valor doméstico e encontrar novos mercados para seu óleo, alguns países produtores de óleo de palma, Malásia em particular, processam o óleo antes de exporta-lo aos países consumidores. Como consequência, cerca de 50% do óleo de palma exportado no mundo, é comercializado como óleo de palma parcial ou totalmente processado, ou suas frações, oleína e estearina. O óleo de palma é semi-sólido à 20°C, e a oleína e a estearina são respectivamente líquido e sólido a esta temperatura (KHEIRI, 1987).

O óleo refinado, o hidrogenado, as frações estearina e oleína tem várias aplicações na indústria alimentícias, tais como: "shortening", preparo de margarina, gordura para frituras, sorvete, produtos de padaria e confeitaria, sopas secas e misturas em pó (KHEIRI, 1987; CORNELIUS, 1977; BERGER, 1987; WEISS, 1983). O uso de óleo de palma em vários produtos, dependerá mais de seu

custo e disponibilidade em relação a outros óleos, do que de seus atributos específicos (WEISS, 1983).

No futuro, parece bastante provável que as aplicações em alimentos humanos, continuarão a absorver a maioria do óleo de palma produzido. Contudo, o potencial de utilização do óleo de palma na indústria não alimentícia é variado e com tendência a crescer, com a expansão da demanda mundial. Na indústria de plásticos, pode ser usado como estabilizador ("plasticiser") de PVC (BERGER, 1987). Mas é principalmente como um substituto do sebo bovino não comestível, que os subprodutos do óleo de palma encontram seu uso industrial (VRIES, 1987).

Os seguintes subprodutos resultam do fracionamento da refinação do óleo de palma bruto:

Estearina bruta de palma - é a fração sólida do óleo de palma, obtida por filtração ou centrifugação, após a cristalização do óleo à temperatura controlada.

Destilado de ácidos graxos de palma ou destilado da desodorização:- é obtido como um subproduto da refinação física do óleo de palma.

Óleo ácido de palma:- é um termo geral para um subproduto obtido da refinação alcalina dos óleos. Durante a refinação alcalina, ácidos graxos livres são neutralizados com álcali e a borra, contendo algum óleo neutro, é separada. A acidificação da borra dá o óleo ácido. Os principais componentes do óleo ácido são ácidos graxos livres, óleo neutro e umidade.

A estearina da palma é o material preferido pois como todos os triglicerídeos, produz glicerina no processamento, e custa aproximadamente 90% do preço do óleo de palma bruto, enquanto o destilado de ácidos graxos e óleo ácido de palma custam 75% (VRIES, 1987).

Os ácidos graxos são usados no processamento da borracha, como lubrificantes e aceleradores, e ácido esteárico na produção de velas. Óleo de palma refinado é comumente usado na formulação de cosméticos, cremes farmacêuticos e pomadas. Este óleo ainda é insubstituível, na siderurgia, na produção de folhas de flandres e um dia provavelmente será usado como combustível substituindo o diesel nos motores à explosão (BERGER, 1987; ROHR, 1973; VRIES, 1987).

O destilado de ácidos graxos, obtido na refinação física do óleo de palma, contém tocoferóis numa concentração de 0,5- 0,9% que podem ser recuperados e purificados após a transformação do destilado em ésteres metílicos (VRIES, 1987). De acordo com TAN (1989), o potencial de recuperação de vitamina E, a partir do destilado de ácidos graxos da palma é de 26.000 toneladas/ano e de 9.800 toneladas/ano de carotenóides, a partir do óleo de palma bruto.

Parece não ser muito comum a utilização do óleo de palma e seus subprodutos na alimentação animal. São poucos os estudos referentes a esse assunto, encontrados na literatura e pelo que se pode perceber, bastante regionalizados, limitando-se quase que exclusivamente aos países produtores. Na Malásia, óleo bruto de palma e seus principais subprodutos da refinação, oleina e estearina, são frequentemente usados em rações de aves e porcos, como fonte de energia suplementar, como substituto de gorduras animais importadas como o sebo e a banha bastante caros. A presença de grandes quantidades de ácido linoleico (até 10%) no óleo de palma, torna-o apropriado para porcos e aves, pois ele é essencial para o crescimento (HUTAGALUNG, 1987).

Pesquisa realizada na Nigéria, demonstrou que a suplementação de óleo de palma, em dietas para poedeiras, aos níveis de 5-7,5 % por 8 meses, melhorou a eficiência alimentar e a fertilidade destas aves, indicando o efeito favorável de energia e ácidos graxos essenciais do óleo de palma (OLUYEMI & OKUNUGA 1975).

Estudos tem demonstrado que a adição de gorduras ou óleos na dieta, melhora a eficiência de utilização de energia em 10 a 15% em frangos de corte. Estearina e oleína de palma são tão efetivos quanto o óleo de palma, mas a extensão de seu uso está condicionada ao preço (HUTAGALUNG, 1987).

Em um recente estudo, WISEMAN & SALVADOR (1991), realizaram um experimento para testar a influencia dos ácidos graxos livres sobre o valor nutritivo das gorduras, fornecidos a frangos de corte, com 1,5 e 7,5 semanas de idade. Três tipos de gordura foram testadas: sebo bovino, óleo de palma e óleo de soja, misturadas aos seus respectivos óleos ácidos. Os autores observaram que o grau de saturação, teve um efeito pronunciado sobre a Energia Metabolizável Aparente das gorduras, decrescendo na seguinte ordem: óleo de soja, sebo e óleo de palma. Esta diminuição foi linear ao aumento do conteúdo de ácidos graxos livres e mais pronunciada com as aves mais jovens. Parece, portanto, que o conteúdo de ácidos graxos livres das gorduras da dieta, mais do que a própria gordura em si, sofreram interações com os componentes não lipídicos da dieta, diminuindo seu valor energético.

A composição do óleo de palma bruto é bastante variável quanto aos teores de ácidos graxos, carotenóides, tocoferóis, esteróis e outras características, em função de alguns fatores como clima, região geográfica, espécie, cachos, tipos e grau de maturação dos frutos (FORMO et alii, 1979; NG et alii, 1976; CORNELIUS, 1977; TRUJILLO-QUIJANO et alii, 1990, MACLELLAN, 1983).

Encontra-se na literatura, inúmeras pesquisas visando determinar a composição do óleo de palma bruto, pois embora ele não seja usado como tal na maioria da vezes, estes dados são importantes para o processo de refinação e fracionamento do óleo. Na tabela 3 são apresentados os principais ácidos graxos do óleo de palma bruto, segundo três autores.

Tabela 3 - Composição de Ácidos Graxos do Óleo Palma Bruto

Ácidos Graxos (%)	CORNELLIUS (1977)		NG (1976) WEISS (1980)	
	<i>E. guineensis</i>	<i>E. Oleifera</i>	-	-
C12:0	-	0,05	-	0,1
C14:0	2,5	0,3	0,5	1,2
C16:0	40,8	25,0	53,8	46,8
C16:1	-	1,4	-	-
C18:0	3,6	1,2	2,9	3,8
C18:1	45,2	68,6	37,7	37,6
C18:2	7,9	2,1	5,2	10,0
C18:3	-	0,9	-	-
C20:0	-	0,1	-	0,2

Embora os valores da Tabela 3, apresentem variações, dependendo de cada autor, algumas tendências se confirmam, tais como teores elevados de ácido palmítico (até 53,8%), de ácido oleico (até 68,6%), teores relativos de ácido linoléico (até 10%) e muito pequenos de linolênico (0,9%). É interessante notar que a composição em ácidos graxos muda substancialmente com a origem botânica do óleo; 40,8% e 25,0% de ácido palmítico para *E. guineensis* (Malásia) e *E. oleifera*, respectivamente. A relação se inverte com os teores de ácido oleico, 68,6% para a *E. oleifera* e 45,2% para a *E. guineensis*.

O óleo de palma contém cerca de 0,2 a 1% por peso, de matéria insaponificável, a qual inclui entre 0,03 a 0,15% de pigmentos carotenóides, 0,003 a 0,11% de tocoferóis, 0,03 a 0,10% de esteróis, 0,05 a 0,10% de fosfatídeos e cerca de 0,08% de alcoóis totais (CORNELIUS, 1977).

Embora o óleo de palma apresente um numero elevado de tipos de carotenóides (11 a 12), os que se apresentam em maior quantidade são os α e β carotenos (TAN et alii, 1986; TRUJILLO-QUIJANO et alii, 1989). Dependendo da idade e origem do óleo, uma média de 550ppm de α e β caroteno no óleo bruto, pode ser esperada (TAN , 1989).

Algumas características importantes dos carotenóides do óleo de palma são citadas por TAN (1989):

- O óleo de palma contém as mais altas concentrações conhecidas de carotenóides "agro-derivados",
- Os pigmentos preponderantes do óleo de palma são o α e o β carotenos.
- Isômeros *cis* de carotenóides são identificados em menor quantidade no óleo de palma. Geralmente, carotenóides *cis* tem pouca ou nenhuma atividade de vitamina A.
- O óleo de palma tem a mais alta atividade de vitamina A derivada de carotenóides, devido primariamente ao β caroteno e secundariamente ao α caroteno.

Em óleos de palma de diversas variedades de *E. guineensis*, cultivados no Brasil, foram encontrados os seguintes valores de carotenóides totais: variedade *dura dumpy*: 1120,7 $\mu\text{g/g}$; variedade *psifera*: 283,2 $\mu\text{g/g}$; variedade *tenera*: 660,5 $\mu\text{g/g}$ e na espécie *E. oleifera* 1576,8 $\mu\text{g/g}$ (TRUJILLO-QUIJANO et alii, 1990).

Tanto os carotenóides como os tocoferóis, podem ser classificados como aditivos de alimentos. Os tocoferóis, principalmente o α e o γ , possuem grande poder de proteger os ácidos graxos insaturados contra a rancidez oxidativa. Os carotenos tem ação de sinergismo com os tocoferóis como agentes antioxidantes (TANGO et alii, 1981). Carotenóides são os mais importantes corantes de alimentos, para as cores amarelo e vermelho, sendo também aplicados na pigmentação animal (aves e

peixes) e usados para aumentar a fertilidade de bovinos e suínos (TAN, 1989).

2.3. Considerações sobre o Tambaqui

O tambaqui é um peixe que pertence à ordem Characiformes, subordem Characoidei, família Serrasalminae, subfamília Myleinae, genero *Colossoma* e espécie *Colossoma macropomum*. Foi classificado por CUVIER, 1818 (GONZALES & HEREDIA, 1984; MACHADO-ALLISON, 1983).

O tambaqui é o segundo maior peixe da Bacia Amazonica podendo alcançar até 1m de comprimento total e 30kg de peso (GOULDING & CARVALHO, 1982). Esta espécie se espalha pelas Bacias do Orinoco e do Rio Solimões-Amazonas. Em cada país recebe nomes comuns diferentes, sendo *tambaqui* no Brasil, *cachama* na Venezuela, *gamitama* no Peru e *cachama negra* na Colômbia (SAINT-PAUL, 1986).

Quanto ao hábito alimentar o tambaqui foi classificado como onívoro, com variações periódicas na sua alimentação: frutos terrestres na época das cheias dos rios e microcrustáceos planctônicos, no período da vazante (HONDA, 1974). Este peixe dispõe de um aparelho filtrador muito eficiente, com grandes e numerosos rastros branquiais, além de dentes molares muito fortes nos maxilares superior e inferior, com os quais pode triturar as sementes duras que ingere (TREJO e MARTINEZ, 1985).

Uma característica interessante desta espécie é a sua capacidade de tolerar habitats com muito pouco oxigênio dissolvido, podendo sobreviver por horas em águas contendo menos do que 0,5mg O₂/l fazendo uso de um sistema respiratório de emergência. Em tais situações, o lábio inferior desenvolve uma projeção reversível que ajuda o peixe a usar a água da camada da tensão superficial, rica em oxigênio, em sua respiração (SAINT-PAUL, 1986).

A nadadeira dorsal do tambaqui é óssea, e contém pequenos raios. Os peixes adultos possuem coloração cinza ou negro no dorso, derivando gradualmente até o branco no ventre, e frequentemente apresentam uma mancha negra na região das nadadeiras anal e caudal (LOVSHIN *et alii*, 1974).

Tambaquis jovens ou pré adultos, são peixes de forma ovoidal a romboidal, mas durante o desenvolvimento à adultos, gradualmente tornam-se mais alongados (GOULDING & CARVALHO, 1982). O tambaqui apresenta valores sempre inferiores a três, para a relação CS/H (comprimento padrão/altura), o que demonstra sua aptidão para peixe "tipo carne" (WOYNAROVICH, 1988).

O macho do tambaqui chega à maturidade sexual aos 2 - 3 anos e a fêmea aos 3 - 4 anos de idade (ENGLE & STONE, 1985), com um peso compreendido entre 2,5 e 3,5 kg (TREJO & MARTINEZ, 1985).

Como todos os peixes do genero *Colossoma*, o tambaqui não se reproduz em águas paradas, necessitando realizar migrações contra a correnteza dos rios, para que seja estimulado seu sistema endócrino e conseqüentemente maturação de seus gametas. A esta migração, dá-se o nome de **piracema** e a desova ocorre em zonas inundadas durante o período das cheias dos rios, época das chuvas, de outubro a novembro.

Com a expansão da Piscicultura em diversos países Latino - Americanos, nas duas últimas décadas, observou-se um grande interesse pelo cultivo das espécies autóctones. Sendo o tambaqui uma espécie de excelente potencial para a Piscicultura intensiva, e pelo fato de ser um peixe reofílico surgiu a necessidade de desenvolver métodos de reprodução através da indução hormonal (hipofização). Assim, vários estudos vem sendo conduzidos com o gênero *Colossoma*, visando sua reprodução em cativeiro como os de TREJO & MARTINEZ (1985) na Venezuela; CASTAGNOLLI & DONALDSON (1981) no Brasil; BOCANEGRA (1988) no Peru e MALCA (1988) no Panamá. Atualmente, a prática da hipofização do tambaqui, no Brasil, está quase que completamente dominada, sendo inclusive

praticada por produtores rurais, com resultados bastante satisfatórios.

Os primeiros ensaios de cultivo com o *Collossoma macropomum*, foram realizados com alevinos coletados nos rios e lagos da Bacia Amazônica, e criados em tanques de terra (LOVSHIN et alii, 1974), ou em aquários (WERDER & SAINT-PAUL, 1978), nos quais procurava-se observar seu crescimento, conversão alimentar e sobrevivência. Os resultados destes experimentos iniciais, já demonstravam o potencial desta espécie para a aquicultura intensiva, como seu rápido crescimento, aceitação de alimentos peletizados e a rusticidade ao manejo.

Posteriormente, foram realizados experimentos com o objetivo de determinar a exigência proteica e a sua digestibilidade, sendo os alevinos provenientes de uma reprodução induzida, realizada pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS-Ceará) (MACEDO et alii, 1981 e CARNEIRO, 1981).

O efeito de diferentes taxas de alimentação diária e níveis de proteína dietária, sobre o crescimento do tambaqui, criados em "gaiolas" flutuantes foram investigados por MEROLA e CANTELMO (1987). Os autores observaram neste estudo, que os níveis de proteína bruta (30, 35 e 40%) não tiveram efeitos significativos sobre o crescimento ou conversão alimentar. Tampouco tiveram efeitos significativos, as diferentes taxas de alimentação diárias testadas (2, 3, 4, e 5% do peso corporal).

Outro estudo com peixes cultivados em "gaiolas" flutuantes foi realizado por MEROLA & SOUZA (1988), no qual os tambaquis foram estocados a 2 densidades- 100 e 150 peixes/m³, durante 222 dias. Nos 150 dias iniciais do experimento, os alevinos foram alimentados com uma ração que continha 40% de proteína bruta e nos 72 dias restantes, com 30% de proteína bruta. A taxa de crescimento específico foi praticamente igual (1,43 e 1,42%) para as duas densidades de estocagem, assim como o ganho médio de peso diário (1,07 e 1,03%). A conversão alimentar, embora melhor (1,90) para a densidade de 100 peixes/m³, não foi estatisticamente

diferente da densidade de 150 peixes/m³ (2,17). Os autores concluem que é possível e até preferível estocar alevinos de tambaqui, a uma maior densidade, visto que o rendimento líquido foi melhor (210,80kg) do que à densidade menor (153,40kg).

As primeiras avaliações econômicas de experimentos de cultivo intensivo do tambaqui, foram realizadas por Da SILVA et alii (1984 a, b). Nestes estudos, determinou-se que o lucro máximo é obtido no décimo-quarto mês de cultivo, quando os peixes introduzidos nos viveiros atingem 16 meses de idade.

A revisão publicada por SAINT-PAUL (1986), apresenta resultados de mono e policultivo com o tambaqui, obtidas por vários autores. Nota-se pelas tabelas do trabalho, uma característica importante deste peixe, que é o rápido crescimento, constatada pela maioria das pesquisas realizadas no Brasil ou em outros países da América Latina. De uma maneira geral, o peixe ganha 1kg ou mais de peso, no prazo de 1 ano.

Poucos estudos foram encontrados na literatura sobre a composição corporal dos peixes brasileiros de água doce, especialmente do tambaqui. CASTELO et alii (1980), visando o aproveitamento da gordura cavitária do tambaqui (que no adulto chega a 10% de seu peso), efetuaram um estudo de caracterização desta gordura, inclusive com determinações de ácidos graxos musculares e da gordura cavitária. Segundo os autores, a espécie pode ser considerada como gorda se for levado em conta a gordura cavitária, porém, quando se verifica a gordura muscular, pode-se dizer que é uma espécie magra. Esta particularidade especial do tambaqui, é que lhe assegura uma grande aceitação pelos consumidores. Os principais ácidos graxos encontrados, foram o palmítico, o oleico e o esteárico, tanto na gordura cavitária como na muscular, porém esta última apresentou ácidos graxos de maior comprimento de cadeia (C20:1; C20:2; C20:3 e C20:4).

MARX & MAIA (1985) analisaram 3 peixes da Bacia Amazonica, tambaqui (*Colossoma macropomum*), pirarucu (*Arapaima gigas*) e cuiu-cuiu (*Oxidoras niger*), quanto ao teor de vitaminas

lipossolúveis, A, D e E, através de HPLC. Foi demonstrado que o fígado destes peixes tem quantidades consideráveis destas vitaminas, quando comparadas com os valores padrões do óleo de fígado de bacalhau. O óleo do fígado de tambaqui, apresentou elevada concentração de vitamina A₁ (2850 µg/g) e vitamina A₂-dehidroretinol (4900 µg/g). Os teores das vitaminas D e E do óleo do fígado do tambaqui também foram elevados, 403 µg/g e 2300 µg/g, respectivamente.

2.4. Aspectos Nutricionais em Cultivo de Peixes

O desenvolvimento da Aquicultura, seja em regime de alimentação semi-intensivo ou intensivo, necessita primeiramente de uma básica compreensão da nutrição e exigências nutricionais do animal. Muitas informações disponíveis sobre os nutrientes requeridos pelas inúmeras espécies de peixes e camarões são originadas de testes nutricionais de laboratório, onde os animais são conservados em ambiente controlado, normalmente a alta densidade e não tendo acesso a nenhum tipo de alimento natural (TACON, 1987a).

Os peixes exigem essencialmente os mesmos nutrientes que os animais terrestres para realizarem suas funções metabólicas. No entanto existem algumas diferenças: a) os requerimentos de energia são menores em peixes do que em outros animais de cultivo; b) os peixes necessitam de alguns lipídios que os animais homotérmicos não necessitam, tais como os ácidos graxos da série ω3 em algumas espécies e esteróis para crustáceos; c) os peixes tem capacidade de absorver minerais solúveis na água, o que diminuí a necessidade de alguns minerais na dieta; d) os peixes tem habilidade limitada de sintetizar o ácido ascórbico e portanto precisam recebê-lo através da dieta (LOVELL, 1986).

Qualitativamente, os requerimentos nutricionais dos peixes e camarões não variam muito entre as espécies, com exceção na exigência de ácidos graxos essenciais ou de esteróis, e na habilidade de assimilar carboidratos. Essas diferenças estão, de

modo geral relacionadas com o hábito alimentar e o habitat do peixe; ou seja, de origem marinha ou de água doce, de águas frias ou quentes, etc (LOVELL, 1979).

As exigências proteicas dos peixes situam-se na ampla faixa de 24 a 57% da dieta, incluindo-se neste nível mais alto os salmonídeos juvenis. Essa grande variação em exigência proteica é determinada por vários fatores como a espécie, hábito alimentar, tamanho, idade, densidade de estocagem, temperatura da água, valor biológico da fonte proteica e o nível energético da ração (GARLING & WILSON, 1976; HALVER, 1976; HASTING, 1976, NRC, 1983). Ainda, alguns peixes usam preferencialmente a proteína sobre os carboidratos, como fonte de energia (COWEY, apud TACON, 1987a)

Os peixes apresentam menores exigências energéticas do que mamíferos e aves, porque eles não tem que manter constante a temperatura corporal; eles dispendem relativamente menos energia para manter sua posição e movimentação na água, e porque eles excretam a maior parte de seus resíduos nitrogenados como amônia ao invés de uréia ou ácido úrico (NRC, 1983). Mas como outros animais, os peixes alimentam-se primariamente para satisfazer seus requerimentos de energia. Dentro de certos limites, os peixes são capazes de compensar uma baixa densidade de energia de um alimento, comendo mais deste alimento (CHO et alii, 1985).

O fornecimento de uma dieta energeticamente bem balanceada é muito importante, porque o excesso ou deficiência de energia não proteica (lipídios e carboidratos), pode resultar em menor crescimento do peixe. Se a dieta for deficiente em energia não proteica, a proteína será usada mais como fonte energética do que como fonte de aminoácidos para a síntese de proteínas. Por outro lado, com um excesso de energia não proteica, o apetite do peixe pode ser satisfeito, antes que uma quantidade suficiente de proteína (e outros nutrientes) seja ingerida e proporcione taxas máximas de síntese proteica e crescimento (CHO et alii, 1985). Quantidades excessivas de energia na dieta podem também permitir o depósito de gordura corporal, o que é indesejável, pois reduz o

rendimento de carcaça e encurta a vida de prateleira do peixe congelado. (NRC, 1983).

Foi da constatação dos fatos expostos acima que surgiu o conceito "relação proteína / energia da dieta", o qual tem sido objeto de estudo em numerosas espécies de peixes. Os resultados obtidos nem sempre são conclusivos, e as vezes, nem sequer comparáveis para uma mesma espécie. As causas destas discrepâncias se encontram não somente nas diferenças lógicas do desenho experimental (temperatura da água, tamanho dos animais, taxa de alimentação, etc), mas também com frequência, observa-se que as dietas teste não são isoprotéicas, diferem quanto ao balanceamento de aminoácidos e a utilização de diferentes valores de energia digestível para os macronutrientes (HIGUERA & GARDENETE, 1987).

O valor calórico dos principais grupos de nutrientes dos alimentos foi estabelecido há muitos anos: 5,65kcal/g para as proteínas; 9,45kcal/g para as gorduras e 4,0kcal/g para os carboidratos. No entanto, no processo da digestão, absorção e metabolismo celular, o aproveitamento da energia não é total, pois a fração não digerida, contém energia que não é utilizada e é eliminada com a excreta dos animais. A porção digerível dos alimentos fornecerá a energia digestível, que poderá ser totalmente absorvida ou em parte eliminada com as fezes, juntamente com os nutrientes que não foram absorvidos. A porção de energia efetivamente absorvida e que entra no metabolismo intermediário ou celular é a energia metabólica (SGARBIERI, 1987).

O cálculo do valor energético de uma dieta é normalmente feito a partir da energia metabolizável dos diferentes nutrientes, considerando-se as concentrações relativas destes nutrientes. Para humanos e vários animais de criação a energia metabólica dos diferentes nutrientes já está bem estabelecida e é de conhecimento geral. Para peixes, no entanto, muitas são as dificuldades para se determinar a energia metabolizável dos nutrientes, devido ao fato de seu meio ambiente ser a água. Segundo CASTAGNOLLI (1979), existem poucos dados a respeito da energia metabolizável dos alimentos para peixes. Nos mamíferos e aves, os resíduos

metabólicos dos alimentos ingeridos, são excretados pelos rins, e no caso dos peixes, a maior parte destes resíduos é eliminada pelas brânquias, portanto para se calcular a energia metabolizável devem ser coletados dados quantitativos de excreção branquial, renal e fecal. Tais procedimentos necessitariam do confinamento dos peixes em câmaras metabólicas, e ainda assim, haveria muita dificuldade em se coletar simultaneamente as excreções fecais, renais e branquiais (NRC, 1983).

Em vista das dificuldades na determinação da energia metabolizável dos nutrientes em peixes, a energia da dieta é comumente calculada como energia digestível, levando-se em consideração os valores médios de digestibilidade de cada nutriente. Para os salmonídeos, já foram estimados os valores de digestibilidade para os macro nutrientes : proteína 90%; gorduras 85% e carboidratos 40%. (CASTAGNOLLI, 1979). A partir destes valores pode-se calcular a energia digestível:-

- Proteína: $(5,65 - 1,3) \times 0,9 = 3,9 \text{ kcal/g}$ de energia digestível, onde 1,3 representa 20% da energia metabolizável devido ao incremento calórico necessário para o catabolismo da proteína.
- Gordura: $(9,45 \times 0,85) = 8 \text{ kcal/g}$ de energia digestível, e
- Carboidratos: $(4,0 \times 0,4) = 1,6 \text{ kcal/g}$ de energia digestível, pois é baixa a digestibilidade dos carboidratos para os salmonídeos. Para o bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), a digestibilidade dos carboidratos é um pouco maior, cerca de 60%, o que faz elevar a energia digestível deste nutriente para 2,4 kcal/g. (NRC, 1983). Este valor é comumente usado no cálculo de energia digestível em dietas de outras espécies que não sejam salmonídeos.

Os salmonídeos são atualmente as espécies mais bem estudadas quanto ao aspecto nutricional, estando já estabelecidas suas exigências por proteínas(aminoácidos essenciais), lipídios,(ácidos

graxos essenciais), vitaminas, sais minerais e digestibilidade de carboidratos. No Brasil e demais países da América Latina, o cultivo de espécies nativas é realizado ainda em sistemas extensivo e semi-intensivo, o que talvez tenha provocado um certo atraso no desenvolvimento da área de nutrição de organismos aquáticos. Acredita-se que, o aumento do cultivo intensivo de peixes, exigirá estudos mais específicos dos requerimentos nutricionais das espécies autóctones, o que levará a formulações de rações mais adequadas.

2.5. Lipídios e Ácidos Graxos Essenciais

2.5.1. Composição química e ocorrência dos lipídios em peixes

Embora algumas referências sejam feitas aos peixes marinhos nesta revisão da literatura, procurou-se concentrar as informações em torno dos peixes de água doce, pelo fato de ser , o objeto deste estudo um peixe pertencente a esta categoria.

O teor de lipídios totais e a composição em ácidos graxos em peixes é muito variável, devido a diferenças entre as espécies e, dentro de uma determinada espécie, devido a temperatura , dieta, tamanho, estágio de desenvolvimento, sexo ou diferentes estações. (JUAREZ, 1985; DEGANI *et alii*, 1986 e GALLAGHER *et alii*, 1989). Além destes fatores, a distribuição anatômica dos lipídios nos peixes não é uniforme (HENDERSON & TOCHER, 1987). Em truta de lago (*Salvelinus namaycush*) e salmão do Atlântico (*Salmo salar*), as regiões ventrais anteriores, contém maior teor de lipídios do que as regiões dorsais posteriores. (KINSELLA *et alii*, 1977). Ainda , segundo STANSBY (1982), na maioria dos casos, o conteúdo de óleo do músculo escuro, é mais alto (em alguns casos, dez vezes ou mais) do que o músculo claro.

O conteúdo de lipídios no músculo dos peixes pode variar de valores mínimos de cerca de 0,3% até valores máximos próximos de 90% (STANSBY, 1982). Este mesmo autor propõe um sistema de classificação de composição muscular baseado em uma consideração arbitrária de teores de óleo e proteína. São 5 as categorias

propostas: A= óleo < 5% e proteína 15-20%; B= óleo 5-15% e proteína 15-20%; C= óleo > 15% e proteína < 15% ; D= óleo < 5% e proteína > 20% e E= óleo < 5% e proteína < 15%. A carpa, peixe de água doce tropical, estaria segundo esta classificação na categoria A, embora dependendo da estação e do local de captura poderia cair na categoria B.

Alguns peixes de água doce do Brasil, foram estudados quanto à sua composição corporal. CAMARGO et alii (1973) determinaram algumas características físicas e químicas dos extratos etéreos, e determinaram os teores médios de gordura das seguintes espécies: piava, dourado, mandiuva, curimatá e piapara, como sendo: 11,22%, 6,49%, 14,88%, 2,79%, e 6,18% respectivamente. MAIA et alii (1983) analisando a composição centesimal do curimatá (*Prochilodus scrofa*) de diversas procedências e tamanho encontraram valores médios de lipídios musculares de 2,3%, dentro de uma amplitude de 0,7 a 4,0%. MAIA & RODRIGUEZ-AMAYA (1984), em estudo sobre a composição em ácidos graxos de vários peixes de água doce comercializados em Manaus, reportam os seguintes valores médios de lipídios: para o pacu - 8,97%, pirarucu- 0,63%, curimatá - 4,08%, tambaqui - 10,64% e tucunaré- 0,72%. O teor de gordura muscular obtido por estes autores para o tambaqui, é bastante elevado, quando comparado àqueles obtidos por CASTELO et alii (1980), ou seja, valores médios de 3,6%. ROCHA et alii (1982), obtiveram 6,9% de lipídios musculares no tambaqui, valor este, também acima daquele encontrado por CASTELO et alii (1980) e abaixo dos citados por MAIA e RODRIGUES-AMAYA (1984).

Estudando a composição em nutrientes e caracterização das proteínas do filé de pacu (*Colossoma mitrei*), de duas procedências, Estação de Piscicultura e frigoríficos comerciais, MACHADO (1989) obteve valores médios de lipídios ao redor de 17% (16,6 a 18,2%) não registrando variações importantes relacionadas à procedência do peixe.

Segundo STANSBY (1982), na maioria dos casos, os lipídios dos peixes são compostos principalmente de triglicerídeos, que são a principal fonte de ácidos graxos em óleos marinhos. Em menor

proporção, mas também presente em todos os lipídios de peixes, está a classe dos fosfolipídios. Éteres do glicerol e ésteres de cera também podem ocorrer em algumas espécies. Outras substâncias presentes ou que estão associadas aos lipídios de peixes são os hidrocarbonetos, esteróis, vitaminas e pigmentos.

De acordo com STANSBY(1982), os lipídios de peixes diferem de outros óleos por conter:

1) Maior variedade de ácidos graxos do que outros óleos ou gorduras, e

2) Uma quantidade consideravelmente maior de ácidos graxos

- com comprimento de cadeia de 20 ou 22 carbonos
- do tipo altamente poliinsaturado (5 e 6 duplas ligações)
- do tipo ω 3 de cadeia longa de carbono.

A partir da década de 70, os lipídios de peixes começaram a despertar maior interesse, principalmente pelos seus aparentes efeitos benéficos na prevenção das doenças cardíacas (HEPBURN et alii, 1986; GALLAGHER et alii, 1989; HEARN et alii, 1987; KINSELLA, 1988; ROCH et alii, 1988; KAYAMA, 1986; BELL et alii, 1991 e KELLY, 1991). Tal fato veio contribuir significativamente ao esclarecimento da composição em ácidos graxos em inúmeras espécies de peixes marinhos como também aos de água doce.

Em sua extensa revisão sobre a composição e bioquímica dos lipídios de peixes de água doce, HENDERSON & TOCHER (1987), afirmam que a composição em ácidos graxos dos lipídios totais dos peixes, é influenciada pelas classes de seus lipídios constituintes. Tecidos ricos em lipídios provavelmente terão como principal componente, os triglicerídeos, enquanto que os fosfolipídios geralmente predominam naqueles onde o conteúdo de lipídios é baixo. Ainda, segundo os autores, flutuações sazonais no conteúdo de ácidos graxos são observadas em muitos peixes de

água doce, especialmente aqueles de águas temperadas, portanto a temperatura da água também influi na composição dos lipídios. Estes fatos foram confirmados mais recentemente no bagre de canal "catfish" (*Ictalurus punctatus*) por BLY et alii (1986), na perca (*Perca fluviatilis*), no "vendace" (*Coregonus albula*) e truta arco-iris (*Salmo gairdneri*) por AGREN et alii (1987), no "striped bass" (*Morone saxatilis*) por GALLAGHER et alii (1989) e em duas espécies de trutas (*Salvelinus namayacush namayacush* e *Salvelinus namayacush siscowet*) por WANG et alii (1990).

Embora a temperatura e as estações do ano sejam fatores de variabilidade na composição de ácidos graxos dos lipídios de peixes, o fator mais importante desta variação é a dieta do peixe. Sabe-se há muito tempo que a composição dos ácidos graxos nos tecidos dos peixes é notavelmente influenciada pelos padrões de ácidos graxos de seus lipídios dietários, cuja disponibilidade e ocorrência de qualquer forma estão relacionados aos fatores acima citados. (HENDERSON & TOCHER, 1987; GRUGER, 1967 e STANSBY, 1982).

Ácidos graxos saturados, segundo HENDERSON & TOCHER (1987), podem variar de 9 a 36% dos ácidos graxos nos lipídios totais dos peixes de água doce de águas temperadas, e em peixes tropicais pode alcançar até 45%, no peixe conhecido como "green snake head", *Ophiocephalus punctatus* (NAIR & GOPAKUMAR, 1978). Dentre os saturados, o palmítico (C16:0) predomina em todos os peixes estudados, seguidos pelo esteárico (C18:0) e mirístico (C14:0) (GRUGER et alii, 1960; NAIR & GOPAKUMAR, 1978; KINSELLA et alii, 1977; AGREN et alii, 1987; HEARN et alii, 1987; WANG et alii, 1990; AGREN et alii, 1991).

O conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados pode variar de 15,3% no fígado da perca a cerca de 51% no músculo da enguia, predominando o oleico (C18:1), seguido pelo palmitoleico (C16:1). O principal ácido diinsaturado encontrado nos tecidos de peixes de água doce, capturado na natureza é o linoleico, C18:2 ω 6 (HENDERSON & TOCHER, 1987).

Considerando os ácidos graxos que apresentam 2 ou mais duplas ligações como poliinsaturados, pode-se observar que as principais variações entre os peixes de água doce, ocorrem em função de sua origem: águas temperadas ou tropicais. Estudos de NAIR & GOPAKUMAR (1978), efetuado em 15 espécies de peixes de águas tropicais, sendo 6 de água doce, e de WANG et alii, (1990), realizado com 8 espécies de águas doce temperadas do Lago Superior (Minnesota, EUA), evidenciam bem estas diferenças. O total de ácidos graxos poliinsaturados no 1º estudo, variou de 21,87% a 32,05% do total de ácidos graxos, sendo os mais importantes, o linoleico (C18:2) e o araquidônico (C20:4). O ácido eicosapentaenóico (C22:5) é relativamente alto em apenas 1 espécie (5,06%) e o docosaheptaenóico (C22:6) em 2 espécies (6,72 e 7,99%). No segundo estudo, o total de ácidos graxos poliinsaturados variou de 34,8% a 54,7% do total de ácidos graxos. O poliinsaturado encontrado em maior proporção foi o linolênico (C18:3) em 6 das 8 espécies estudadas, seguido pelo linoleico (C18:2). Os teores de C20:4 não são significativos quando comparados aos dos peixes tropicais: todos os valores encontrados estão abaixo de 3% nos peixes de águas temperadas. Entre os ácidos graxos altamente insaturados observam-se peixes com até 11,4% de C22:6, valor consideravelmente elevado para peixes de água doce. Os autores (WANG et alii, 1990), afirmam que o ambiente muito mais frio do Lago Superior (< 4°C) pode ter produzido um maior grau de poliinsaturação nestes peixes, ao contrário do que ocorre com peixes de águas tropicais.

HENDERSON & TOCHER (1987), salientam que a taxa de ácidos graxos poliinsaturados $\omega 3/\omega 6$ nos lipídios totais de peixes de água doce está na faixa de 0,5 a 3,8 e a de peixes marinhos, entre 4,7 e 14,4.

2.5.2. *Necessidades de ácidos graxos pelos peixes*

Os lipídios da dieta desempenham papel importante nos processos de produção de energia e como fonte de ácidos graxos que são essenciais para o crescimento normal e sobrevivência dos peixes. Além destas funções primordiais, os lipídios dietários

fornecem o veículo para a absorção das vitaminas lipossolúveis e proporcionam outros compostos, tais como esteróis, essenciais às dietas de crustáceos. Fosfolípidios e ésteres de esterois têm um papel vital na estrutura das membranas biológicas tanto ao nível celular como sub celular. Os lípidios são também importantes nas propriedades de "flavor" e textura dos alimentos consumidos pelos peixes de águas tropicais, assim como propriedades semelhantes no próprio peixe como alimento. (NRC, 1983).

Os aspectos nutricionais dos ácidos graxos essenciais nos peixes tem sido mais intensivamente estudados nos últimos 20 anos, após os primeiros trabalhos desenvolvidos por KELLY *et alii* (1958); BRENNER *et alii* (1963) e REISER *et alii* (1963).

Em vista da inabilidade dos animais em sintetizar *de novo* ácidos graxos polinsaturados (famílias $\omega 3$ e $\omega 6$) e pelo fato deles serem requeridos para seu crescimento e desenvolvimento normais, eles precisam ser supridos pela dieta. Para os animais terrestres, os ácidos graxos da família linoleica ($\omega 6$) tem sido demonstrados como sendo altamente essenciais, e os da família linolênica ($\omega 3$), tendo atividade de ácido graxo essencial somente parcial (TACON, 1987a).

Em peixes, a exigência por ácidos graxos polinsaturados da família $\omega 3$ é comum à maioria das espécies estudadas, ao passo que o grau de exigência pelos da família $\omega 6$, não está muito esclarecida ainda (HENDERSON & TOCHER, 1987). Acredita-se que a exigência preferencial dos peixes por ácidos graxos da família $\omega 3$, sobre a $\omega 6$, esteja relacionada à baixa temperatura do ambiente aquático. Os ácidos graxos da família $\omega 3$ permitiriam maior grau de insaturação que é necessário à fluidez, flexibilidade e permeabilidade da membrana fosfolipídica a baixas temperaturas. (NRC, 1983).

Diversas explicações tem sido relatadas com respeito à fluidez da membrana fosfolipídica e a presença de ácidos graxos polinsaturados. Segundo COWEY & SARGENT (1977), a fluidez das membranas permite movimentos de moléculas proteicas de enzimas

relacionadas às suas múltiplas funções. A fluidez das membranas dependem, em grande parte, do grau de insaturação dos ácidos graxos esterificados nos lipídios polares, embora outras moléculas, particularmente o colesterol, possam afetar o tecido por "solidificação" das membranas. Os peixes se encontram em ambientes, onde temperaturas relativamente baixas e constantes prevalecem. Às baixas temperaturas, a necessidade de manutenção da fluidez da membrana é maior do que em temperaturas mais elevadas e pode ser melhor alcançada aumentando o grau de insaturação dos ácidos graxos. Especula-se que a predominância dos ácidos graxos $\omega 3$ sobre $\omega 6$ em ambientes marinhos resultou em resposta ao duplo requerimento, da estrutura da membrana, acoplada com baixa temperatura funcional.

BELL et alii (1986), ponderam que a fluidez da membrana e insaturação dos ácidos graxos não podem ser assumidas de uma maneira tão simples e direta, como frequentemente ocorre. A fluidez da membrana depende de vários outros fatores, incluindo os conteúdos de colesterol e proteína, e a composição dos fosfolipídios. O colesterol tem um efeito de condensação sobre os fosfoglicerídeos que são acilados na posição sn-1 por um ácido graxo saturado e na sn-2 por um ácido graxo insaturado, por exemplo a fosfatidilcolina 16:0/18:2. Este efeito está ausente quando os dois ácidos graxos são insaturados.

BROWN & ROSE (apud KAYAMA, 1986), explicam que as enzimas catalizadoras da dessaturação de ácidos graxos de cadeia longa, necessitam de maiores teores de O_2 , e portanto são favorecidas em temperaturas mais baixas, na qual o O_2 é mais solúvel.

A grande maioria das pesquisas relacionadas às exigências de ácidos graxos pelos peixes está concentrada nos salmonídeos, principalmente na truta arco-íris (*Salmo gairdneri*), cuja necessidade de ácidos graxos da família linolênica ($\omega 3$) foi confirmada por vários autores (CASTELL et alii 1972a,b; YU et alii 1976; WATANABE et alii 1974; CASTLEDINE & BUCKLEY, 1980).

Os primeiros trabalhos de grande importância sobre a essencialidade de ácidos graxos em peixes, foram aqueles realizados por CASTELL et alii (1972a,b) com a truta arco-íris. Os peixes alimentados com dietas sem lipídios ou baixo teor de ácidos graxos da família $\omega 3$ (inferiores a 0,5% de linolênico), apresentavam os piores ganhos de peso e conversão alimentar quando comparados aos grupos cujas dietas continham o ácido linolênico. Foram observadas ainda algumas patologias causadas pela ausência deste ácido graxo: erosão na nadadeira caudal, profunda miocardite (degeneração e subsequente hipertrofia), e a síndrome do "desmaio ou choque"- o peixe frente a um estresse ou estímulo, produz um rápido movimento de natação e em seguida a perda da consciência. Ainda, análises dos ácidos graxos dos tecidos, destes grupos de trutas, mostraram que tanto em peixes que não receberam gordura na dieta, como aqueles que receberam ácido oleico como única fonte de gordura, o principal ácido graxo de cadeia longa era o ácido eicosatrienóico (C20:3 $\omega 9$). Os grupos que receberam ácido linoleico na dieta tinham relativamente grandes quantidades de C20:4 $\omega 6$ e C22:5 $\omega 6$ em seus tecidos, ao passo que as trutas que receberam ácido linolênico, apresentavam grandes quantidades de C22:6 $\omega 3$ em seus tecidos. Estes resultados demonstram a essencialidade do ácido linolênico (ou ácidos $\omega 3$) para a truta. Os autores concluíram que a necessidade de ácido linolênico pela truta é de 1% da dieta, ou aproximadamente 2,7% das calorias da dieta.

Os resultados dos trabalhos desenvolvidos por CASTELL e seus colaboradores, foram amplamente confirmados por WATANABE et alii (1974), porém, ratificando a necessidade de linolênico entre os níveis de 0,8 a 1,6% da dieta.

OWEN et alii, (1975), demonstraram que em truta arco-íris o C18:3 $\omega 3$ com carbono marcado [C^{14}], era facilmente convertido a ácidos graxos altamente insaturados e cerca de 70% da radioatividade estava presente no ácido docosahexaenóico (C22:6 $\omega 3$), ao passo que o "turbot" (peixe plano parecido com o linguado) converteu somente pequenas quantidades (3-15%) de ácidos graxos

marcados em ácidos graxos com maior comprimento de cadeia e alta insaturação.

WATANABE & TAKEUCHI (1976) compararam o efeito da adição de óleo de soja, óleo de milho e óleo de fígado de "pollock" em dietas de truta arco-íris, sobre a taxa de crescimento deste peixe. O óleo de fígado de "pollock" apresentou valor alimentar superior sobre o crescimento dos peixes. Os ácidos graxos altamente insaturados da família $\omega 3$ presente neste óleo tiveram maior eficiência em promover o crescimento do que o ácido linolênico ($C18:3\omega 3$). Em um trabalho subsequente, TAKEUCHI & WATANABE (1976), conduziram experimentos para comparar os efeitos de ácidos graxos altamente insaturados, com o ácido linolênico, sobre o crescimento e composição de ácidos graxos na truta arco-íris. Eles observaram que ácidos graxos com maior comprimento de cadeia e maior insaturação, como os ácidos $C20:5\omega 3$ e $C22:6\omega 3$ tem maior atividade de ácido graxo essencial do que o ácido linolênico ($C18:3\omega 3$), pois a suplementação de 0,5% de $C22:6\omega 3$ na dieta, teve melhor efeito sobre o crescimento do que dietas com adição de 1-3% de $C18:3\omega 3$. Segundo os autores este fato estabelece uma analogia direta com os mamíferos onívoros, onde o $C20:4\omega 6$ (araquidônico) tem maior atividade de ácido graxo essencial do que o seu precursor $C18:2\omega 6$ (linoleico).

TAKEUCHI & WATANABE (1979) também demonstraram que dietas contendo níveis quatro vezes maiores de $C18:3\omega 3$ ou ácidos graxos altamente insaturados da família $\omega 3$, do que o exigido pela truta arco-íris, provocam baixa conversão alimentar e baixa taxa de crescimento.

CASTLEDINE & BUCKLEY (1980) examinaram qual era a distribuição e utilização dos lipídios e ácidos graxos essenciais da dieta, em lipídios neutros e no "pool" de fosfolipídios da truta arco-íris, sob condições adequadas e não adequadas de ácidos graxos essenciais na dieta, assim como durante o jejum. Trutas arco-íris juvenis, foram alimentadas com dietas semi-purificadas contendo vários níveis de óleo de fígado de bacalhau, com ou sem suplementação de oleína. Os peixes que receberam dietas com

deficiência de ácidos graxos essenciais mantiveram todos os ácidos docosaheptaenóicos presentes originalmente em cada "pool" de lipídios. Nos peixes que permaneceram em jejum por quatro semanas, nenhuma mudança foi notada nos níveis relativos de ácidos graxos dos lipídios neutros, mas no "pool" de fosfolipídios, houve uma seletiva retenção de C22:6 ω 3 e C18:3 ω 3.

Embora os peixes não possam sintetizar C18:2 ω 6 e C18:3 ω 3, eles podem converter C18:2 ω 6 a C20:5 ω 3, e C18:3 ω 3 a C22:6 ω 3 via C20:5 ω 3 (KAYAMA, 1986). As diferenças do efeito de C18:3 ω 3 sobre o crescimento de animais aquáticos são atribuídas à capacidade de bioconversão de C18:3 ω 3 a ácidos graxos altamente insaturados da série ω 3, segundo KANAZAWA et alii (1979). Estes autores realizaram um estudo, com diversas espécies de peixes de água doce e marinhos e camarão, injetando ácido linolênico com carbono marcado [1- 14 C], nestes animais. A taxa de conversão de ácido linolênico em ácidos pentaenóicos e hexaenóicos (ambos ω 3) foi detectada como sendo de; 36 para o "ayu" (*Plecoglossus altivelis*); 20 para o camarão (*Penaeus japonicus*); 20 para a enguia (*Anguilla japonica*); 15 para o "red sea bream" (*C. major*); 13 para o "globefish" (*Fugu rubripes rubripes*) e 7 para o "rockfish" (*Sebasticus marmoratus*), comparada com 100 para a truta arco-íris (*Salmo gairdneri*). Os autores concluem que o "red sea bream", o "globefish" e o "rockfish" são provavelmente incapazes de sintetizar C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3 suficientes para suas exigências, a partir do C18:3 ω 3 presente na dieta.

Peixes de água doce tropical, também tem sido investigados quanto aos seus requerimentos de ácidos graxos. A carpa exibe um padrão metabólico diferente da truta arco-íris. TAKEUCHI & WATANABE (1977) conduziram experimentos para determinar os requerimentos da carpa comum (*Cyprinus carpio*), por ácidos graxos linoleico e linolênico e comparar os efeitos de C22:6 ω 3 e ácidos graxos altamente insaturados, com C18:2 ω 6 e C18:3 ω 3 sobre o crescimento deste peixe. Os melhores ganho de peso e conversão alimentar foram obtidos com a dieta suplementada com ambos, 1% de metil linoleato e 1% de metil linolenato. A combinação destes dois ácidos graxos foi superior a cada um deles sozinho. Por outro

lado, a adição de ácidos graxos altamente insaturados $\omega 3$, às dietas deficientes de ácidos graxos essenciais, melhorou muito o crescimento e a conversão alimentar. Dietas deficientes em ácidos graxos essenciais, promoveram aumentos nos níveis de deposição muscular de C20:3 $\omega 9$, e de ácidos monoinsaturados como o C16:1 e C18:1. Os autores propõe como índices de deficiência de ácidos graxos essenciais que a relação C20:3 $\omega 9$ / C20:4 $\omega 6$ seja menor que 0,4 e a relação C20:3 $\omega 9$ /C22:6 $\omega 3$ seja menor que 0.6 se a carpa estiver recebendo quantidades suficientes de ácidos graxos $\omega 3$ e $\omega 6$. Segundo HENDERSON & TOCHER, (1987) na ausência de C18:3 $\omega 3$ e C18:2 $\omega 6$, o ácido C18:1 $\omega 9$ torna-se um substrato para a dessaturação e alongamento, permitindo a formação de C20:3 $\omega 9$, o qual é incorporado nos fosfolípidios. Consequentemente, os fosfolípidios de peixes deficientes em ácidos graxos essenciais são caracterizados por seu conteúdo de C20: 3 $\omega 9$.

Estudo realizado por FARKAS et. alii (1977) sobre o metabolismo de ácidos graxos essenciais na carpa, demonstrou que o ácido linolênico é requerido ao nível de 1% da dieta, como para a truta. Eles observaram que peixes que ingeriram dietas com 1,1% de linolênico e 1,6% de linoleico, apresentavam somente pequenas quantidades de C20:3 $\omega 9$ e baixa taxa de C20:3 $\omega 9$ /C22:6 $\omega 3$ (0,07) nos lípidios totais do fígado. Esta relação aumentou para 2,16 quando a dieta tinha somente 0,05% de linolênico e cerca de 1,6% de linoleico. Este efeito foi mais pronunciado nos fosfolípidios do fígado da carpa. Os autores concluíram que o ácido linoleico foi incapaz de prevenir o acúmulo de C20:3 $\omega 9$ e postularam que houve uma mobilização de linolênico dos triglicerídeos e subsequente alongamento e dessaturação antes de sua incorporação nos fosfolípidios. Uma vez que o C18:3 $\omega 3$ caiu a níveis abaixo das necessidades metabólicas, este ácido endógeno dos triglicerídeos foi utilizado.

A mobilização de ácidos graxos na carpa sob o efeito de duas temperaturas extremas (5 e 25° C) e diferentes quantidades de gordura na dieta (de 1,7 a 20%), foi investigada por FARKAS et alii (1980). Ácido linolênico dietário em excesso, foi depositado nos triglicerídeos, mas não nos fosfolípidios; contudo, a formação

e o nível de C22:6 ω 3 nos fosfolípidios, foi dependente da quantidade de C18:3 ω 3 presente na dieta. A diminuição da temperatura ambiental, causou uma redução na taxa de formação de C22:6 ω 3 nos peixes que receberam suficientes ácidos graxos essenciais (linolênico). Consequentemente, o nível de deposição de ácidos graxos nos fosfolípidios do fígado da carpa seguiu a mesma tendência.

A enguia, outro peixe de água doce tropical, porém carnívoro como a truta, parece requerer, segundo TAKEUCHI et alii (1980), os ácidos C18:2 ω 6 e C18:3 ω 3 na proporção de 0,5% de cada um, para seu completo desenvolvimento. Para estudar a capacidade da enguia europeia (*Anguilla anguilla*) em alongar e dessaturar o ácido linoleico da dieta, KISSIL et alii (1987) desenvolveram um trabalho onde este ácido graxo marcado [$1-^{14}\text{C}$], era administrado oralmente incorporado à ração peletizada. Uma semana após a administração, o nível de ácido linoleico marcado no fígado era ainda alto, indicando que na enguia a taxa de biossíntese de ácidos graxos altamente insaturados ω 6, é relativamente lenta, o que pode demonstrar a incapacidade de síntese de ácidos graxos poliinsaturados a partir dos precursores encontrados na dieta e ainda indicar a necessidade da enguia por alguns ácidos graxos pré formados de cadeia longa na dieta.

As exigências por ácidos graxos essenciais da *Tilapia zillii* foram investigadas por KANAZAWA et alii (1980). Fornecendo dietas semi-purificadas com diversas fontes de lípidios e diferentes níveis de ácidos graxos das famílias ω 6 e ω 3, os autores observaram que os requerimentos de ácidos graxos essenciais da *Tilapia zillii* são muito diferentes de outros peixes já estudados, assemelhando-se mais às exigências dos mamíferos do que a peixes e crustáceos. A adição de vários ácidos graxos poli e altamente insaturados à dieta basal, melhorou o ganho de peso da *T. zillii*, mas os ácidos graxos C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 foram superiores aos C18:3 ω 3 e C20:5 ω 3. Os dados indicam que estes peixes tem maior exigência por ácidos graxos da família ω 6 do que da família ω 3. O nível ótimo de C18:2 ω 6 ou de C20:4 ω 6, seria de 1% da dieta. Dietas suplementadas com C18:2 ω 6 aumentaram a proporção de C20:4

$\omega 6$ nos lipídios polares corporais, indicando que a *T. zilli*, provavelmente converte $C18:2 \omega 6$ a $C20:4 \omega 6$.

Em outra espécie de tilapia, (*Tilapia aurea*) conhecida por tilapia azul, as exigências por ácidos graxos essenciais, não estão bem claras ainda. STICKNEY & MCGEACHIN (apud HENDERSON & TOCHER, 1987) observaram que esta espécie cresce bem com dietas de até 2% de $C18:2 \omega 6$, mas não quando os níveis de $C18:3 \omega 3$ estão a 1% ou acima disto. No entanto, em outro estudo (STICKNEY & WURTS, 1986), a *T. aurea*, alimentada com dietas contendo diferentes níveis de óleo de "menhaden", ou óleo de bagre de canal, cresceram muito bem, após 10 semanas de alimentação com dietas com 10% de óleo de "menhaden", que apresenta altos teores de $C18:3 \omega 3$, $C20:5 \omega 3$ e $C22:6 \omega 3$. Embora a uma taxa menor, as tilapias também cresceram com 10% de óleo de bagre de canal, com altos níveis de ácidos oleico e linoleico. Os autores concluem que tanto o ácido linoleico como o linolênico podem ter efeitos positivos no crescimento deste peixe, embora não tenha sido possível determinar os requerimentos quantitativos destes ácidos graxos pela tilapia azul.

2.5.3. Efeitos dos lipídios em dietas de peixes

Os lipídios constituem um importante componente das dietas de peixes, devido ao seu elevado conteúdo energético, além de ser fonte de ácidos graxos essenciais. Este fato é particularmente importante nos peixes carnívoros, nos quais a utilização de carboidratos como fonte de energia é muito baixa. Inúmeras investigações tem sido realizadas com diversas espécies de peixes cultivados visando esclarecer a influência da adição de gorduras em dietas, sobre o crescimento e a conversão alimentar.

O efeito da adição de diferentes óleos em dietas do "turbot" (*Scophthalmus maximus*), sobre o crescimento, conversão alimentar e composição em ácidos graxos nos tecidos, foi investigado por COWEY

et alii (1976), em um experimento durante 16 semanas. As 3 dietas experimentais foram apresentadas na forma de peletes úmidos, e cada uma continha uma fonte diferente de lipídio: óleo de fígado de bacalhau, óleo de milho ou óleo de coco hidrogenado, na proporção de 40g/kg de ração. O melhor ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica (PER), foram obtidos com a dieta que continha óleo de fígado de bacalhau, e os piores resultados com o óleo de coco hidrogenado. Os ácidos graxos nos lipídios do fígado e tecidos extra-hepáticos do "turbot" refletiram aqueles da dieta e pouca transformação metabólica dos ácidos graxos dietários parece ter ocorrido. Supõe-se que o "turbot", por ser um peixe marinho carnívoro, e consumidor de organismos ricos em ácidos hexa e pentaenólicos, provavelmente perdeu a habilidade de alongar e dessaturar os ácidos C18:2 ω 6 e C18:3 ω 3 a seus correspondentes altamente insaturados.

Usando 3 dietas semi-purificadas, isoproteicas e isocalóricas, YU et alii (1977) testaram a substituição de óleo de arenque por gordura suína em alevinos de truta arco-íris durante 14 semanas. Na dieta controle, o óleo de arenque entrou na proporção de 22% e nas outras foi substituído em 33% e 50% por gordura suína. As respostas de crescimento e eficiência alimentar foram aproximadamente iguais em todos os peixes, evidenciando que é possível a substituição de óleo de arenque por gordura suína em rações de truta, desde que elas contenham quantidades suficientes de ácidos graxos ω 3. Embora o nível de ácidos graxos saturados das dietas tenha variado de 20,6 a 32,7%, nos lipídios corporais dos peixes, o total destes ácidos graxos, permaneceu constante, ao redor de 24%, sugerindo que pode haver um mecanismo no peixe para regular e manter um nível próprio de saturação dos lipídios corporais. Resultados bastante semelhantes foram observados por MUGRDITCHIAN et alii (1981), com alevinos de salmão "chinook" (*Oncorhynchus tshawtscha*), os quais foram alimentados com dietas contendo vários níveis de óleo de salmão, óleo de linhaça e sebo bovino, durante 16 semanas. Neste caso também não houve diferenças quanto ao ganho de peso dos peixes, e da mesma forma que a truta, o nível de ácidos graxos saturados dos lipídios corporais do salmão foi conservado constante (ao redor de 23%), independente

dos níveis destes ácidos graxos das dietas (de 24,2 a 36,5%). Nos dois estudos, o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados dos lipídios corporais, refletiram aqueles observados nas dietas.

Com o objetivo de obter informações sobre os fatores que influenciam a digestibilidade de ácidos graxos e gorduras marinhas em truta arco-íris e no "mink", AUSTRENG et alii (1980), idealizaram um experimento no qual testaram a adição de várias gorduras às dietas : óleo de soja, óleo de fígado de bacalhau, óleo bruto de "capelin" e três óleos de "capelin" hidrogenados, com diferentes pontos de fusão (21, 33 e 41°C). As trutas arco-íris foram mantidas a 2 temperaturas da água: 3 e 11°C. A digestibilidade aparente da gordura, nos peixes, não foi influenciada pela temperatura da água. A digestibilidade dos lipídios totais foi bastante semelhante entre os 3 óleos (85 a 89%), mas com os óleos de peixe hidrogenados, a digestibilidade diminuiu, com o aumento do ponto de fusão do óleo. Com respeito à digestibilidade dos ácidos graxos individuais, notou-se que os ácidos graxos de óleos marinhos com 16 e 18 carbonos são menos digeríveis que os do óleo de soja, ao passo que os ácidos de cadeia mais longa (20-22 carbonos) característicos dos óleos marinhos, apresentaram digestibilidade muito alta. A digestibilidade dos ácidos graxos saturados, em geral, diminuiu com o aumento do comprimento de cadeia até 18 carbonos, mas com ácidos de 22 carbonos, houve um aumento de digestibilidade. Os ácidos monoinsaturados foram melhor digeridos que seus correspondentes saturados e a digestibilidade foi superior quando a cadeia de carbonos era maior que 18 C. A digestibilidade dos vários lipídios no "mink" foi muito semelhante à da truta. De uma maneira geral, nos 2 casos, a digestibilidade foi prejudicada quando o ponto de fusão das gorduras era maior que 10°C.

MENTON et alii (1986), testaram o glicerol livre como fonte de energia em dietas de truta arco-íris. Doze dietas foram formuladas, contendo várias proporções de óleo de peixe e/ou glicerol livre, de tal forma que 4 dietas eram consideradas altas em energia e as restantes com baixo teor de energia, porém todas com níveis proteicos próximos (37 a 42%). A suplementação de

glicerol livre não teve efeito significativo sobre o peso final, conversão alimentar, relação peso fígado ou glicogênio no fígado, nem sobre a composição final da carcaça, concluindo-se que esta não é uma fonte efetiva de energia nas dietas de truta arco-íris.

A constatação do fato que os peixes carnívoros, como os salmonídeos, digerem muito mal os carboidratos, fez concentrar a atenção dos pesquisadores para as gorduras, como fonte energética alternativa à proteína. Segundo WATANABE (1987), o principal efeito da economia de proteína, pelos lipídios da dieta, é o de substituir uma fração de proteína que de outra forma seria catabolizada e utilizada tanto como energia como para sintetizar lipídios. Este efeito economizador de proteína que os lipídios parecem promover em alguns peixes, foi investigado por TACHECK (1986) em alevinos de "charr" do Artico, *Salvelinus alpinus*. Uma dieta controle com 42% de proteína e 17% de lipídios e 9 dietas experimentais, contendo 3 níveis de proteína (33, 44 ou 54%), para cada nível de lipídios (10, 15 ou 20%), foram formuladas e fornecidas aos alevinos durante 24 semanas. Em cada nível proteico testado, houve um aumento significativo de ganho de peso, com o aumento do teor de lipídios na ração de 10 para 15%. O crescimento foi menos pronunciado quando os lipídios aumentavam de 15 para 20% ou a proteína aumentava de 44 a 54%. Dentro de todas as faixas testadas, a combinação de 54% de proteína com 20% de lipídios, maximizou o crescimento e a eficiência alimentar, produzindo peixes com menores teores de lipídios corporais e no fígado. Porém, segundo o autor, se for considerado o mais baixo custo de alimentação por kg de peso ganho, a dieta com 44% de proteína e 20% de lipídios, seria a mais indicada, apesar da redução do potencial de crescimento. O autor considera ainda que houve um efeito economizador dos lipídios sobre a proteína, pois a taxa de eficiência proteica (PER), e a retenção de proteínas foram diretamente relacionadas aos lipídios da dieta e inversamente relacionada à proteína dietária.

TURNER et alii (1990), provaram que o músculo da truta arco-íris é capaz de acumular níveis de ácidos graxos da família $\omega 3$, semelhantes aos reportados para salmonídeos marinhos, após 4

semanas de alimentação, somente adicionando óleo de "menhaden" (com alto teor de $\omega 3$). A dieta teste foi formulada a partir de uma dieta padrão (45% de PB e 12% de lipídios), para conter um nível maior de lipídios (16%) e o mesmo nível proteico. O aumento dos lipídios dietários aumentou significativamente a gordura muscular, apesar de não ter afetado a taxa de crescimento.

Os peixes onívoros como a carpa comum, podem utilizar eficazmente tanto os lipídios como os carboidratos como fonte de energia. Vários estudos tem sido conduzidos com este peixe, com o objetivo de verificar os efeitos da adição de diferentes níveis e fontes de lipídios na dieta sobre o crescimento e composição corporal. TAKEUCHI et alii (1978), investigaram a possível utilização de óleos de peixe e sebo bovino hidrogenado como única fonte de energia para a carpa e truta arco-íris, em dietas purificadas isocalóricas com 10% de lipídios. Estas dietas induziram deficiências de ácidos graxos essenciais nos dois peixes, mas a substituição de 4 a 6 % do óleo hidrogenado por óleo de fígado de "pollock" ou de "cuttlefish" melhorou o ganho de peso e conversão alimentar indicando que estes óleos hidrogenados podem ser usados como fonte de energia, desde que em combinação com algum lipídio marinho, que forneça o nível necessário de ácidos graxos essenciais.

VIOLA et alii (1982), testaram a inclusão de gorduras de diferentes origens em rações peletizadas para a carpa comum em experimentos conduzidos em tanques e gaiolas, por 4 e 7 semanas. Os peletes foram cobertos com sete tipos de óleos diferentes : óleo de peixe, de aves, de soja, de algodão , óleos ácidos de soja e de algodão (resíduos) e óleo ácido importado, que era uma mistura de vários óleos ácidos. Todos os óleos foram bem utilizados pela carpa, exceto o óleo bruto de algodão, que provocou o menor ganho de peso e a pior conversão alimentar. Nenhum dos óleos animais mostrou qualquer vantagem sobre o óleo de soja, sendo que o óleo de peixe não teve nenhum outro efeito de promotor de crescimento , como foi demonstrado para a truta (TAKEUCHI & WATANABE, 1976). Ácidos ciclopropenóides (a 1% do óleo), presentes no óleo de algodão bruto, pode ter sido o

responsável pelo baixo crescimento da carpa . Os autores afirmam que a carpa cresceu normalmente com menos de 0,5 % de ácidos graxos ω 3 e contestam outros trabalhos que determinam como sendo 1% da dieta, a exigência da carpa por estes ácidos graxos.

A influência de diversas fontes de gordura sobre a composição de ácidos graxos nas vísceras e no corpo de alevinos de tilapia (*Tilapia mossambica*) foi estudada por NAIR & GOPAKUMAR (1981), durante 6 meses de experimentação. Óleo residual da torta de amendoim, óleo de coco, de colza e de sardinha foram os lipídios testados nas dietas. O óleo de coco e de sardinha fizeram dobrar o depósito corporal de gordura quando comparados com a dieta contendo apenas o óleo residual da torta de amendoim, e triplicaram o conteúdo de gordura visceral da tilapia. O total de ácidos graxos saturados depositados no corpo e nas vísceras, variou de acordo com os níveis das dietas, apresentando os maiores valores, os peixes que receberam óleo de coco; resultados diferentes daqueles observados com a truta arco-íris (YU et alii, 1977) e com o salmão "chinook" (MUGRDITCHIAN et alii, 1981), nos quais havia uma constância de ácidos graxos saturados corporais independente dos níveis de suas dietas. A dieta contendo óleo de colza induziu a máxima deposição de ácidos graxos polinsaturados no corpo (32,9%) e nas vísceras (30%), seguida pela dieta contendo óleo de sardinha (22,2 e 21,5%, respectivamente). Isto ocorreu porque o óleo de colza contém elevadas quantidades (37,4%) de ácido linoleico que aparentemente foi depositado como tal, ao passo que o óleo de sardinha permitiu a incorporação de ácidos graxos de maior comprimento de cadeia como o C22:5 e o C22:6, preferencialmente no corpo, mas também presente nas vísceras.

VIOLA et alii (1988), realizaram um estudo comparativo entre tilapia híbrida e carpa israelense, alimentadas com dietas suplementadas e não suplementadas com 7% de óleo de peixe, sob as mesmas condições de redução de temperatura. Foram avaliados os efeitos destes fatores sob a composição corporal e perfil de ácidos graxos dos peixes. Profundas diferenças foram observadas entre a carpa e a tilapia, com respeito ao metabolismo de lipídios. A suplementação das dietas com óleo de peixe não

aumentou significativamente o ganho de peso, nem a gordura corporal da tilapia, ao passo que na carpa, o óleo de peixe aumentou tanto a taxa de crescimento como o acúmulo de gordura corporal. Também a distribuição da gordura corporal foi diferente. Na tilapia houve uma tendência em acumular gordura ao redor do intestino (cerca de 40% da gordura corporal total), enquanto a carpa somente 20- 25% foi depositada ao redor das vísceras. Durante o período experimental de 7 meses, poucas mudanças foram observadas no perfil de ácidos graxos da tilapia provando que a mobilização a baixas temperaturas foi lenta e pouco seletiva. A carpa foi capaz de mobilizar seletivamente ácidos graxos de cadeia curta, e aumentar o nível de ácidos graxos polinsaturados nos seus lipídios corporais durante o inverno.

HANLEY, 1991, investigou o efeito de dietas contendo vários níveis de lipídios (5, 9 e 12%, de "gordura amarela fundida") sob o crescimento e composição corporal da tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), criadas em tanques externos em condições que simulavam um cultivo prático. O autor observou, após 12 semanas de experimento, que não houve efeito significativo dos níveis de lipídios das dietas sobre a taxa de crescimento, conversão alimentar e proteína corporal depositada. Os níveis de gordura depositados na tilapia, aumentaram com o aumento de lipídios das dietas : de 1,3 a 10,7-18,5% nas vísceras e de 1,2 a 4,5-7,9% na carcaça. O autor concluiu que a tilapia foi capaz de estocar quantidades significativas de lipídios corporais, mas não foi capaz de utilizar esta fonte de energia para melhorar o crescimento ou a eficiência alimentar nas condições de uma aquicultura comercial semi-intensiva. É possível que para a tilapia, melhor desempenho seja alcançado por variações nas fontes e níveis de proteína, do que com os lipídios da dieta.

Diferentes fontes e níveis de lipídios dietários também foram testados em alevinos de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) por GATLIN & STICKNEY, (1982). Quinze dietas semi-purificadas contendo 6, 8, 10, 12 e 14% de lipídios na forma de óleo de peixe, óleo de soja e sebo bovino, foram administradas aos alevinos por um período de 20 semanas durante as estações outono-inverno. Os

resultados de crescimento mostraram que mesmo sob flutuações da temperatura ambiental, a fonte e nível de lipídios dietários não são um fator crítico para o crescimento deste peixe, visto não ter havido diferenças significativas entre eles quanto ao ganho de peso. A composição centesimal também não foi afetada pelos níveis ou fontes dos lipídios da dieta. O perfil de ácidos graxos da carcaça refletiu aqueles presentes nas dietas e em geral não variaram significativamente como função da porcentagem de lipídios dentro de cada fonte. O óleo de peixe induziu a deposição de maiores quantidades de C14:0, C16:1 ω 7, C20:5 ω 3 , C22:5 ω 3 e C22:6 ω 3 na carcaça dos peixes do que as outras fontes lipídicas. Peixes alimentados com sebo bovino apresentaram maiores teores de C18:1 ω 9, enquanto os níveis de C18:2 ω 6 foram significativamente mais altos em peixes que receberam óleo de soja.

Estudo com a enguia "glass" (*Anguilla anguilla*) desenvolvido por DEGANI (1986), com dietas purificadas nas quais se adicionou gordura de aves e óleo de soja a dois níveis- 10 e 20%, mostraram que o aumento de peso foi significativamente maior com o óleo de origem animal, em enguias mantidas a 25 ou 27 ° C do que com o óleo de origem vegetal. O maior conteúdo de gordura corporal também foi observado nas mesmas condições. Os diferentes lipídios da dieta afetaram a composição de ácidos graxos da enguia. Os ácidos C18:1, C16:0 e C18:2 foram em ordem decrescente, os principais componentes dos lipídios dos peixes alimentados com gordura de aves, e os C18:2, C18:1 e C16:0 os principais ácidos dos peixes alimentados com óleo de soja.

A tainha (*Mugil cephalus*) é um peixe eurialino de águas quentes. Os alevinos da espécie *Mugil*, migram do mar de onde nasceram, para lagoas costeiras e represas salobras. O efeito da adição de vários óleos que diferiam no grau de insaturação de seus principais ácidos graxos, sobre o crescimento e composição de ácidos graxos da tainha, foi investigado por ARGYROPOULOU *et alii* (1992). Quatro dietas semi-purificadas contendo cada uma 8% de uma das diferentes fontes de lipídios (óleos de peixe, linhaça, soja e milho) e uma dieta basal sem gordura, foram fornecidas a alevinos de tainha durante 12 semanas. As dietas suplementadas com óleo não

influíram significativamente sobre o ganho de peso dos peixes ao passo que a eficiência alimentar, o PER, e a porcentagem de proteína depositada foram mais baixas em peixes que receberam óleo de peixe, comparados aos que receberam óleos vegetais nas dietas. A dieta sem gordura provocou os piores resultados em todos os parâmetros analisados e a mais alta taxa de mortalidade. O nível de ácidos graxos saturados corporais nos lipídios polares foi semelhante, independente das dietas, mas nos lipídios neutros, níveis mais altos de saturados foram encontrados em peixes alimentados com dietas sem gordura e com óleo de peixe. Houve uma correlação positiva, entre os níveis corporais de ácidos graxos $\omega 6$ e $\omega 3$ e seus respectivos níveis da dietas.

Segundo o NRC (1983), numerosos trabalhos tem demonstrado que o uso de dietas com altos teores em lipídios são eficientes em promover o crescimento tanto em peixes de águas frias como quentes, desde que os requerimentos de ácidos graxos essenciais sejam satisfeitos. Embora o aumento indesejável de gordura corporal esteja em alguns casos associados aos lipídios da dieta, o alto custo da farinha de peixe e outras importantes fontes proteicas de alimentos para peixes, torna o uso de lipídios bastante atrativo ao produtor. No entanto, quando as dietas apresentam altos níveis de incorporação de lipídios, novos problemas se apresentam: a possibilidade de rancificação dos ácidos graxos polinsaturados e a dificuldade técnica de compactação dos peletes (HIGUERA & GARDENETE, 1987).

2.5.4. *Níveis de lipídios na dieta e requerimentos de α tocoferol*

De acordo com o NRC (1983), o nível e o estado de oxidação dos lipídios polinsaturados na dieta, influenciam o nível de α tocoferol dietário exigido pelos peixes de águas tropicais.

MURAI & ANDREWS (1974), demonstraram que o bagre de canal alimentado com dietas contendo óleo de "menhaden" oxidado,

apresentaram baixas taxas de crescimento e sobrevivência, pobre conversão alimentar, além de distrofia muscular, diátese exudativa, despigmentação, anemia e fígados gordurosos, após 16 semanas de alimentação. A adição de 25mg/kg de ração de α tocoferol mais 125mg/kg de etoxiquina ou 100mg/kg de α tocoferol sozinho, foram eficientes em prevenir estes sintomas, mesmo na presença de óleo de peixe oxidado.

WATANABE et alii (1981a), investigaram a relação entre os requerimentos de tocoferol e níveis de lipídios dietários em truta arco-íris e se a deficiência de vitamina E pode ser induzida por níveis elevados de lipídios na dieta. Ésteres metílicos de óleo de fígado de "pollock", ao nível de 15% da dieta, com ausência de tocoferol, provocaram redução do apetite e no crescimento em 6 semanas de alimentação. A adição de 5 e 10 mg de tocoferol/100g de dieta promoveram crescimento comparável ao do grupo controle que estava sob uma dieta com 15% de uma mistura de lipídios (3:2 - óleo de soja: óleo de fígado de "pollock"), contendo 500mg de acetato D-L - α tocoferol/100g dieta. O índice hepatossomático (peso do fígado/peso corporal) de todos os grupos foi o mesmo e os níveis mais altos de tocoferol, 30 e 50mg, promoveram os mais baixos níveis de gordura no fígado. Nos peixes que receberam a mesma quantidade de tocoferóis (5mg/100g dieta) e os maiores níveis de ácidos graxos polinsaturados, a taxa de crescimento da truta foi a mais baixa. Porém, com os mesmos níveis de ácidos graxos polinsaturados, o melhor crescimento foi obtido com o aumento de tocoferol para 10 e 30mg/100g dieta. Segundo os autores, cerca de 10mg de α tocoferol/100g de dieta, com 15% de lipídios, fornece a proteção adequada à maioria das dietas práticas para a truta arco-íris.

COWEY et alii (1983), examinaram vários aspectos dos requerimentos de tocoferol pela truta arco-íris, alimentadas com dietas contendo 13% de ácido palmítico e 1% de ácido linolênico, e vários níveis de tocoferol (de 0,06 a 10mg/100g). Eles também administraram oralmente [3 H]-tocopherol, através de um cateter de teflon para avaliar a distribuição metabólica deste ingrediente. Todas as dietas promoveram crescimento do peixe em cerca de 5

vezes o peso inicial e a taxa de conversão foi aproximadamente de 1. O índice hepatossomático foi o mesmo tanto para a dieta controle sem tocoferol, como para a dieta contendo 100mg de acetato D- α tocoferol/kg e nenhuma patologia foi detectada. No entanto, comparando-se o sangue dos diferentes grupos de peixes, o grupo controle teve 47% de hemólises dos eritrócitos e o grupo suplementado com 100mg/kg de tocoferol, apenas 5,5%. Os níveis de tocoferol nos tecidos, refletiu os níveis das dietas e os estudos de radioatividade, mostraram rápida assimilação no fígado (1 hora) e na corrente sanguínea, e taxas de incorporação muito menores no músculo branco (10 dias). Os autores indicam que o nível ótimo de suplementação dietária de tocoferol é cerca de 2-3 mg /100g dieta, bem abaixo do nível sugerido por WATANABE et alii (1981a), porém ao nível de 15% de lipídios na dieta.

Os requerimentos da carpa por α tocoferol associados aos níveis de lipídios dietários, foi estudado por WATANABE et alii (1981b). Neste e em outros experimentos, a aparente distrofia muscular (conhecida por doença "sekoke"), que se caracteriza por uma notória perda de músculos no dorso do peixe, foi utilizada pelos autores como um índice das necessidades de α tocoferol. Oito dietas semi-purificadas contendo de zero a 20% de lipídios na forma de ésteres metílicos de óleo de fígado de "pollock" e com a adição de 5 e 50 mg de α tocoferol/100g de dieta, foram fornecidas aos alevinos de carpa comum por 12 semanas. A falta de lipídios na dieta provocou baixa taxa de crescimento; e a adição de 5% de ésteres metílicos do óleo, mais 5 mg de α tocoferol, aumentou a taxa de crescimento e melhorou a conversão alimentar. Porém a dieta contendo 10% de ésteres metílicos e 5mg de tocoferol, diminuiu ligeiramente o crescimento e resultou em deficiência de tocoferol avaliada pela aparente distrofia muscular com convulsões. A maior taxa de mortalidade e a maior percentagem de distrofia muscular, foram induzidas pela dieta com 20% de lipídios e 5mg de α tocoferol. Os autores concluíram que níveis elevados de lipídios na dieta, que equivalem a um aumento de insaturação, aumentam o requerimento da carpa por α tocoferol.

HUNG et alii (1981), estudaram os efeitos da adição de 7,5% de óleos alta ou extremamente oxidados e a suplementação de 10 ou 33mg/kg da dieta de D-L- α tocoferil acetato ou, de zero a 125mg de etoxiquina/kg da dieta, na nutrição da truta arco-íris alimentadas com dietas práticas por 24 semanas. Não houve diferenças sobre o crescimento, taxa de conversão alimentar, composição da carcaça ou atividade da glutathione peroxidase no plasma. Contudo a mortalidade, no grupo alimentado com óleos extremamente oxidados (índice de peróxido= 314meq/kg), aumentou significativamente entre 9 e 24 semanas de experimento, mas a suplementação tanto de etoxiquina como de α tocoferil acetato, foram capazes de reduzir a mortalidade. O índice de hemólise dos eritrócitos diminuiu com a adição de tocoferol, mas não de etoxiquina, e aumentou com a adição de óleo de peixe altamente oxidado. Os autores relatam que a suplementação de D-L- α tocoferol acetato ou etoxiquina além de 24mg /kg, naturalmente presentes na dieta, foi desnecessária quando 7,5% de óleo marinho de boa qualidade estava presente na dieta da truta arco-íris. Resultados bastante semelhantes a este experimento foram obtidos por COWEY et alii (1983) com a truta arco-íris, em experimento de 16 semanas de duração. Dietas contendo 10% de ácidos graxos de óleo de peixe, mais níveis crescentes de vitamina E (2 a 10mg/100g), não provocaram diferenças no ganho de peso, conversão alimentar, e nenhuma patologia foi observada. Dietas baixas em vitamina E, aumentaram a fragilidade dos eritrócitos e a estimulação da peroxidação (in vitro) dos lípidios por ácido ascórbico-Fe³⁺, nos microssomos do fígado, diminuiu com o aumento da vitamina E dietária. Pouco ou nada de malonaldeído foi formado nos microssomos de trutas alimentadas com 5 ou mais mg de vitamina E/100g da dieta. O nível seguro de vitamina E em dietas que contenham o mínimo de ácidos graxos insaturados (1% de Linolênico ,segundo CASTELL et alii, 1972), foi de 2 - 3mg/100g dieta, e para dietas contendo 10% de óleo não oxidado, o nível seguro seria de 5mg/100g .

As exigências de α tocoferol pelo bagre de canal alimentados com dietas com baixos teores de ácidos graxos poliinsaturados (0,48% linolênico) e suplementadas com 0 (basal), 25, 75 ou 2500mg de α tocoferol/kg ou 125mg/kg de etoxiquina, foi estudada por

LOVELL et alii (1984). Após 19 semanas de alimentação, os peixes que receberam a dieta basal cresceram menos que os outros, apresentavam despigmentação, dorsos mais finos (miopatias), e os menores índices de hematócitos, além de outras patologias. Os peixes alimentados com dietas com etoxiquina tiveram melhor desempenho que o grupo controle, porém o melhor crescimento foi alcançado nos peixes que receberam α tocoferol na dieta. Segundo os autores os resultados deste experimento, indicam que dietas deficientes em tocoferol, mesmo na presença de pequenas quantidades de lipídios podem causar redução de crescimento, miopatias e anemias no bagre de canal e ainda ressaltam que a indicação do NRC de 30mg de tocoferol/kg da dieta sem etoxiquina pode ser muito baixa para este peixe.

Significativa interação entre selênio e vitamina E, na nutrição do bagre de canal foi demonstrada por GATLIN III et alii (1981). Dietas deficientes em selênio e vitamina E combinadas, acusaram diminuição de crescimento, anemia, severa miopatia, diatese exudativa e morte. Dietas deficientes em vitamina E ou selênio separadamente, não produziram nenhum destes sinais de deficiência.

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

3.1.1. *Matérias Primas*

-Destilado da Desodorização do Óleo de Soja (DDOS) proveniente da Indústria de Óleos MINASA T.V.P.- Alimentos Proteínas S/A, Campinas, SP.

-Óleo de palma bruto (dendê), variedade *tenera*, procedente , da Indústria Dendê do Tauá S/A, DENTAUÁ (Belém, Pa)

-Farinha de Peixe - doada pela Indústria Coqueiro S/A, RJ.

-Farelos: Soja, Trigo, e Milho adquiridos no comércio de Campinas

3.1.2. *Premixes Mineral e Vitamínico*

Os premixes mineral e vitamínico foram formulados de acordo com as exigências de peixes tropicais como a carpa e o bagre de canal, segundo o NRC(1983), fornecidos pela Supremais-Produtos Bioquímicos Ltda., Valinhos, SP. O premix vitamínico não continha as vitaminas A e E.

A composição dos premixes estão representadas na tabela 4.

Tabela 4 . Composição dos premixes vitamínico e mineral(*)

Vitaminas	mg/Kg de Premix ou UI/Kg
Vitamina D ₃	200.000 UI
Tiamina.....	200 mg
Riboflavina.....	1.800 mg
Piridoxina.....	1.200 mg
Ácido Fólico.....	1.000 mg
Ácido Ascórbico.....	12.000 mg
Pantotenato de Cálcio.....	8.000 mg
Biotina.....	20 mg
Colina.....	20 g
Niacina.....	5.600 mg
Vitamina B12.....	4 mg
Vitamina K.....	2.000 mg
Inositol.....	2.000 mg
BHT.....	5.000 mg

Minerais	g ou mg/Kg de Premix
Magnésio.....	10 g
Zinco.....	4 g
Selênio.....	50 mg
Manganês.....	480 mg
Cobre.....	1 g
Ferro.....	6 g

(*) De acordo com o NRC (1983).

3.1.3. Dietas Experimentais

Para o experimento de crescimento utilizaram-se 7 dietas experimentais, sendo 6 dietas formuladas conforme procedimento descrito no item 3.2.6 e uma ração para peixes tropicais adquirida no comercio de Campinas, que foi utilizada como controle.

3.1.4. *Animais Experimentais*

Para o experimento biológico foram utilizados 252 alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Pisces: Characidae), provenientes de uma reprodução induzida realizada no Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura (CEPTA), Pirassununga, SP, com aproximadamente 6 meses de idade, pesando 14 gramas em média.

3.2. Métodos

3.2.1. *Composição Centesimal*

As seguintes determinações foram realizadas nos ingredientes não lipídicos das rações, nas rações processadas e nos peixes antes e após o experimento de crescimento:

- a) Umidade- Método de secagem em estufa, a 100-150°C até peso constante, (AOAC, 1984).
- b) Proteína Bruta (PB) - Método Semi-micro Kjeldahl, usando 6,25 como fator de conversão (AOAC, 1984).
- c) Lipídios Totais - Método de BLIGH & DYER (1959)
- d) Cinzas - Método por incineração em mufla a 550-600°C, até peso constante (AOAC, 1984).
- e) Fibra Bruta - Método de KAMER & GINKEL, 1952. (somente nas rações)
- f) Carboidratos (CH): Obtidos pela diferença entre a porcentagem total e a somatória dos itens acima.

3.2.2. *Determinações Químicas e de qualidade do Óleo de Palma e DDOS*

Algumas determinações químicas, de interesse para este trabalho, foram realizadas (em triplicata), no DDOS e no Óleo de Palma Bruto:

- a) Índice de Acidez - Método Ca 5a-40 da AOCS 1987
- b) Índice de Saponificação - Método Cd3-25 da AOCS, 1987
- c) Matéria Insaponificável - Método Ca 6b-53 da AOCS, 1987
- d) Índice de Peróxidos - Método Cd 8-53 da AOCS, 1987

3.2.3. *Composição de Ácidos Graxos por Cromatografia Gasosa*

Esta análise foi realizada nas rações processadas, nos componentes lipídicos (DDOS e Óleo de Palma) e nos peixes, no início e no final do ensaio biológico. Inicialmente foram conduzidas as extrações dos lipídios, segundo o método de BLIGH & DYER (1959). Em seguida, os extratos lipídicos das rações e peixes, o DDOS e o óleo de palma, foram saponificados de acordo com os procedimentos descritos por HARTMAN & LAGO (1973). Os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram separados usando uma coluna empacotada de 4m, Silar 10C, instalada num cromatógrafo PERKIN-ELMER, SIGMA 3B, equipado com detector de ionização de chama. As condições operacionais foram :

Temperatura do detector = 225°C

Temperatura do injetor = 225°C

Temperatura da coluna = 175°C

Nitrogênio SS = 25 ml/min

Hidrogênio SS = 30 ml/min

Ar sintético = 200 ml/min

A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi feita por comparação dos tempo de retenção de uma mistura de padrões conhecida e pelo método gráfico ($\log Tr \times N^{\circ}$ de átomos de carbonos). A quantificação foi realizada por normalização de áreas num integrador Perkin Elmer LCI-100.

3.2.4. *Determinação de Tocoferóis Totais*

Esta análise foi realizada nas rações peletizadas, no DDOS e no óleo de palma. Foi usada a reação com íons cúpricos, cujo procedimento foi descrito por CONTRERAS e STRONG (1982).

3.2.5. *Determinação de Carotenóides*

Esta determinação foi realizada nas rações e no óleo de palma, baseada no método de RODRIGUES et alii (1976), envolvendo três etapas: extração dos pigmentos, saponificação e cromatografia em coluna. Foram separados os carotenóides (α e β carotenos), usando colunas de vidro, de 2 cm de diâmetro e 20 cm de altura, empacotada a vácuo com hiflosupercel: MgO (2:1) até a altura de 10 cm. Para a identificação dos carotenóides foram considerados: sua ordem de eluição na coluna e os espectros de absorção na região do visível, sendo registrados na faixa de 350 a 550 nm em espectrofotômetro de feixe duplo da UNICAMP, modelo SP 8000, acoplado com registrador.

A determinação quantitativa de α e β carotenos foi realizada a partir das absorbâncias máximas dadas nos espectogramas, aplicando-se a Lei de Beer ($A = abc$). Os valores tabelados por DAVIES (1976) para a absorvidade foram: para $\alpha = 2800$ e para $\beta = 2592$.

O valor de vitamina A, expresso como Retinol Equivalente (RE) é calculado de acordo com o NAS-NRC. Um RE corresponde a 6 microgramas de β caroteno e 12 μg de α criptoxantina. Cada molécula de β caroteno pode dar origem a 2 moléculas de vitamina A, mas como somente 1/3 da vitamina A ingerida é absorvida, divide-se o valor encontrado para β caroteno por 0,6 e o de α caroteno por 1,2, para se obter os valores em unidades internacionais de vitamina A (BAUERNFEID et alii, 1972).

3.2.6. *Formulação e Análises das Dietas Experimentais*

A composição centesimal dos ingredientes utilizados nas formulações das rações está apresentada na Tabela 5 .

Tabela 5 - Composição Centesimal dos Ingredientes das Rações

Ingredientes	Umidade	P.B.	Lipídios	Cinzas	C.H.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Farelo de Soja	11,65	44,99	2,68	5,34	35,34
Farelo de Trigo	11,08	17,98	3,58	3,43	63,93
Milho moído	12,03	8,77	5,52	1,17	72,51
Farinha de Peixe	2,35	53,45	10,33	30,35	3,52

P.B. = Proteína Bruta

C.H. = Carboidratos

Após a determinação da composição centesimal dos ingredientes, procedeu-se à formulação de 6 dietas isoprotéicas (30,86 % PB) e isocalóricas (2936 kcal de Energia Digestível/kg) variando-se apenas as proporções dos ingredientes particularmente importantes neste experimento, ou seja DDOS e óleo de palma bruto (Tabela 6). Os ingredientes secos foram triturados, pesados e misturados, adicionando-se então os ingredientes lipídicos e aproximadamente 10% de água. A seguir realizou-se a peletização sem vapor, em uma peletizadora industrial, obtendo-se peletes com 4mm de diâmetro. As rações foram então secas em estufa com circulação de ar à 50°C, por uma noite, resfriadas naturalmente e embaladas em sacos plásticos de 2kg.

Tabela 6 - Formulação das Dietas Experimentais

-----Dietas-----						
	1	2	3	4	5	6
Ingredientes (%)						
Farinha de Peixe..	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Farelo de Soja....	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Farelo de Trigo...	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Milho Moído.....	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Óleo de palma.....	-	2,0	3,0	4,0	6,0	-
DDOS.....	6,0	4,0	3,0	2,0	-	-
Óleo de Milho.....	-	-	-	-	-	6,0
Pré-Mix Vit(*).....	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Pré-Mix Min(*).....	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Proteína Bruta ...	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86
(%)						
Energia						
Kcal/Kg.....	2936	2936	2936	2936	2936	2936

* Composição na Tabela 4

Os resultados das análises da composição centesimal das 7 dietas experimentais, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição Centesimal das Dietas Experimentais

	-----Dietas-----						
	1	2	3	4	5	6	7(*)
% Umidade	10,20	9,89	9,76	10,37	9,94	10,76	10,51
% PB	29,51	29,45	29,94	29,02	30,04	29,79	32,23
% Lipídios	10,89	11,61	10,56	11,11	11,61	10,75	5,73
% Cinzas	10,38	10,46	10,41	10,55	10,67	10,22	9,00
% Fibra	4,95	5,10	5,13	5,60	5,40	5,33	7,02
% Carboid.	34,07	33,49	34,20	33,35	32,34	33,15	35,51

(*) Ração Comercial Para Peixes Tropicais

3.2.7. *Peixes e Condições Experimentais*

O experimento foi conduzido em um laboratório da Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP), adaptado para esta finalidade. Foram utilizados 21 tanques de cimento amianto com capacidade de 150 litros cada, dotados de abastecimento individual de água através de entrada e escoamento a taxas constantes (renovação média de 10 vezes o volume do tanque por dia).

A temperatura da água foi regulada a 28°C por meio de aquecedores instalados em uma caixa d'água central, de onde saíam os canos de distribuição para os tanques (Figura 1). Um termostato colocado em um dos tanques, mantinha a temperatura constante, que era aferida duas vezes ao dia, às 8:00 Hs. e às 16:00 Hs.

Amostras de água dos tanques foram coletadas semanalmente para a realização de análises de cloro ativo (Manual Técnico, ITAL, 1987) e de pH.

Em cada tanque foram colocados 12 alevinos de Tambaqui (*Colossoma macropomum*), provenientes todos de uma mesma desova induzida, pesando em média 14g e comprimento total médio de 9 cm.

O experimento teve duração de 5 meses e houve um período de adaptação dos animais às condições experimentais de duas semanas antes da administração das dietas experimentais.

A alimentação dos peixes foi "ad libitum", fornecida 2 vezes por dia (manhã e tarde) após a aferição da temperatura da água, tomando-se o cuidado de evitar sobras de rações no fundo dos tanques. Os peixes foram alimentados diariamente, com exceção das ocasiões de pesagem e medição, quando então eles ficavam em jejum por 24h antes das mesmas. O consumo alimentar foi obtido semanalmente, calculado pela diferença entre a quantidade inicial e final de ração estocada para cada tanque.

Os alevinos de Tambaqui foram pesados no início do período experimental e a cada três semanas, utilizando-se uma balança com precisão de centésimo de grama. O comprimento total (em cm) dos peixes foi aferido no início e no final do período experimental com uma régua comum com precisão de milímetro.

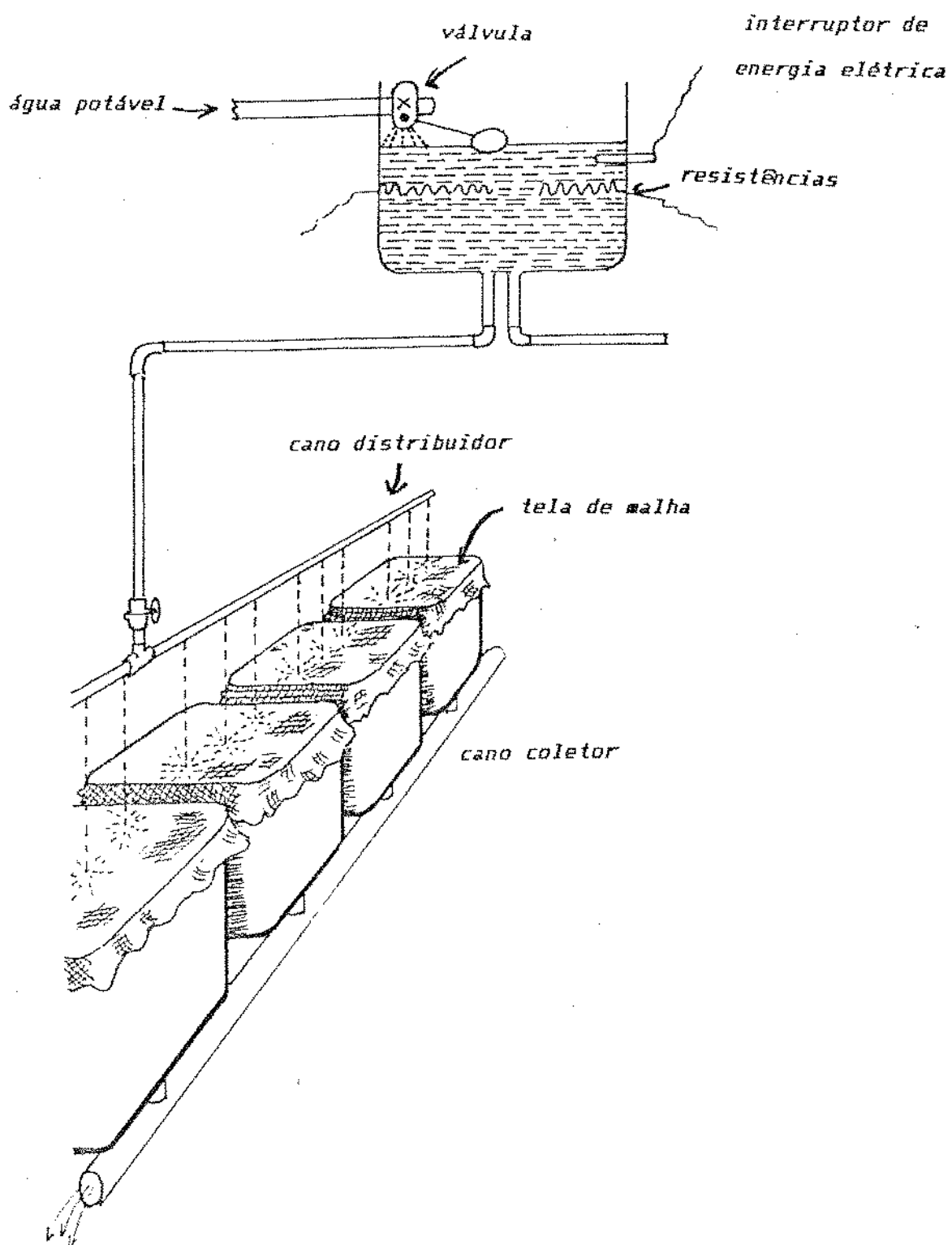


Figura 1- Esquema da montagem dos tanques de cultivo.

O ganho em peso e o crescimento foram calculados pela diferença entre as médias de peso e de comprimento total, respectivamente, dos doze alevinos de cada parcela no início e no final do experimento.

Foram ainda analisados os seguintes parâmetros (UTNE, 1978) para se avaliar a eficiência das diversas rações:

Conversão Alimentar Aparente (CA):

$$C.A. = \frac{\text{Consumo de Alimento (g)}}{\text{Ganho de Peso (g)}}$$

Taxa de Eficiência Protéica (TEP)

$$T.E.P. = \frac{\text{Ganho de Peso (g)}}{\text{Consumo de Proteína Bruta}}$$

Eficiência de Retenção de Nitrogênio

$$(\%)E.R.N. = \frac{\text{Nitrogênio Fixado}}{\text{Nitrogênio Consumido}} = \frac{((P_f \times N_f) - (P_i \times N_i))}{\text{Cons} \times N_r}$$

onde :

P_f = Peso final dos peixes (g)

P_i = Peso inicial dos peixes (g)

N_f = Teor de Nitrogênio corporal no final do experimento (g)

N_i = Teor de Nitrogênio corporal inicial (g)

Cons. = Consumo de Ração (g)

N_r = Teor de Nitrogênio de cada ração (g)

Taxa de Crescimento específico (TCE)

$$T.C.E = \frac{(\ln \text{ peso total final} - \ln \text{ peso total inicial}) \times 100}{\text{Tempo de experimento (dias)}}$$

Antes do início do experimento foram sacrificados 20 alevinos de tambaqui para análises de composição centesimal e determinação de ácidos graxos. Os peixes foram separados em dois lotes, sendo o primeiro utilizado para as análises no corpo todo (inclusive cabeças e vísceras), e o segundo, para análises no filé. Os peixes, ou os filés eram picados, moídos juntos, e deste material homogeneizado, retiravam-se amostras para as referidas análises ou determinações. Após o período experimental de 21 semanas, 12 peixes de cada tratamento tomados ao acaso, foram sacrificados para realização das mesmas análises e determinações citadas anteriormente.

3.2.8. *Delineamento Experimental*

Para o experimento de crescimento foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado, constando de 7 tratamentos e 3 repetições. (Análise de Variância, Teste de Tukey, e Teste de Duncan, para comparações das médias)

3.2.9. *Avaliação Sensorial*

Com a finalidade de verificar se os ingredientes lipídicos das dietas poderiam afetar a qualidade da porção muscular dos peixes, foi realizada uma avaliação sensorial, com 14 provadores, para os parâmetro de cor e sabor. Para a avaliação de sabor, foram sacrificados 8 peixes de cada tratamento dietário, dos quais retiraram-se os filés. Estes, foram cortados em pedaços de 5g (em média), tratados em uma salmoura (NaCl-10%) por 20 segundos, embrulhados em papel alumínio e assados a 220 °C em forno a gás caseiro, por 3 minutos.

Os provadores avaliaram o sabor das amostras (sob luz vermelha), em 4 sessões, sendo que cada provador analisava 4 amostras por sessão, segundo o Delineamento de Blocos Incompletos Balanceados, e plano 11.8 (COCHRAN & COX, 1957). Os resultados específicos de blocos incompletos foram calculados segundo AMERINE & ROESSLER (1983). Foram utilizadas fichas de Escala Hedônica Não Estruturada de 9cm, com os extremos "desgostei-gostei".

Para a avaliação da cor, foram sacrificados 2 peixes de cada tratamento. Em seguida os peixes foram eviscerados, limpos e espalmados e colocados em pires sobre papel alumínio. As amostras dos 7 tratamentos foram avaliadas simultaneamente em 2 sessões (sob luz natural), segundo o Delineamento de Blocos Casualizados, constando de catorze provadores e duas repetições (MORAES, 1988). Foram utilizadas fichas de Escala Hedônica Não Estruturada de 9cm, com os extremos "fraca - forte". (Modelos das fichas no Apêndice)

4.Resultados e Discussão

4.1. Monitoramento da água dos tanques experimentais

O sistema de escoamento da água dos tanques e a limpeza semanal, permitiram que a mesma se mantivesse em condições adequadas durante o período experimental.

Na tabela 8 encontram-se as características da água analisada neste período.

Tabela 8 - Temperatura, teor de cloro ativo e pH da água dos tanques experimentais.

Parâmetros	Média	Valor Máximo	Valor Mínimo
Temperatura (°C)	27,5	29,3	26,3
Cloro Ativo (mg/l)	0,02	0,03	0,01
pH	6,87	7,15	6,71

Como a água que abastecia os tanques tinha a mesma procedência, a rede de distribuição local, os parâmetros analisados não sofreram grandes variações no decorrer do experimento. A temperatura da água foi mantida praticamente constante, e mesmo com as pequenas variações que ocorreram, permaneceu dentro da faixa de temperatura do habitat natural do tambaqui, que é 27,2°C a 29,1° C (ECKMANN, 1987).

Os índices médios de pH da água (6,87), estiveram ligeiramente abaixo dos encontrados no Rio Amazonas (7,2- 7,7, ECKMANN, 1987), mas acredita-se que não tiveram qualquer efeito negativo sobre o crescimento dos peixes.

Os tambaquis toleraram bem o teor médio de 0,02mg/l de cloro na água, embora não tenham sido encontrados dados na literatura para que se possa compara-los.

4.2. Determinações químicas e índices de qualidade do Destilado da Desodorização do Óleo de Soja e do Óleo de Palma

Na Tabela 9, estão apresentados os resultados das determinações efetuadas no DDOS e no óleo de palma. São relatados também dados da literatura, para efeito de comparação.

Tabela 9 - Principais características químicas do DDOS e do Óleo de Palma Bruto

Características	DDOS	Autor	Óleo de Palma	Autor
		Woerfel (1981)		Hutagalung (1971)
Índice de Acidez ¹	38,19	40,00-50,00	3,02	2,8-5,0
		Augusto (1988)		Hutagalung (1971)
Índice de Peróxidos (meq/Kg)	9,40	3,40	6,28	0,40-8,79
		Augusto (1988)		Weiss (1983)
Índ. de Saponificação . (mg de KOH/g)	137,51	159,40	175,94	196-202
		Woerfel (1981)		Maclellan (1983)
Mat. Insaponificável . (%)	32,76	33,2-44,9	0,66	0,15-0,99

¹- g de ácido oleico/100g de DDOS
g de ácido palmítico/100g de óleo de palma

Os valores obtidos para o DDOS, são relativamente semelhantes àqueles encontrados na literatura, com exceção do índice de peróxido, (9,40 meq/kg) que esteve bem acima do valor encontrado por AUGUSTO (1988), 3,40 meq/kg.

Quanto ao óleo de palma, os valores obtidos, para as características analisadas, encontram-se dentro dos valores citados por diversos autores. De acordo com HONG (1983), as matérias primas gordurosas usadas em rações animais deveriam apresentar teores máximos de ácidos graxos livres, matéria insaponificável e índice de peróxidos de 15%, 3% e 20,0 meq/kg, respectivamente. Tais valores aplicam-se no presente trabalho, ao óleo de palma, que está dentro destas especificações. Quanto ao

DDOS, não foram encontrados na literatura referência a índices recomendáveis dos parâmetros acima mencionados.

4.3. Conteúdo de Carotenóides e Tocoferóis Totais no Óleo de Palma, DDOS e Dietas Experimentais

Os valores médios de carotenóides (α e β), valor de vitamina A, assim como os tocoferóis totais, das dietas, do óleo de palma e do DDOS estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10- Valores Médios de Carotenóides, Valor de Vitamina A ($\alpha + \beta$), Tocoferóis Totais, das Dietas, do Óleo de Palma e DDOS

	CONCENTRAÇÃO DE		VALOR DE		TOCOFERÓIS
	CAROTENÓIDES ($\mu\text{g/g}$)		VITAMINA A ($\alpha + \beta$)		TOTAIS
	α	β	RE ¹ /100g	UI ² /100g	mg/100g
Amostra					
Dieta 1	-	0,80	13	133	355,58
Dieta 2	3,02	5,80	121	1218	267,04
Dieta 3	2,30	8,26	156	1569	151,87
Dieta 4	4,41	9,56	196	1961	147,45
Dieta 5	5,17	14,76	289	2891	4,16
Dieta 6	-	0,64	11	106	3,88
Dieta 7	-	0,87	14	145	11,61
DDOS	-	-	-	-	9766,00
ÓLEO DE					
PALMA	165,38	260,02	5712	57119	59,23

1.RE → Retinol Equivalente
2.UI → Unidade Internacional
- = Análise não realizada

Os resultados obtidos referentes às análises de carotenóides no óleo de palma, podem ser comparados aos de TRUJILLO-QUIJANO et alii (1990), pelo fato de terem trabalhado com a mesma variedade (tenera), que foi utilizada neste estudo. Os autores obtiveram 163,7 $\mu\text{g/g}$ e 362,6 $\mu\text{g/g}$ de α e β carotenos, respectivamente, e neste trabalho, encontrou-se 165,38 $\mu\text{g/g}$ de α e 260,02 $\mu\text{g/g}$ de β caroteno, este último, abaixo do valor citado pelos autores acima. Consequentemente, o valor de vitamina A (5712 RE/100g), foi algo

menor do que os valores de TRUJILLO-QUIJANO et alii (7630 RE/100g). O valor de vitamina A obtidos para as dietas experimentais foram coerentes com o que havia sido planejado. A adição crescente de óleo de palma nas dietas, correspondeu ao aumento proporcional da concentração de carotenóides nas mesmas.

O teor de tocoferóis totais nas dietas seguiu a mesma tendência do óleo de palma, mas numa relação inversa: a medida que se diminuiu a quantidade de DDOS nas dietas, houve diminuição proporcional de tocoferóis. A concentração de tocoferóis totais do DDOS (9,8%) usado neste estudo, foi maior que a obtida por AUGUSTO(1988), 8,5%.

Não existe na literatura, estudos referentes a requerimentos de vitaminas para o tambaqui. De acordo com o NRC (1983), o "catfish" necessita de níveis acima de 2000 UI de vitamina A/kg de dieta e a carpa comum, 10000 UI desta vitamina /kg de dieta. Neste experimento as dietas 1, 6 e 7 poderiam estar abaixo das necessidades dos peixes, se tomarmos a carpa como referência, por ser também um peixe adaptado às águas tropicais, como o tambaqui. O requerimento de vitamina E pela carpa é de 200-300mg/kg de dieta (NRC, 1983). As dietas 1,2,3 e 4 estavam bem acima do nível exigido pela carpa, e as demais por não conterem DDOS, apresentaram níveis abaixo dos requerimentos.

4.4. Composição de Ácidos Graxos nas Dietas Experimentais , DDOS, e Óleo de Palma

A composição em ácidos graxos, obtida por cromatografia gasosa, dos ingredientes lipídicos e das dietas estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Composição em ácidos graxos das dietas experimentais, DDOS, e Óleo de Palma

Ácidos Graxos (%)	Dietas							DDOS	Óleo de Palma
	1	2	3	4	5	6	7		
C8:0	0,28	0,21	0,24	0,16	0,22	0,16	0,21	-	-
C10:0	0,45	0,37	0,44	0,39	0,43	0,28	-	-	-
C12:0	0,31	0,24	0,19	0,03	0,03	0,02	0,41	1,86	-
C14:0	2,15	2,08	2,90	1,92	2,00	1,59	1,21	0,37	0,75
C14:2	0,72	0,15	0,10	-	0,12	0,10	0,21	-	-
C15:0	0,90	0,22	0,50	0,07	0,03	0,03	0,74	-	-
C16:0	19,23	24,92	25,59	29,17	32,25	15,65	15,12	17,83	41,93
C16:1	2,48	2,23	2,36	2,88	2,05	2,22	5,48	-	-
C17:0	0,47	0,41	0,54	0,62	0,41	0,39	-	-	-
C16:2	0,37	0,30	0,33	0,33	0,29	0,29	0,45	-	-
C18:0	3,65	4,29	4,20	4,47	4,67	2,65	3,30	3,40	5,82
C18:1	21,27	25,77	26,03	29,49	29,93	28,38	25,46	21,65	39,70
C18:2	39,07	30,73	28,65	24,56	18,95	41,42	44,56	47,21	11,00
C18:3	3,51	2,74	2,82	1,87	2,18	1,95	2,29	5,60	-
C20:1	0,52	0,55	0,59	0,46	0,88	0,55	-	-	-
C20:2	0,29	0,32	0,51	0,17	0,72	0,18	-	-	-
N.I.	-	-	-	-	1,86	-	-	-	-
C20:3	0,53	0,34	0,23	0,01	-	0,03	-	-	-
C20:4	0,50	0,39	0,31	0,26	0,15	0,59	0,22	-	-
N.I.	0,15	-	0,06	-	-	-	-	-	-
C22:1	0,12	0,33	0,13	0,28	0,15	0,42	-	-	-
N.I.	-	0,03	-	0,02	0,02	0,24	-	-	-
C20:5	1,21	1,44	1,30	1,19	1,30	1,21	0,09	-	-
C22:6	1,25	1,35	1,26	1,23	1,29	1,24	-	-	-

N.I. = Não Identificado

- = Não detectado

A composição de ácidos graxos do DDOS, está de acordo com a relatada no trabalho de AUGUSTO (1988), grande concentração de ácidos linoleico, oleico e palmítico. Os teores de ácidos graxos do óleo de palma bruto, estão dentro das faixas citadas por HUTAGALUNG (1987): palmítico entre 41,8 - 46,8%; oleico entre 37,3 - 40,8%; linoleico entre 9,1 e 11,0%; esteárico entre 9,7 e 5,6%. Somente a concentração obtida para ácido mirístico esteve pouco abaixo das faixas citadas por HUTAGALUNG (0,9 - 1,5%).

A composição em ácidos graxos das dietas, apresentada na Tabela 11 reflete a influência da adição de DDOS e óleo de palma nas rações. Observa-se que a medida que aumenta o teor de óleo de palma nas dietas (2,3,4), ocorre aumento de ácidos graxos saturados e monoinsaturados (principalmente C16:0, C18:0 e C18:1) e diminuição dos ácidos graxos poliinsaturados (C18:2 e C18:3); a mesma observação ocorre para as dietas com DDOS porém em sentido inverso. Tais fatos podem ser melhor visualizados, observando-se a Figura 2, onde estão graficados os teores percentuais dos principais ácidos graxos em cada dieta experimental.

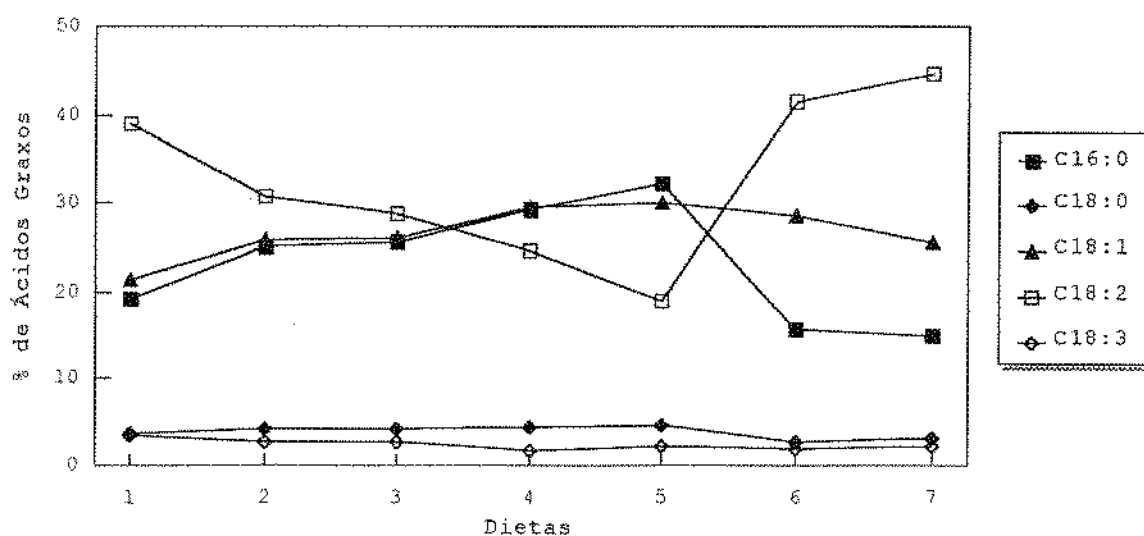


Figura 2 - Principais ácidos graxos das dietas experimentais

A incorporação da farinha de peixe na mesma proporção em todas as dietas formuladas, para este experimento, refletiu-se em concentrações bastante próximas de ácidos graxos altamente insaturados (C20:5 e C22:6), nas mesmas (Tabela 11).

4.5. Composição de Ácidos Graxos dos Peixes Antes e Após o Tratamento com as Diferentes Dietas

Os resultados das análises da composição de ácidos graxos realizada nos lipídios totais da porção muscular (filé) do tambaqui, antes e após o tratamento com as diferentes dietas estão apresentados na Tabela 12, e no corpo todo, na Tabela 13.

Tabela 12 - Composição percentual dos ácidos graxos dos lipídios totais do filé antes e após o experimento biológico.

Ácidos Graxos	Antes do Experimento	Após o Experimento						
		Dietas						
		1	2	3	4	5	6	7
C14:0	1,52	1,57	1,38	1,42	1,92	1,36	1,30	1,64
C15:0	0,36	0,21	0,19	0,18	0,25	0,18	0,17	0,32
C16:0	26,71	24,29	27,12	27,12	28,37	28,99	21,05	26,41
C16:1	4,69	2,89	2,73	2,58	2,94	2,33	2,52	3,66
C18:0	8,99	8,60	8,85	9,76	8,41	8,50	7,40	9,76
C18:1	27,36	22,12	26,23	28,00	29,06	30,21	27,62	28,57
C18:2	17,01	26,01	19,60	18,32	17,41	15,55	28,24	16,59
C20:0	0,13	0,10	0,12	0,14	0,16	0,21	0,27	0,30
C18:3	1,97	2,64	2,03	1,96	1,92	1,63	1,86	2,18
N.I.	-	-	-	0,88	-	-	-	-
N.I.	-	-	-	1,07	-	-	-	-
C20:1	0,91	0,91	1,26	1,06	0,85	0,80	1,06	0,94
C20:2 (*)	1,39	1,40	1,26	1,08	1,06	1,16	1,28	1,40
C20:4	2,92	2,30	2,26	1,51	1,83	2,12	1,85	2,60
C20:5	0,41	1,00	0,98	0,74	0,86	1,04	0,80	0,19
C22:4	0,38	0,24	0,26	0,23	0,25	0,27	0,21	-
C22:5 ω6	1,43	0,94	0,86	0,52	0,73	0,90	0,79	1,79
C22:5 ω3	0,34	0,60	0,57	0,38	0,46	0,53	0,41	0,22
C22:6	2,46	3,35	3,68	2,11	2,94	3,63	2,63	1,96

(*) Pode conter C20:3

N.I. = Não Identificado

- = Não detectado

Os principais ácidos graxos dos lipídios totais encontrados no filé e no corpo inteiro dos alevinos de tambaqui, no início do experimento, foram o ácido oleico (27,36% e 29,10%), o palmítico (26,71% e 26,19%), o linoleico (17,01% e 20,89%), o esteárico (8,99% e 7,65%) e o palmitoleico (4,69% e 4,89%), em ordem decrescente de quantidade.

Análises realizadas por MAIA (1992) nos lipídios totais musculares dos mesmos alevinos de tambaqui, porém com cromatógrafo equipado com coluna capilar de sílica fundida contendo polietileno glicol (Carbowax de 20 m), mostraram resultados semelhantes ao

encontrado neste estudo. As porcentagens obtidas para os principais ácidos graxos foram: oleico 31,41%; palmítico 29,1%; linoleico 16,0%; esteárico 8,9% e palmitoleico 5,12%.

De acordo com MAIA (1992), os lipídios musculares de tambaquis adultos apresentam os mesmos 5 principais ácidos graxos, porém em quantidades um pouco diferentes: oleico 40,1%; palmítico 28,8%, esteárico 9,8%, linoleico 8,9% e palmitoleico 6,3%, de acordo com MAIA (1992).

Neste estudo os totais de ácidos graxos saturados e monoinsaturados no filé e no peixe inteiro estiveram próximos, porém a gordura muscular apresentou teores mais elevados de ácidos graxos de maior comprimento de cadeia e maior insaturação, que o corpo todo.

Tabela 13 - Composição percentual dos ácidos graxos dos lipídios total do peixe inteiro antes e após o experimento biológico.

Ácidos Graxos	Antes do Experimento	Após o Experimento							
		Dietas							
		1	2	3	4	5	6	7	
C14:0	1,34	1,85	1,61	1,72	1,58	1,56	1,93	1,23	
C15:0	0,34	0,21	0,23	0,18	0,17	0,16	0,15	0,23	
C16:0	26,19	27,23	28,55	28,79	30,06	30,63	21,28	28,21	
C16:1	4,89	3,51	2,86	2,99	3,02	2,73	2,44	3,91	
C18:0	7,65	8,66	7,95	8,21	7,75	8,28	6,41	8,12	
C18:1	29,10	24,70	28,00	29,92	31,69	34,62	28,74	29,60	
C18:2	20,89	25,53	22,68	21,18	18,30	15,46	31,28	20,48	
C20:0	0,34	0,11	0,18	0,17	0,20	0,19	0,27	0,16	
C18:3	2,16	2,89	2,44	2,18	2,13	1,79	1,98	2,37	
C20:1	1,05	1,26	1,02	0,87	0,83	0,66	1,00	0,93	
C20:2 (*)	0,96	0,74	0,86	0,66	0,69	0,56	0,93	0,97	
C20:4	1,76	0,77	0,87	0,85	0,88	0,76	1,06	1,23	
C20:5	0,19	0,40	0,45	0,46	0,47	0,42	0,52	0,11	
C22:4	0,15	0,18	0,09	0,19	0,13	0,19	0,18	-	
C22:5 ω6	0,56	0,18	0,19	-	0,22	0,18	0,30	0,53	
C22:5 ω3	0,16	0,20	0,24	0,21	0,23	0,27	0,21	-	
C22:6	1,29	0,64	1,14	0,82	1,05	0,99	1,09	0,67	

(*)= Pode conter C20:3

- = Não detectado

Observa-se que, em geral, a composição porcentual em ácidos graxos na porção muscular (Tabela 12) e no peixe inteiro (Tabela 13), refletem a composição em ácidos graxos da dieta, o que evidencia uma influência direta da dieta sobre os peixes. Vários estudos tem demonstrado, que a composição dos lipídios corporais dos peixes é fortemente influenciada pelos lipídios da dieta (CASTLEDINE & BUCKEY, 1980; COWEY et alii, 1976; GARLING & WILSON, 1976), embora, em alguns casos, a gordura corporal tenha a

tendência de conservar certas características peculiares da espécie (MEAD & KAYAMA, 1967).

O teor de ácidos graxos saturados das dietas, embora variasse bastante (de 20,77% a 40,06%), teve influência moderada sobre os ácidos graxos saturados dos músculos dos peixes, variando de 30,19% na dieta 6 a 39,23% na dieta 5 (Tabela 14). Com exceção da dieta 6 (óleo de milho), o total de ácidos graxos saturados do peixe inteiro praticamente manteve-se constante, de 37,95% na dieta 7 a 40,82% na dieta 5. No início do experimento os alevinos apresentavam 37,71% e 35,86% de ácidos graxos saturados respectivamente, no músculo e no peixe inteiro.

O principal ácido graxo saturado do tambaqui, o palmítico (C16:0), que antes do experimento estava ao redor de 26% tanto no músculo como no peixe inteiro foi depositado de maneira proporcional à encontrada nas dietas (Figura 3).

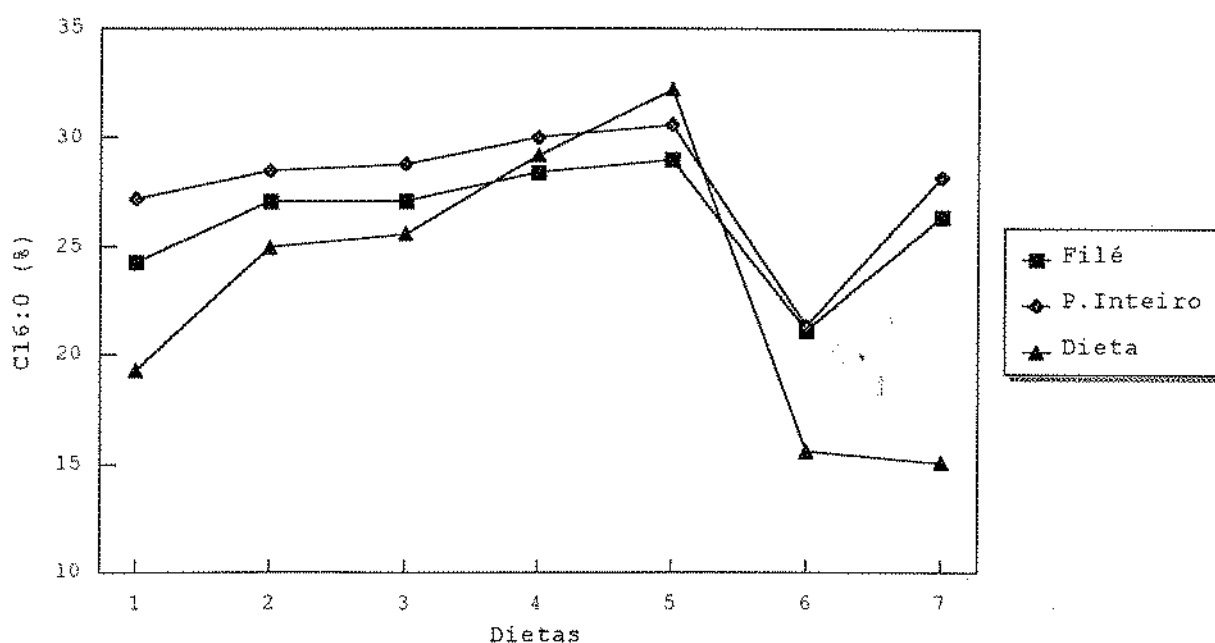


Figura 3 - Porcentagem de C16:0 nas dietas, filé e peixe inteiro

Somente nos peixes alimentados com as dietas 1 e 6 os teores de ácido palmítico ficaram abaixo do teor presente nos peixes antes do experimento. Estas dietas por não conterem óleo de palma, apresentaram ácido palmítico em concentrações menores que 20%, embora a dieta 7 (ração comercial), que também tinha teores baixos de ácido palmítico (15,12%), promoveu uma deposição maior no filé (26,41%) e no peixe inteiro (28,79%). Os outros ácidos graxos saturados (14:0; 15:0; 18:0 e 20:0), presentes nos peixes, mantiveram-se praticamente inalterados após o tratamento com as diferentes dietas, observando-se ligeira queda do ácido esteárico (C18:0), nos peixes da dieta 6 (Figura 4).

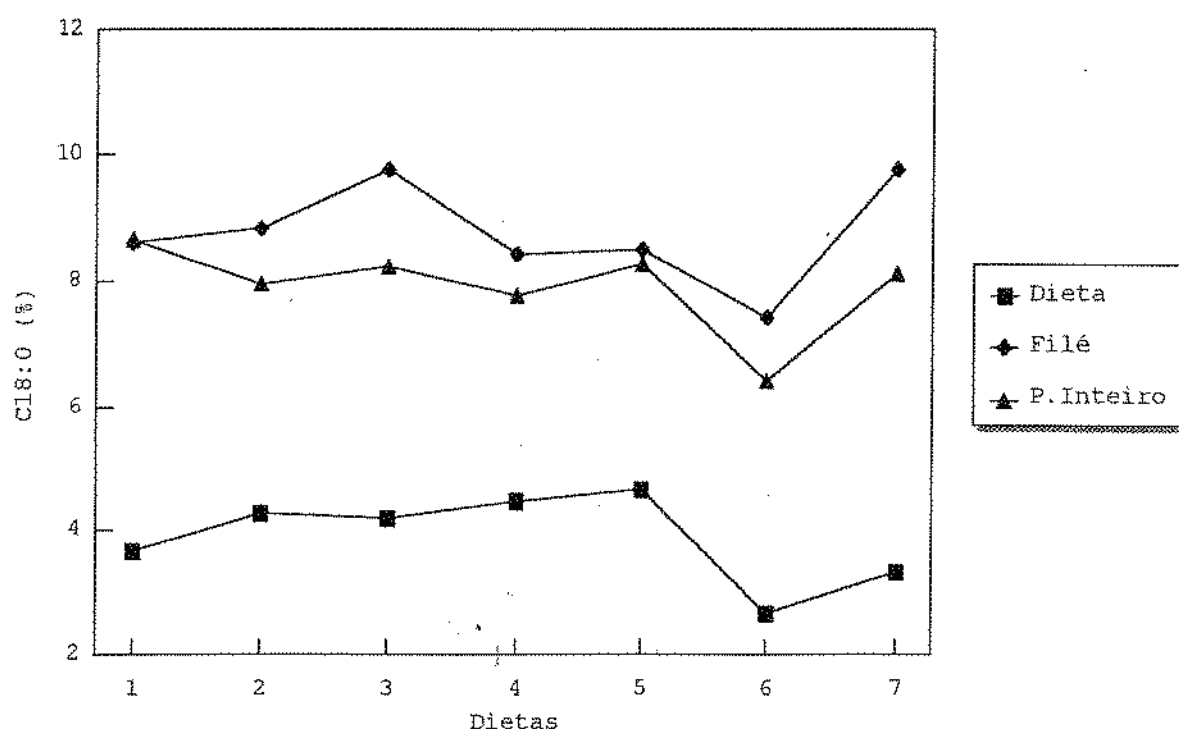


Figura 4 - Porcentagem de C18:0 nas dietas, filé e peixe inteiro

Analisando a Figura 4, pode-se deduzir que os peixes sintetizam C18:0 de maneira notável, mantendo-o num nível relativamente constante, entre 8 e 10%.

YU et alii (1977), estudando a composição corporal de ácidos graxos dos lipídios de trutas arco-íris alimentadas com dietas

contendo vários níveis de ácidos graxos saturados observaram uma constância destes ácidos graxos nos lipídios corporais. No entanto contrariamente aos resultados obtidos neste experimento, aqueles autores não encontraram correlação entre o conteúdo de 16:0 das dietas e dos lipídios corporais. Resultados semelhantes foram obtidos por MUGRDITCHIAN et alii (1981) com o salmão "chinook". O teor de saturados das dietas variava de 24,2% a 36,5% e a deposição nos lipídios corporais foi de 21,6% a 24,0%. Nos dois trabalhos citados, os autores concluíram que os peixes estudados, tem a capacidade de metabolizar os ácidos graxos saturados que eles consomem para manter constante o nível destes ácidos nos tecidos. Acreditamos que o tambaqui possa ter este mecanismo de manter constante o nível de seus ácidos graxos saturados desde que eles sejam fornecidos a uma taxa mínima, pois a dieta 6 (óleo de milho) que continha apenas 20,77% de ácidos graxos saturados, provocou uma deposição de somente 30% destes ácidos nos tecidos dos peixes.

Na tabela 14, tem-se uma visão geral do que ocorreu com os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados nos peixes alimentados com as sete dietas.

Os ácidos graxos saturados, já comentados, foram mantidos de maneira relativamente constante, com exceção da dieta 6 (óleo de milho).

Os ácidos graxos monoinsaturados (Tabela 14), foram depositados em maior porcentagem na gordura do peixe inteiro, atingindo o máximo nos peixes alimentados com a dieta 5 (38,01%). Parece ser necessário que a dieta tenha um mínimo em torno de 30% de monoinsaturados, para que os peixes o depositem numa quantidade superior a 30%, pois a dieta 1, contendo 24,39% de monoinsaturados, não foi suficiente para manter o nível destes ácidos no corpo do peixe. Os peixes alimentados com a dieta 4, que continha 33,11% de monoinsaturados, apresentaram a composição em ácidos graxos monoinsaturados mais próxima da composição inicial, ou seja 32,85% e 35,54% destes ácidos no filé e peixe inteiro, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14 - Totais de ácidos graxos saturados, mono e poliinsaturados nas dietas e peixes. (%)

Tratamento		Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	S/I*
1	Dieta	27,44	24,39	47,59	0,39
	Filé	34,77	25,92	38,48	0,54
	P. Inteiro	38,06	29,47	31,53	0,62
2	Dieta	32,74	28,88	37,79	0,49
	Filé	37,66	30,22	31,50	0,61
	P. Inteiro	38,52	31,88	28,96	0,63
3	Dieta	34,16	29,11	35,58	0,53
	Filé	38,62	31,64	26,85	0,66
	P. Inteiro	39,07	33,78	26,55	0,65
4	Dieta	36,83	33,11	28,65	0,59
	Filé	39,11	32,85	27,46	0,65
	P. Inteiro	39,76	35,54	24,10	0,66
5	Dieta	40,06	33,00	25,05	0,62
	Filé	39,23	33,34	26,83	0,65
	P. Inteiro	40,82	38,01	20,62	0,69
6	Dieta	20,77	31,56	47,25	0,26
	Filé	30,19	31,20	38,07	0,44
	P. Inteiro	29,52	32,18	37,55	0,42
7	Dieta	21,03	31,14	47,73	0,27
	Filé	38,67	33,17	26,93	0,64
	P. Inteiro	37,95	34,44	26,36	0,62
Peixes antes do experimento					
	Filé	37,71	32,96	28,31	0,62
	P. Inteiro	35,86	35,04	28,12	0,57

S/I* = Taxa Saturados/Insaturados

O ácido oleico (C18:1), principal monoinsaturado, foi incorporado de uma forma linear aos aumentos de óleo de palma nas dietas (Figura 5). A dieta 5, contendo 29,93% de ácido oleico proporcionou quase a mesma deposição deste ácido graxo nos músculos (30,21%), enquanto que no corpo todo foi 34,62%. O ácido palmitoleico (C16:1) foi depositado nos filés em proporções

semelhantes às das dietas, sendo que no peixe inteiro, a deposição foi ligeiramente superior do que as do filé. Ao se comparar os níveis deste ácido graxo no final do experimento, com os do início, nota-se que houve uma diminuição do C16:1 depositado tanto no músculo como no peixe todo. A concentração que estava ao redor de 4,7% caiu para valores próximos a 3,0%, provavelmente indicando que na deficiência de ácidos graxos dietários com maior comprimento de cadeia, este ácido graxo pode ter sido alongado e dessaturado, ou metabolizado preferencialmente.

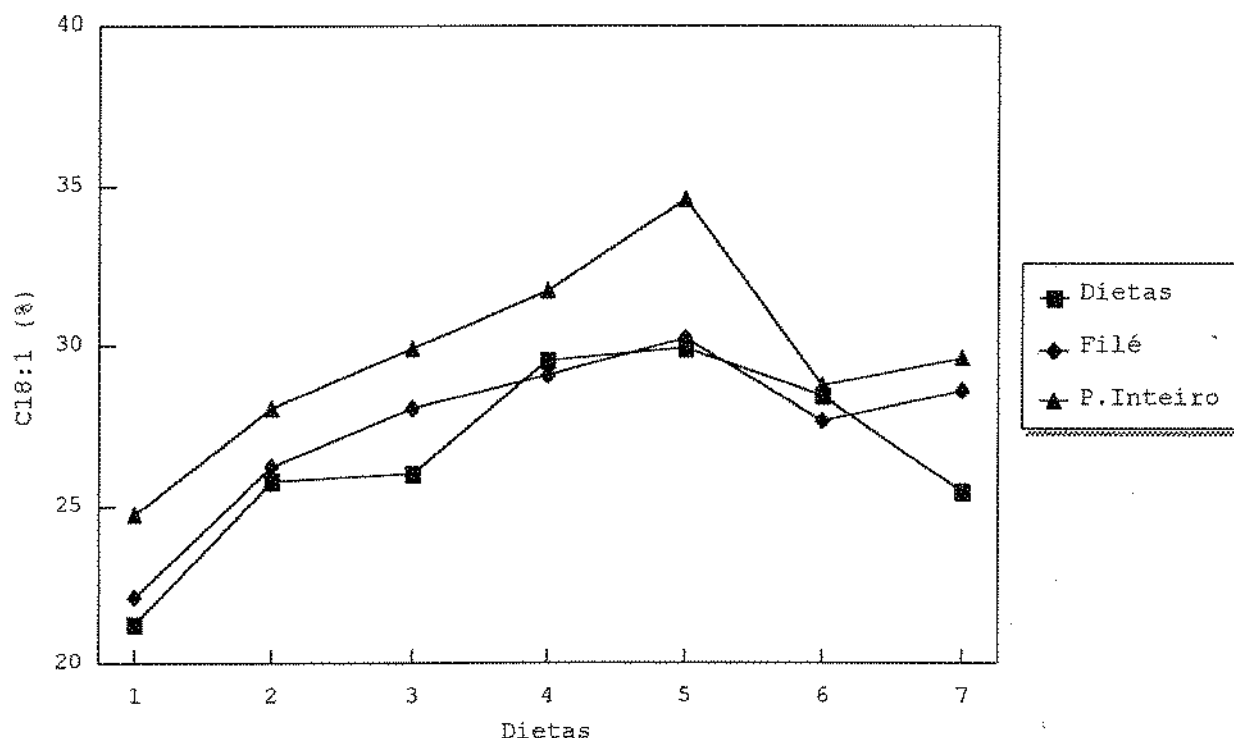


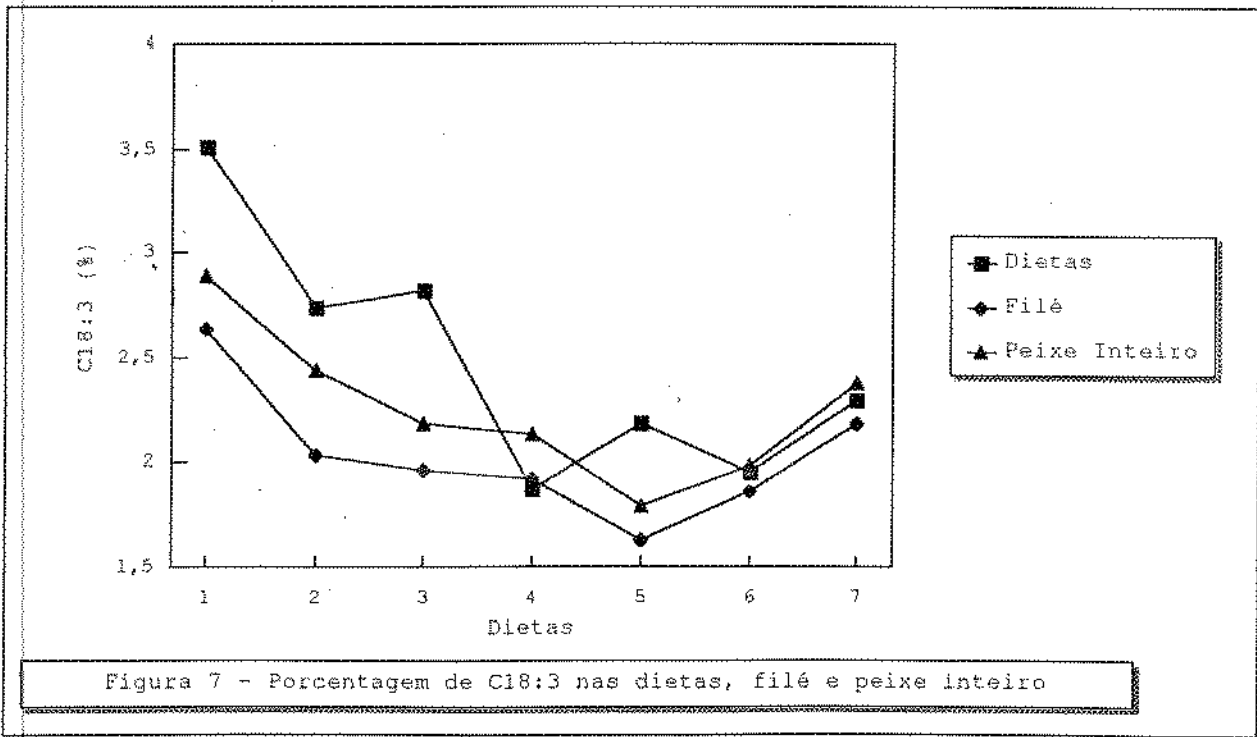
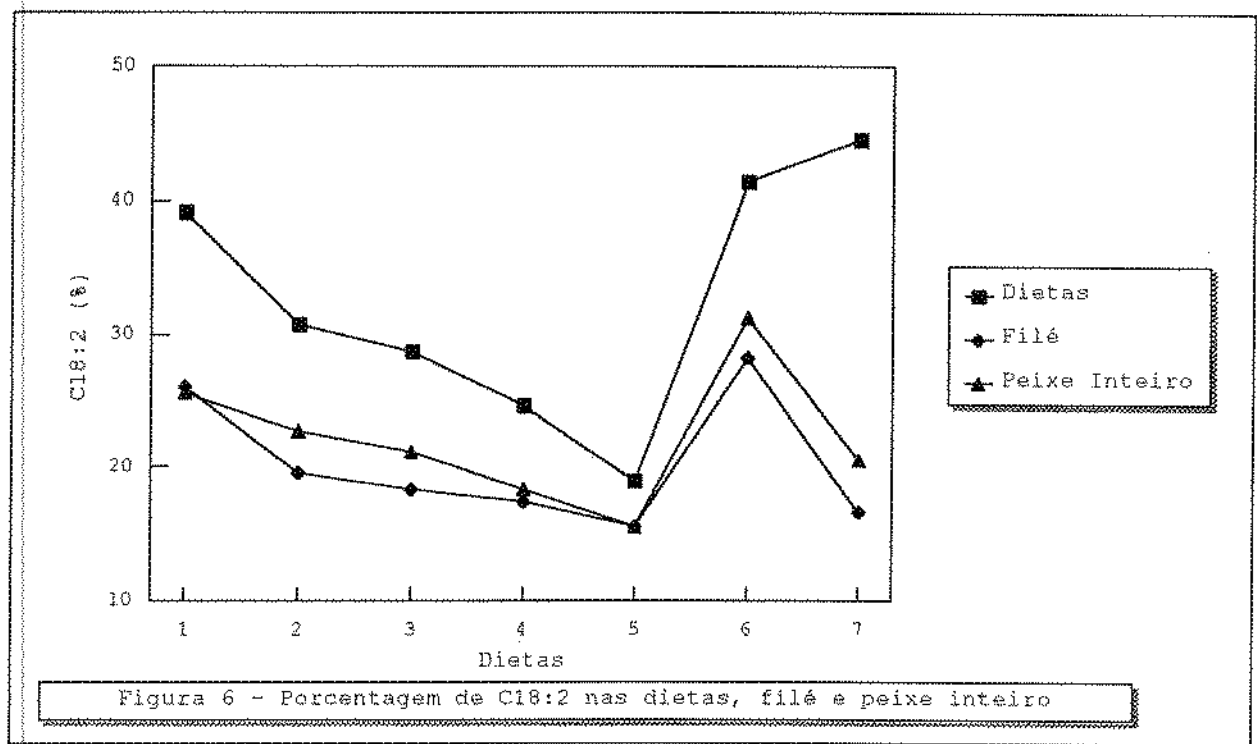
Figura 5 - Porcentagem de C18:1 nas dietas, filé e peixe inteiro

A composição de ácidos graxos poliinsaturados dos peixes foi fortemente influenciada pelos ácidos graxos poliinsaturados das dietas (Tabela 14). As maiores concentrações de polinsaturados presentes nas dietas 1 (47,59%) e 6 (47,25%), foram refletidas no músculo e no corpo todo dos peixes que as receberam. Com a dieta 1, a porção muscular teve um aumento de 35,96% de polinsaturados em relação aos músculos dos peixes antes do tratamento dietário. No corpo todo o aumento foi bem menor, de apenas 12,12%. Com os

peixes da dieta 6 houve um acréscimo de 34,47% no músculo e de 33,53% no corpo todo. Isto pode ter ocorrido porque o óleo de milho, apresenta teores mais elevados de ácido linoleico ($\pm 58\%$), que o DDOS ($\mp 47\%$). Embora a dieta controle (7) apresentasse altos teores de ácidos polinsaturados (47,73%), ela não foi capaz de induzir a deposição destes ácidos nos peixes, como ocorreu com as dietas 1 e 6. Deve-se lembrar que esta dieta (7), aparentemente não continha farinha de peixe, que fornece ácidos graxos de cadeia longa e alta insaturação, e além disso, esta dieta apresentava a metade do teor de lipídios totais das outras, portanto pode-se inferir que parte dos polinsaturados contidos na dieta (quase exclusivamente C18:2), foram gastos como energia, e parte foi dessaturada e alongada para satisfazer as necessidades da composição dos fosfolipídios.

Os peixes alimentados com as dietas 4 e 5, que contém os menores níveis de polinsaturados, 29,65% e 25,01%, respectivamente, depositaram estes ácidos graxos no músculo a níveis próximos aos observados antes do experimento, porém nos lipídios do corpo inteiro houve uma diminuição de aproximadamente 15% nos peixes das dietas 4, e 25% nos peixes da dieta 5.

O principal ácido graxo diinsaturado do tambaqui, o ácido linoleico (C18:2), foi depositado no músculo e no corpo todo dos peixes, acompanhando de maneira geral, o nível presente nas dietas ainda que em proporções ligeiramente mais elevadas no peixe inteiro, do que nos músculos (Figura 6). Tal fato também foi observado com o ácido linolênico, C18:3 (Figura 7).



Observando-se as tabelas 12 e 13, pode-se notar que os ácidos graxos de maior comprimento de cadeia e maiores insaturações (C20:5; C22:5 e C22:6) foram depositados preferencialmente nos músculos, relação inversa a que ocorreu com os ácidos graxos saturados de menor comprimento de cadeia (C14:0, C15:0 e C16:0), que foram depositados preferencialmente no corpo todo, que inclui a gordura visceral e cavitária.

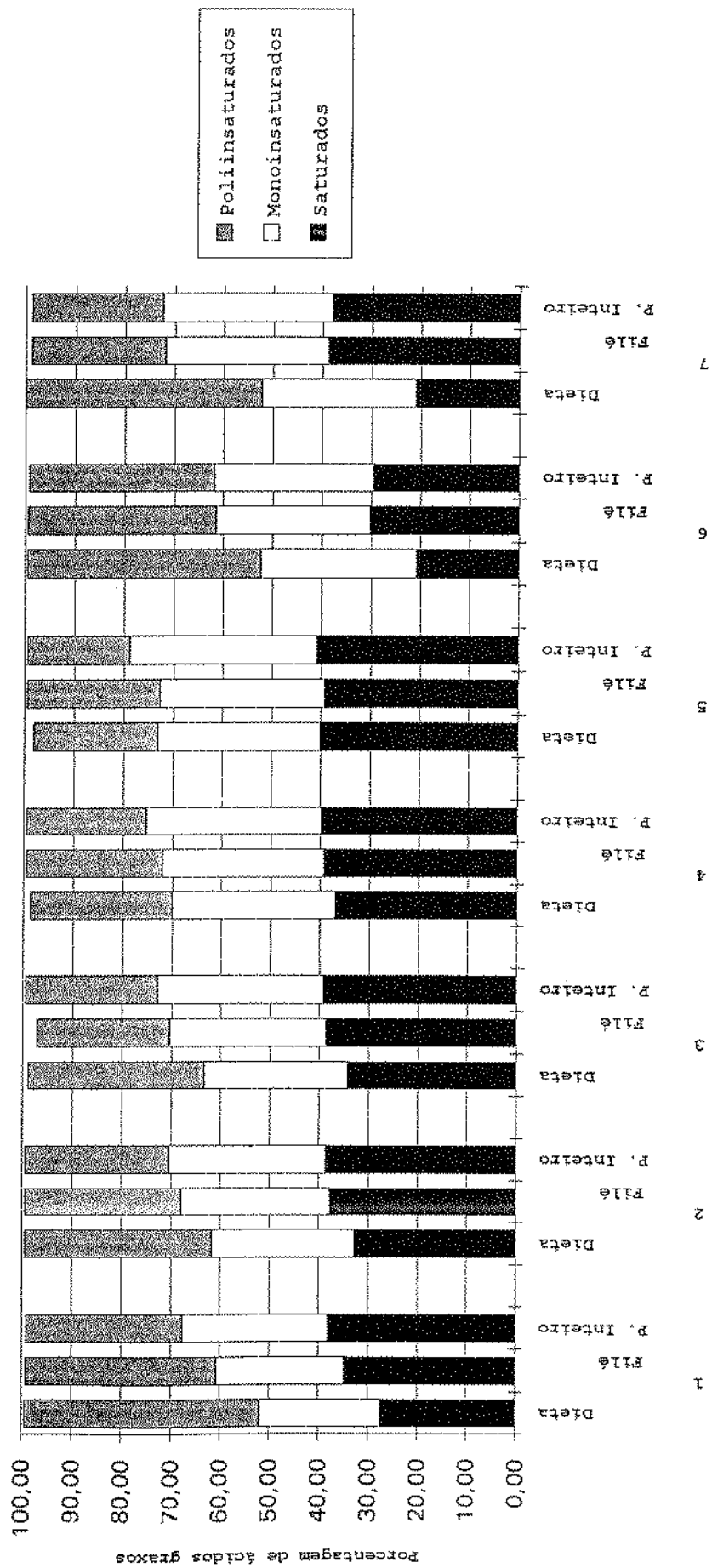
A figura 8, permite uma visualização geral da proporção de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados das dietas e peixes após o tratamento com as diferentes dietas.

É interessante notar (tabela 14) que, independentemente da relação saturados/insaturados (S/I) das dietas, que variou de 0,27 a 0,62, o peixe manteve praticamente constante a taxa de S/I no corpo todo e no filé, de 0,61 a 0,69, com exceção das dietas 1 e 6. Este fato sugere que o tambaqui tem a capacidade de "normalizar" a proporção de S/I em seus tecidos, metabolizando como energia os ácidos graxos em excesso, e portanto, fontes de gorduras mais saturadas como o óleo de palma (dietas 2, 3, 4 e 5) podem ser usadas por esta espécie sem grandes ajustes na sua composição corporal de ácidos graxos. A taxa S/I do tambaqui antes do experimento era de 0,62 no músculo e 0,57 no peixe inteiro.

Resultados semelhantes foram obtidos por CHI & CURTIS (1989) com a carpa (*Ctenopharyngodon idella*), onde a taxa de S/I muscular variou muito pouco (0,31 - 0,36), independente da taxa S/I das dietas (0,27 - 0,66).

Segundo VIOLA et alii (1981) a constância da composição de ácidos graxos do peixe é importante tanto para o consumidor como para o processador, pois grandes variações na taxa básica de S/I, assim como no grau de insaturação, tem consideráveis implicações na qualidade do sabor e estocagem do peixe e seus produtos.

Figura 8 - Relação entre ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados nas dietas, filé e peixe inteiro.



A tabela 15, apresenta os parâmetros estatísticos dos ácidos graxos individuais quantitativamente mais importantes das dietas, filés e corpo inteiro, realizada com o objetivo de ampliar a compreensão sobre as relações entre ácidos graxos dietários e ácidos graxos depositados. As dietas entram nesta avaliação apenas como tratamentos, independentemente se elas foram formuladas com DDOS, óleo de palma ou outro tipo de gordura, o que pode nos fornecer indícios do comportamento do tambaqui, em função dos lipídios dietários.

Tabela 15 _ Valores médios, desvio padrão (d.p.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de correlação (r) de alguns

ácidos graxos individuais das dietas, filés e lipídios do corpo do tambaqui, no final do ensaio biológico

Ácido Graxo	Amostras	Média	d.p.	c.v. (%)	Coef. Correl. r	
					D/F	D/C
C14:0	Dieta (D)	1,98	±0,52	26,39		
	Filé (F)	1,51	±0,22	14,36	-0,194	
	Corpo (C)	1,55	±0,21	13,76		0,813
C16:0	Dieta (D)	23,13	±6,64	28,69		
	Filé (F)	26,19	±2,72	10,31	0,800	
	Corpo (C)	27,82	±3,10	11,14		0,736
C16:1	Dieta (D)	2,81	±1,04	42,87		
	Filé (F)	2,81	±0,43	15,38	0,940	
	Corpo (C)	3,01	±0,49	16,11		0,980
C18:0	Dieta (D)	3,89	±0,72	18,60		
	Filé (F)	8,75	±0,82	9,42	0,300	
	Corpo (C)	7,91	±0,72	9,10		0,586
C18:1	Dieta (D)	26,62	±2,98	11,20		
	Filé (F)	27,40	±2,63	9,62	0,891	
	Corpo (C)	29,61	±3,08	10,41		0,880
C18:2	Dieta (D)	32,57	±9,43	28,94		
	Filé (F)	20,25	±4,91	24,25	0,576	
	Corpo (C)	22,13	±5,14	23,21		0,715
C18:3	Dieta (D)	2,48	±0,58	23,41		
	Filé (F)	2,03	±0,32	15,60	0,774	
	Corpo (C)	2,25	±0,36	15,86		0,818

Os dados da tabela 15 confirmam as tendências observadas anteriormente e permitem visualizar o destino dos ácidos graxos.

Entre os ácidos graxos saturados, o C14:0 é pouco relevante pois não se acumula nos lipídios musculares, podendo-se inferir que não faz parte de fosfolipídios (GREENE & SELIVONCHICK, 1987).

O C16:0 é um ácido graxo da maior relevância nas estruturas dos fosfolipídios dos peixes, onde se localiza na posição 1 do glicerol, acompanhando o C20:4 ω 6, C20:5 ω 3 ou C22:6 ω 6 que se localizam na posição 2. (TAKAHASHI, apud HENDERSON & TOCHER, 1987). Provavelmente por este fato, o C16:0 foi preservado nos lipídios do filé e da gordura corporal, pois excedeu ligeiramente o teor fornecido pela dieta. A sua conservação na gordura de reserva, provavelmente é explicada pela necessidade do peixe em manter os depósitos suficientemente consistentes. A correlação entre dieta e filé é alta, se bem que ele pode ter sido sintetizado.

As dietas apresentam grande variabilidade nos níveis de C16:0 (c.v.= 28,69%), porém no filé e no corpo o teor foi mais homogêneo com c.v. ao redor de 10%, indicando que é necessário em níveis mais específicos.

O ácido C16:1, parece ser incorporado no filé e na gordura de reserva em porcentagens próximas, apresentando alto índice de correlação entre dieta e deposição. Entre as dietas o c.v. é muito alto, e menor, porém ainda alto no filé e no peixe inteiro, indicando que o C16:1, não deve ser necessário a um nível específico.

O C18:0 apresenta a menor correlação entre o que foi fornecido na dieta e a quantidade depositada no filé e na gordura corporal. As dietas tinham apenas 3,89% de C18:0, porém nos filés foi encontrado 8,75% e no corpo 7,91%, mais de duas vezes a quantidade fornecida. A origem do C18:0 pode ter sido por síntese, porém pode-se inferir que a forte diminuição do C18:2 possa ter dado origem ao C18:0 excedente.

A soma de C14:0, C16:0 e C18:0 resulta um valor mais ou menos constante, em torno de 37%, portanto é possível aceitar que as porcentagens de C16:0 e C18:0 se ajustem para manter o nível de 37%, superando as variações nas dietas, pelos mecanismos de síntese

e alongamento do C16:0 ou por saturação dos ácidos insaturados com 18 Carbonos.

O C18:1 apresenta uma das correlações mais altas entre o nível dietário e o depositado, seja no filé ou no corpo inteiro. As dietas aparentemente forneceram suficiente C18:1 para os lipídios corporais. Os c.v.'s das dietas são baixos e muito próximos dos obtidos para o filé e o peixe inteiro, sugerindo que este ácido deve estar presente em porcentagens definidas, particularmente nos lipídios musculares.

O C18:2 variou muito nas dietas e nos peixes, e teve índices de correlação baixos. A julgar pelos dados o tambaqui não acumula C18:2, já que a dieta forneceu gorduras com 32,6% deste ácido e apenas 20,3% e 22,1% foi o encontrado no filé e na gordura corporal, respectivamente. A modificação pode ter sido em direção ao C18:0 via saturases e também para C20:4 ω 6, via elongases e dessaturases, pois tanto o C18:0 quanto o C20:4 ω 6 aumentarão no peixe. A transformação para C20:2 ω 6, C18:1 ω 6 ou C18:1 ω 9 é também admissível.

Os peixes apresentaram teores de C18:3 ligeiramente menores do que aqueles presentes nas dietas. Os c.v.'s. relativamente altos sugerem que no filé e no corpo não há um valor estável. Comumente é aceito que o C18:3 não se acumula como tal, sendo convertido em C20:5 ω 3 ou C22:6 ω 3. Neste trabalho, porém ocorreu uma conservação do C18:3, provavelmente porque as dietas tinham farinha de peixe, fornecendo quantidades suficientes de ácidos eicosapentaenóico e docosaheptaenóico para os fosfolípidios.

Outras considerações que apresentam interesse para se discutir o grau de deposição dos ácidos graxos em relação a dieta, envolve a soma dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados (S+M) e a relação entre saturados e insaturados (S/I). Estes valores podem servir como antecedentes para definir a composição de ácidos graxos mais adequada para uma espécie tropical. Certamente a presente pesquisa não pretende extrapolar os seus objetivos de verificar os efeitos do DDOS e do óleo de palma no crescimento e composição corporal do tambaqui, criado sob condições padronizadas de laboratório, porém os dados da composição de ácidos graxos das

dietas, filé e corpo inteiro estão disponíveis e nada impede que sejam aproveitados para avaliar algumas hipóteses.

A figura 9 apresenta graficamente a comparação entre os valores de S+M e S/I das dietas, filé e gordura corporal do tambaqui. Os dados utilizados para a elaboração da Figura 9 estão apresentados na tabela 16.

Tabela 16 - Porcentagem de S+M e relação S/I das dietas, filé e peixe inteiro.

Dietas	S+M			S/I		
	Dieta	Filé	P.Int.	Dieta	Filé	P.Int
1	51,83	60,69	67,5	0,38	0,54	0,62
2	61,62	67,58	70,40	0,48	0,61	0,63
3	63,27	70,26	72,90	0,53	0,66	0,65
4	69,94	71,96	75,30	0,59	0,65	0,66
5	73,06	72,57	78,83	0,69	0,65	0,69
6	52,33	61,39	61,73	0,26	0,44	0,42
7	52,17	71,84	72,30	0,27	0,64	0,62

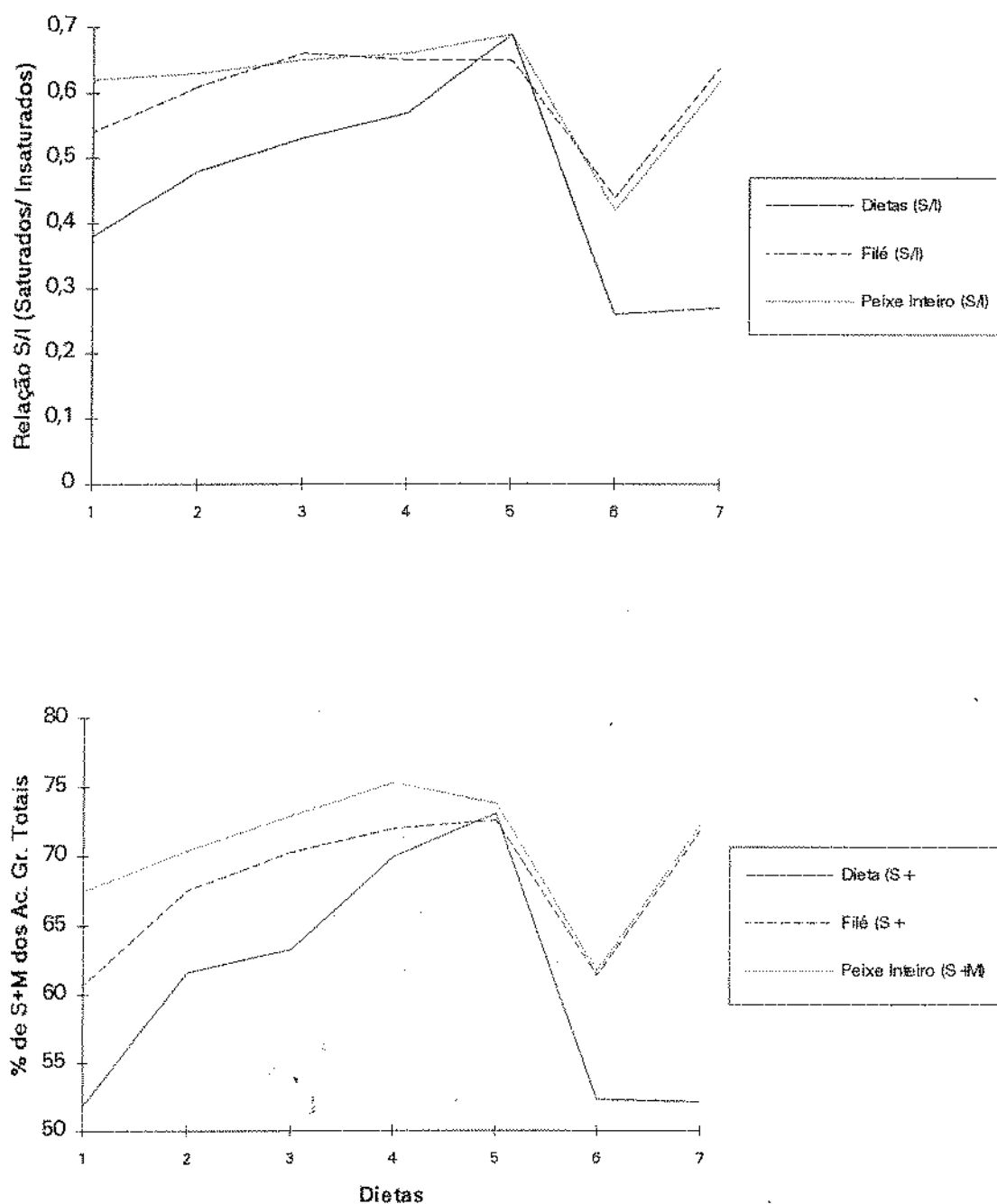


Figura 9 - Representação gráfica comparativa da porcentagem de S+M e da relação S/I dos ácidos graxos totais das dietas, filé e peixe inteiro.

Convém discutir a fig. 9 separando o grupo de dietas 1 a 5 que tem DDOS e óleo de palma, das dietas com óleo de milho (6) e dieta comercial (7).

O aumento do óleo de palma nas dietas causa um aumento linear das relações S+M e S/I. O aumento de S+M nas dietas, muda também esta relação no filé e no peixe inteiro, particularmente com as dietas 1 e 2. No entanto, com os peixes alimentados com as dietas 3, 4 e 5, o aumento de S+M na dieta altera pouco o teor de S+M no filé e praticamente não muda a relação S/I do mesmo, sugerindo que a partir da dieta 3 (3% de DDOS + 3% de óleo de palma) as necessidades de S+M e a relação S/I nos músculos atingiram um valor satisfatório (em torno de 72% de S+M e 0,65 de S/I) para este peixe nas condições em que foi criado.

O fato da relação S+M e S/I muscular serem satisfeitos a partir da dieta 3, faz com que o excesso de S+M das dietas 4 e 5 seja armazenado na gordura cavitária que se assemelha cada vez mais com a gordura ingerida, apresentando na dieta 5, um índice S/I exatamente igual (0,69) na gordura depositada como reserva e na gordura da dieta. A gordura do depósito de reserva tem geralmente melhor correlação com a composição de ácidos graxos da dieta, que a gordura muscular, porém ela parece não ter sido simplesmente armazenada, pois precisa cumprir certas condições quanto às propriedades físicas, já que nos peixes de água doce tropicais, está firmemente aderida a cavidade ventral como um depósito sólido.

A dieta 6, com óleo de milho, apresenta valores baixos de S+M e extremamente baixos de S/I. Esta situação se reflete no filé cuja relação S+M de 61,4% é nitidamente inferior a 72%, a média que foi atingida com as dietas que apresentavam óleo de palma. A relação S/I de 0,44 está também abaixo de 0,65. No entanto, estas diferenças notáveis parecem não ser tão relevantes nos parâmetros da eficiência das dietas; como será comentado posteriormente.

O comportamento da dieta 7 é difícil de interpretar, pois desconhecemos os ingredientes. De acordo com a composição centesimal esta dieta apresentava valores menores de lipídios totais, 5,73% contra média de 11,1% das outras dietas e teores ligeiramente maiores de fibra e proteínas.

Através da figura 9, pode-se deduzir que a dieta 7 se comportou muito próxima das dietas 2 e 3, produzindo no filé e no peixe inteiro relações de S+M e S/I altas, a despeito do baixo

valor de S+M e S/I nesta dieta. Este fato, quebra a correlação alta entre S+M (ou S/I) das dietas, filé e peixe inteiro observada em todas as outras dietas. Outro fato interessante é que mesmo com valores altos de S+M e S/I, no filé e peixe inteiro (supostamente os mais adequados), o crescimento com a dieta 7, foi o pior de todos. Certamente não apenas a adequação de lipídios influem na eficiência das dietas. A qualidade da proteína, presença de fatores depressores, estado dos ácidos graxos (livres ou esterificados), tipo e nível de carboidratos, fibras, e outros fatores causam influência sobre o desempenho de produção dos peixes.

O DDOS contém em torno de 63% de ácidos graxos, quase completamente como ácidos graxos livres. A proporção entre eles é relativamente próxima à do óleo de soja de onde provém; sua incorporação, portanto, ao nível de 6% (dieta 1), poderia corresponder a uma dieta com óleo vegetal típico, alto em C18:2 e próximo ao do milho. De fato, a relação S+M e S/I, na dieta, no filé e na gordura integral está mais próxima da dieta com milho, que de qualquer uma das dietas com adição de óleo de palma.

4.6 - Composição centesimal dos peixes antes e após o experimento de alimentação.

Na tabela 17 são apresentados os valores médios, das análises de composição centesimal dos músculos dos peixes, antes e após o tratamento com as diferentes rações.

Tabela 17 - Composição centesimal do filé de tambaqui no início e no final do período experimental

	Umidade (%)	Proteína Bruta (%)	Lipídios Totais (%)	Cinzas (%)
Início do Experimento	77,99	18,13	2,31	1,45
Final do Experimento				
Dietas				
1	76,46	19,78	1,85	1,22
2	78,50	18,21	1,95	1,22
3	78,73	18,67	1,68	1,10
4	78,19	18,31	2,17	1,17
5	76,28	19,06	2,27	1,36
6	77,65	18,84	2,41	1,20
7	77,59	18,69	2,22	1,37
Média Geral	77,63	18,79	2,07	1,23

Comparando-se os valores médios de cada item analisado no final do experimento, com aqueles do início, observa-se que não ocorreram grandes variações com relação aos teores de umidade, proteína e lipídios na porção muscular dos tambaquis. Houve porém, uma ligeira tendência do peixe em reter menos gordura nos músculos quando alimentados com dietas contendo 3% ou mais de DDOS (dietas 1, 2 e 3). Nota-se também, que os níveis crescentes de óleo de palma nas dietas (2, 3 e 4%), induziram a um pequeno aumento no conteúdo de água muscular e diminuição da proteína bruta. Estudo realizado com o bagre de canal (GATLIN & STICKNEY, 1982), mostrou que as variações nas fontes e níveis dos lipídios dietários, não afetou a composição centesimal deste peixe. No entanto, PEZZATO (1990), observou que no pacu, ocorreram elevações significativas de lipídios corporais, e pequenas variações no conteúdo de proteína bruta, quando alimentados com diferentes níveis de gordura animal

(suína) ou vegetal (óleo de soja). Outros estudos também tem revelado que, dependendo da fonte de gordura, os teores de lipídios e proteínas corporais podem ser alterados, como na tilapia (NAIR & GOPAKUMAR, 1981), na enguia (DEGANI, 1986) e na tainha (ARGIROPOULOU et alii, 1992).

MAIA (1992), observou que os músculos dos tambaquis jovens criados em cativeiro com peso médio de 887g, apresentaram 74,2% de umidade, 6,0% de lipídios e 17,1% de proteína. Estes valores são relativamente diferentes dos obtidos neste estudo, realizados com alevinos de tambaqui com peso médio de 14g no início do experimento, e entre 98,71 e 157,31g no final, após 142 dias de alimentação. Os músculos dos alevinos inicialmente continham mais água (77,99%), menos lipídios (2,31%) e valores ligeiramente maiores de proteína (18,13%), que os tambaquis jovens do trabalho de MAIA (1992); não ocorrendo variações importantes após o experimento de alimentação. Tambaquis adultos capturados no rio Amazonas pesando aproximadamente 15Kg, continham nos seus músculos entre 2,39 e 4,88% de lipídios e 75,89-79,10% de umidade (CASTELO et alii, 1980). De acordo com o autor trata-se de uma espécie considerada "magra" pelo seu teor de lipídios musculares e "gorda" quando se considera a gordura cavitária que pode chegar a 10% do peso total do peixe. De fato, observando a composição dos alevinos de tambaqui na tabela 20, obtida por análise do corpo todo, portanto com a gordura cavitária, nota-se que os alevinos apresentaram 5,48% de lipídios no início do experimento, praticamente o dobro do teor de lipídios musculares (Tabela 17).

A tabela 18 contém os valores médios das análises de composição centesimal do peixe inteiro, antes e após o tratamento com as diferentes dietas.

Tabela 18 - Composição centesimal do corpo inteiro do tambaqui no início e no final do período experimental

	Umidade (%)	Proteína Bruta (%)	Lipídios Totais (%)	Cinzas (%)
Início do Experimento	74,07	15,09	5,48	3,63
Final do Experimento				
Dietas				
1	69,79	15,39	8,81	4,04
2	69,03	17,52	9,48	4,00
3	70,38	16,70	9,40	3,61
4	69,14	16,43	9,06	3,91
5	68,33	16,75	10,72	3,80
6	70,45	16,03	9,71	3,91
7	71,66	16,10	8,21	4,02
Média Geral	69,82	16,42	9,34	4,00

Ao se comparar os valores médios gerais da composição do peixe inteiro, obtidos no final do experimento com os do início, notam-se diferenças marcantes, principalmente quanto aos teores de umidade e lipídios. Os peixes no final do experimento haviam acumulado maior teor de lipídios e conseqüentemente menor quantidade de água. Comparando-se os valores dos 7 tratamentos, observa-se que as dietas tiveram influência marcante sobre os teores de lipídios e umidade do corpo todo, comportamento que difere com o observado no filé (tabela 18), no qual as diferenças nos teores de umidade, proteína e lipídios não eram tão acentuadas.

O teor de umidade dos peixes alimentados com a dieta 7, foi o maior obtido entre os diferentes tratamentos, o que corresponde também ao menor nível de gordura. O maior teor de lipídios foi observado na dieta 5, com 6% de óleo de palma, havendo uma relação inversa com o teor de umidade. Este fato pode estar relacionado com a composição do óleo de palma, que sendo rico em ácidos graxos saturados (16:0), foram preferencialmente depositados na gordura cavitária.

Quanto à proteína corporal, a dieta 1 induziu a menor deposição (15,39%), se bem que este valor esteve próximo daquele

que os peixes apresentavam no início do experimento. As outras dietas promoveram elevações em até 2 pontos porcentuais, do teor de proteína corporal.

4.7 - Desempenho de produção do tambaqui durante o período experimental

Na tabela 19 são apresentados os resultados (valores médios) do desempenho de produção do tambaqui após os 147 dias de experimento, em termos de ganho em peso (GP), ganho em comprimento (GC), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e taxa de crescimento específico (TCE). As análises de variância pelo teste F, mostraram que as dietas tiveram efeitos significativamente diferentes para o ganho em peso, ($P \leq 0,05$), para o ganho em comprimento ($P \leq 0,01$) e para o consumo de ração ($P \leq 0,05$).

Tabela 19- Desempenho de produção do tambaqui após 147 dias de experimento.

Dietas	GP(g)	GC(cm)	CR(g)	CA	TCE(%/dia)
1	94,18 ^{bc}	9,03 ^{ab}	151,76 ^{bc}	1,61	1,41
2	85,61 ^c	7,73 ^c	139,40 ^c	1,68	1,31
3	132,11 ^{ab}	10,03 ^a	194,88 ^{ab}	1,48	1,63
4	112,00 ^{abc}	9,43 ^{ab}	164,16 ^{abc}	1,47	1,50
5	142,73 ^a	11,03 ^a	207,38 ^a	1,47	1,61
6	118,88 ^{abc}	9,67 ^{ab}	183,38 ^{abc}	1,54	1,63
7	83,06 ^c	7,63 ^c	139,61 ^c	1,69	1,25
Valores de F	3,12 *	4,96 **	3,14 *	2,01 ns	2,38 ns
Coeficiente de Variação(%)	20,68	11,31	15,72	7,57	11,15

Médias verticais seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de DUNCAN.

*) $P \leq 0,05$

**) $P \leq 0,01$

GP = Ganho em Peso

GC = Ganho em Comprimento

CR = Consumo de Ração

CA = Conversão Alimentar

TCE = Taxa de Crescimento Específico

A taxa de conversão alimentar e a taxa de crescimento específico não foram influenciados significativamente pelas dietas experimentais, embora os melhores valores tenham sido observados com as dietas contendo níveis acima de 3% de óleo de palma.

A comparação das médias do GP dos diferentes tratamentos pelo teste de Duncan, revelou que a dieta 5, diferiu das dietas 1, 2 e 7. De fato, os melhores ganhos de peso foram obtidos com as dietas

contendo níveis mais elevados de óleo de palma (dietas 3, 4 e 5), e os resultados mais baixos de ganho de peso foram os das dietas 2 e 7. Embora se observe certa superioridade da dieta 6 (6% de óleo de milho), com relação às dietas 1, 2 e 7, elas não diferiram significativamente entre si. Calculando-se a porcentagem de GP, do início ao final do experimento, confirma-se o efeito do óleo de palma em melhorar o crescimento, ou seja : 986%, 970%, 856%, 805%, 693%, 609% e 531% para as dietas 5, 3, 6, 4, 1, 2 e 7 respectivamente. MEROLA & CANTELMO (1987), testando diferentes taxas de alimentação em alevinos de tambaqui cultivados em caixas flutuantes, obtiveram de 781% a 884% de GP em 194 dias de experimento. Alguns dos valores encontrados neste experimento, superam os valores dos autores citados, portanto promoveram crescimentos maiores, em menor tempo.

PEZZATO (1990), trabalhando com o pacu, espécie filogeneticamente próxima ao tambaqui, testou diferentes níveis e fontes de gordura nas dietas, encontrando melhores resultados de GP e CA, com até 16% de gordura animal (suínos), ao passo que níveis superiores a 8% de gordura vegetal (óleo de soja), prejudicaram o desempenho dos peixes. No presente estudo com o tambaqui, somente gorduras vegetais foram testadas, e o maior nível de óleo de palma adicionado à dieta (6%), foi o que melhor promoveu o crescimento do peixe.

As dietas influenciaram significativamente o ganho em comprimento (GC) e o consumo de ração (CR), de modo semelhante ao ganho de peso (Tabela 20). O GC foi semelhante entre as dietas 1, 3, 4, 5 e 6 e estas diferiram das dietas 2 e 7.

Os índices de conversão alimentar, embora não diferissem significativamente foram melhores nas dietas 3, 4 e 5. De qualquer forma, os índices de CA obtidos nestes experimentos são iguais ou melhores que os de MEROLA & CANTELMO, 1987 (2,10 a 2,20), os de MEROLA & SOUZA, 1988 (1,90 a 2,17) e os de ECKMANN, 1987, (1,2 a 3,7), obtidos com esta espécie.

A taxa de crescimento específico (TCE), não foi influenciada significativamente pelas diferentes dietas e os valores médios encontrados neste experimento (Tabela 19), também estão próximos aos obtidos pelos autores citados acima, cujos valores variaram de 1,10 a 2,47% / dia.

Para se conhecer em que ponto do experimento as dietas começaram a promover diferenças nas taxas de crescimento, foi realizada análise estatística com os valores médios de cada pesagem (Tabela 20). Nota-se que, a partir do 84º dia de experimentação, as dietas passaram a apresentar influências significativas sobre o GP dos tambaquis (valores de F). Após esse período as dietas contendo os maiores níveis de óleo de palma, promoveram melhores ganhos de peso, fato que pode ser melhor visualizado através da figura 10. Os peixes alimentados com as dietas contendo 6 e 4% de DDOS (1 e 2, respectivamente) cresceram a uma taxa menor e semelhante, à da dieta controle (7), praticamente em todas as fases do experimento

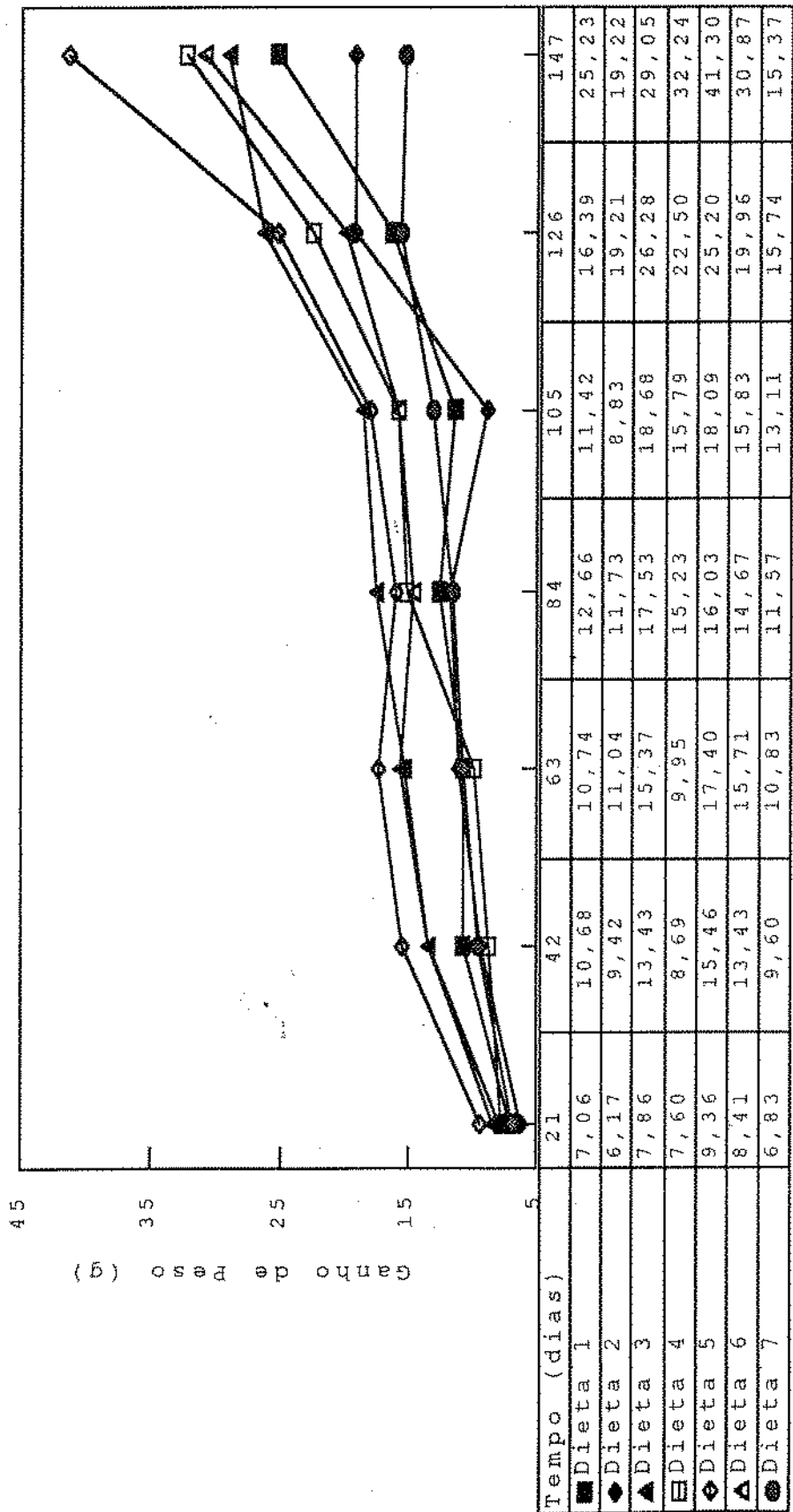
TABELA 20 - Valores médios de ganho em peso acumulado dos peixes, observados a cada 21 dias do período experimental. Valores de F e coeficientes de variação para o parâmetro avaliado.

		Período Experimental							
Dietas	21 dias	42 dias	63 dias	84 dias	105 dias	126 dias	147 dias		
1	7,09ab	17,82ab	28,48ab	41,14b	51,28cd	68,96b	94,18bc		
2	6,17b	15,59b	26,63b	38,36b	47,19d	66,39b	85,61c		
3	7,87ab	21,29ab	36,66ab	54,19ab	72,88ab	99,16a	132,11ab		
4	7,60ab	16,32b	26,60b	41,50b	57,29bcd	79,79ab	112,0abc		
5	9,36a	25,65a	42,20a	58,24a	76,33a	101,53a	142,73a		
6	8,41ab	21,84ab	37,55ab	52,22ab	68,05abc	88,01ab	118,88abc		
7	6,83ab	16,43b	28,09ab	38,83b	52,70cd	67,78b	83,06c		
Valores de F		1,24ns	2,16ns	2,15ns	3,05*	4,79**	3,34*	3,12*	
Coeficientes de Variação (8)		29,08	22,82	23,20	17,66	14,97	17,32	20,68	

T Médias verticais seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Teste de DUNCAN).

ns = Não Significativo * = P≤0,05 ** = P≤0,01

Figura 10 - Ganho de peso médio dos peixes em cada período de 21 dias



Com o objetivo de se avaliar o grau de influência dos diferentes lipídios das dietas, sobre as proteínas corporais, foram avaliadas a taxa de eficiência proteica (TEP) e a eficiência de retenção de Nitrogênio (ERN), cujos valores encontram-se na Tabela 21.

TABELA 21 - Valores médios de taxa de eficiência proteica (TEP) e eficiência de retenção de Nitrogênio (ERN), dos tambaquis¹. Valores de F e coeficientes de variação para os parâmetros avaliados.

Tratamentos/Dieta	TEP	ERN
1	2,10 ^{ab}	31,40 ^{bc}
2	2,04 ^{ab}	36,53 ^{abc}
3	2,29 ^{ab}	38,00 ^{ab}
4	2,35 ^a	38,97 ^a
5	2,28 ^{ab}	38,62 ^a
6	2,17 ^{ab}	35,12 ^{abc}
7	1,89 ^b	30,01 ^c
Valores de F	2,92 [*]	6,12 ^{**}
Coeficientes de Variação(%)	7,46	7,03

¹Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de TUKEY (P ≤ 0,05)

* = P ≤ 0,05 ** = P ≤ 0,01

As dietas tiveram efeitos significativos sobre a TEP (P ≤ 0,05) e a ERN (P ≤ 0,01). Aplicando-se o Teste de Tukey para comparação das médias, nota-se que a taxa de eficiência proteica somente foi diferente entre as dietas 4 e 7. Esta última dieta também teve o pior desempenho em todos os outros parâmetros avaliados. De acordo com UTNE (1978) a TEP, varia com a porcentagem de proteína na dieta, atingindo eficiência máxima a um certo nível de proteína. Se o nível e o tipo de proteína da dieta forem os mesmos, este máximo de eficiência, pode variar não

somente entre as espécies, mas com o tamanho dos peixes dentro de uma mesma espécie (por ex. alevinos x peixes maiores), e ainda, pode estar fortemente relacionada à temperatura da água. Neste experimento, as dietas de 1 a 6 continham os mesmos níveis e fontes proteicas, e a dieta 7 (ração comercial), apresentava nível de proteína ligeiramente mais elevado que as demais (Tabela 7), e suas fontes proteicas, provavelmente diferiam das formuladas para este trabalho, possivelmente pela ausência de farinha de peixe, além dos ingredientes lipídicos adicionados aqui. Calculando-se a Energia Digestível, da dieta 7, com base na sua composição química, notou-se que ela era menos energética que as demais; 2935,77 (dietas 1 a 6) e 2567,64 kcal/kg (dieta 7). As dietas 4 e 5 proporcionaram valores de TEP bastante próximos, podendo-se inferir que os níveis de 4 % e 6% de óleo de palma, melhoraram a eficiência da proteína no ganho de peso.

A ERN, revela outros efeitos. As dietas contendo óleo de palma igual ou acima de 3%, (dietas 3, 4, e 5), foram mais eficientes na deposição de proteínas corporais, que a dieta contendo 6% de DDOS (dieta 1), ou a dieta controle (dieta 7). Esta última teve a menor ERN.

Uma avaliação global do desempenho de produção do tambaqui neste experimento, merece algumas considerações finais.

Apesar da dieta 1 (6% de DDOS), apresentar as relações S+M e S/I, semelhante à dieta 6 (6% de óleo de milho), o crescimento dos peixes não foi influenciado positivamente por este ingrediente, como foi pelo óleo de milho. Imaginávamos que o DDOS, pelo seu alto conteúdo de tocoferóis e ácidos graxos essenciais, fosse capaz de favorecer o desenvolvimento dos alevinos do tambaqui. Como as dietas experimentais (1 a 6), continham os mesmos ingredientes não lipídicos, outros fatores podem ter sido responsáveis pelo desempenho desigual dos peixes durante o experimento. Algumas hipóteses podem ser discutidas. Considerando-se que as dietas 1, 6 e 7, fossem deficientes em vitamina A (tomando-se como base os requerimentos da carpa), a dieta 6, não deveria ter promovido crescimento tão diferente das dietas 1 e 7.

Portanto, não somente níveis supostamente adequados de vitamina A, podem ser responsáveis, pelo crescimento satisfatório do tambaqui, neste experimento.

Conforme foi citado na revisão da literatura, dietas contendo níveis elevados de lipídios (principalmente ácidos graxos polinsaturados), aumentam a exigência dos peixes por α tocoferol. Em todos os peixes estudados na literatura, a deficiência de α tocoferol, induz diminuição do crescimento, seguidas de miopatias e em alguns casos, a elevação da taxa de mortalidade. Neste experimento, as dietas 1, 2, 3 e 4 continham elevados níveis de tocoferóis; provavelmente acima das necessidades dos peixes, e não foram notados quaisquer dos sintomas descritos na literatura como sinais de deficiência de α tocoferol. No entanto, esse "excesso" de tocoferóis, parece não ter contribuído para melhorar a eficiência geral das dietas.

Outro fato a ser considerado é o alto índice de acidez do DDOS, que contém 38,19 g/100g de ácidos graxos livres. Pelo menos um estudo revisado na literatura (WISEMAN & SALVADOR, 1991), faz referência à influência dos ácidos graxos livres sobre o valor nutritivo das gorduras. O aumento de ácidos graxos livres nos lipídios das dietas, mais do que as gorduras em si, podem ter sofrido interações com os componentes não lipídicos da dieta, diminuindo seu valor energético. Pode-se inferir que o teor elevado de ácidos graxos livres do DDOS, podem ter diminuído seu valor nutricional, nas dietas do tambaqui, neste experimento.

4.8- Avaliação Sensorial

De maneira geral, as amostras de tambaqui, foram bem aceitas pelos provadores. Nas fichas de avaliação, os comentários favoráveis, descreviam as amostras como suculentas, macias, sabor suave e consistência firme e na maioria das vezes era impossível distinguir diferenças entre elas. Atributos indesejáveis, como "leve sabor de barro", "amostra seca", e "com ausência ou excesso de sal", foram citados poucas vezes. Um único provador, citou a amostra da dieta 7 (ração comercial), como tendo "um sabor de

óleo". No entanto essa era a única dieta em que não se adicionou óleo; a embalagem não trazia qualquer referência a adição de óleo ou gordura.

A tabela 22, apresenta os valores médios atribuídos aos parâmetros sabor e cor, pelos provadores, bem como os valores de F, obtidos pela análise de variância.

TABELA 22 - Médias¹ dos parâmetros de sabor e cor atribuídas aos
filés de tambaqui e valores de F da análise de
variância.

Dietas	Sabor	Cor
1	8,02 ^a	4,5 ^a
2	7,83 ^a	5,06 ^a
3	7,93 ^a	4,64 ^a
4	8,08 ^a	4,06 ^a
5	7,92 ^a	5,28 ^a
6	8,21 ^a	4,32 ^a
7	7,92 ^a	3,74 ^a

-----Valores de F-----			
	F Calculado	F Tabelado	
		5%	1%
Sabor			
Amostras/dietas	0,49 ^{ns}	2,79	4,32
Blocos/Provadores	4,02 [*]		
Cor			
Amostras/Dietas	2,09 ^{ns}	2,10	2,80
Blocos/Provadores	5,70 ^{**}		

1= Médias comparadas pelo Teste de Tukey

ns= não significativo

* =P ≤ 0,05 ** = P ≤ 0,01

Os valores médios atribuídos ao parâmetro sabor(Tabela 22), são bem semelhantes, não havendo portanto influência das dietas sobre o sabor da carne do tambaqui. A significância encontrada para blocos/provadores (P≤0,05) é considerada normal, uma vez que trabalhou-se com provadores voluntários não treinados, visando atingir o consumidor comum. Foi considerado apenas, se o provador gostava, e consumia peixes regularmente.

O cultivo do bagre de canal em tanques, nos EUA, frequentemente esbarra no problema de "off-flavor". Este fenômeno é geralmente relacionado com a qualidade da água, pois compostos odoríferos, tais como o geosmin (trans- 1,10- dimetil- trans-9-decalol) e o 2- metil-isoborneol, são produzidos por algas azuis e fungos (actinomicetos). Quando ingeridos ou absorvidos pelos peixes, estes compostos conferem "off-flavor" à carne do peixe, e em alguns casos os peixes estão tão contaminados que é impossível a sua comercialização (BROWN & BOYD,1982 ; MARTIN *et alii*, 1988). Sabores do tipo "lodo" quase sempre são reconhecidos como a causa principal dos "off-flavors", em tanques de cultivo de peixes. Outros sabores foram identificados por LOVELL (1983), definidos como "água de esgoto", "velho", "rançoso", "metálico", "petróleo" e "cheiro de erva daninha" entre outros, no cultivo do bagre de canal em tanques.

Mudanças nos parâmetros de qualidade da carne do peixe relacionados aos ingredientes de suas dietas, tem sido muito pouco estudadas. THOMASSEN & ROSJO (1989) desenvolveram um trabalho com o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) alimentados com diferentes tipos e quantidades de óleos vegetais, ou seja, óleo de soja e óleo de colza com baixos e altos teores de ácido eurúico. Óleo de "capelin" foi adicionado às dietas para manter o conteúdo total de gordura à 18,9%. Os autores observaram diferenças significativas na cor, odor e sabor dos peixes. O óleo de colza (dos dois tipos), diminuiu o "odor de salmão" característico da espécie e o óleo de soja produziu peixes com menor "sabor de salmão".

Interessante pesquisa foi desenvolvida por JOHNSEN & DUPREE (1991) com o bagre de canal, no qual avaliaram o efeito de 21 ingredientes normalmente usados na alimentação deste peixe, sobre o sabor de sua carne. As dietas experimentais foram agrupadas em 3 categorias principais : gorduras e óleos, farinhas de peixe e subprodutos animais e grãos. Enquanto o painel de provadores treinados pôde discriminar entre algumas dietas, com base em atributos particulares, o pessoal do laboratório, não treinado, não foi capaz de discernir diferenças durante as provas informais. Os autores concluíram que os sabores "desejáveis" em bagre de

canal cultivados, são produzidos pelo peixe, com base em sua própria bioquímica, mais do que pelo alimento que eles consomem. Estudos anteriores com este peixe, examinaram o impacto de uma dieta alta em óleo de peixe sobre o sabor, e indicaram que foram detectadas diferenças, mas não influenciaram a aceitabilidade do peixe. (DUPREE et alii, 1979, apud JOHNSEN & DUPREE, 1991).

Quanto ao parâmetro cor, (tabela 22), observa-se que as médias das dietas, não diferiram significativamente entre si. Os peixes alimentados com dietas contendo 2 e 6% de óleo de palma (dietas 2 e 5, respectivamente), receberam as maiores notas, podendo indicar coloração um pouco mais acentuada que as demais. Por outro lado, os peixes da dieta 7 (ração comercial), apresentaram coloração menos intensa que os outros, embora não significativamente diferentes.

A maioria dos estudos referentes à pigmentação do músculo e pele de peixes, estão concentrados nos salmonídeos- truta arco-iris e salmão-(TORRISSEN et alii, 1990; BJERKENG et alii 1990; STOREBAKKEN & CHOUBERT, 1991) e crustáceos marinhos (TANAKA et alii, 1976, apud NRC, 1983; VINCENT, 1989).

De acordo com o NRC, (1983), algumas xantofilas de interesse para os peixes, incluem os pigmentos amarelos, luteína, zeaxantina e taraxantina, além dos pigmentos vermelhos astaxantina e cantaxantina. STOREBAKKEN & NO (1992), em sua revisão sobre a pigmentação da truta arco-iris, relata que a astaxantina é o principal pigmento carotenóide responsável pela cor rósea da carne da truta selvagem, enquanto que, ambas, astaxantina e cantaxantina são usadas para pigmentação de trutas cultivadas. Em trutas jovens imaturas sexualmente, os carotenóides são depositados principalmente na forma livre, nos músculos, e com a maturação sexual, os carotenóides são transferidos dos músculos para a pele e gônadas. Entre os carotenóides citados, o óleo de palma usado neste estudo, possui apenas o licopeno (TAN et alii, 1986), e acreditamos que não chegou a influenciar a coloração do músculo do tambaqui.

5- Conclusões

1 - A adição de 6% de gordura às dietas isocalóricas e isoproteicas, na forma de óleo de palma, óleo de milho ou combinações de DDOS e óleo de palma, teve efeitos diferentes sobre a composição corporal dos peixes. As dietas com óleo de palma e óleo de milho tiveram tendência a depositar mais gordura de reserva (cavitária). A dieta com 6% de DDOS causou o menor acúmulo de gordura e maior de água, tanto no corpo todo como no filé do tambaqui.

2 - As concentrações dos ácidos graxos C16:1, C18:1 e C16:0 nos músculos e no peixe inteiro, são fortemente dependentes do teor destes ácidos na dieta, visto apresentarem altos índices de correlação com os ácidos graxos dietários. As correlações mais baixas ocorreram com o C18:0, C18:2 e C14:0, particularmente nos lipídios do filé e ligeiramente mais altos na gordura cavitária.

3 - Em função de seu habitat o tambaqui parece necessitar de níveis de ácidos graxos saturados mais ou menos constantes, em torno de 37% dos ácidos graxos totais. Este nível o foi alcançado adequadamente com as dietas contendo 6% e 4% de óleo de palma. As outras dietas não atingiam este nível, e os peixes tiveram que alcançar 37% de saturados, via síntese de ácidos graxos saturados ou readaptação de outros ácidos dietários.

4 - As relações S+M (AG Saturados + AG Monoinsaturados) e S/I (AG Saturados / AG Insaturados) nas dietas, na gordura do filé e do corpo inteiro do tambaqui, indicam que para a otimização do crescimento sejam necessários valores mínimos de S+M em torno de 72% para o filé e 77% para o corpo inteiro, e valores de S/I em torno de 0,65 para o filé e 0,67 para o corpo inteiro. Estes valores foram obtidos com as dietas contendo 4% e 6% de óleo de palma, mas não na dieta com óleo de milho e nem nas dietas com muito DDOS.

5 - As dietas promoveram ganhos de peso significativamente diferentes, sendo maiores nos peixes que receberam dietas contendo

3% e 6% de óleo de palma. Entretanto, a taxa de conversão alimentar e taxa de crescimento específico não foram influenciadas significativamente pelo nível e tipo de gordura adicionada a dieta.

6 - As dietas contendo 3%, 4% e 6% de óleo de palma promoveram valores mais elevados de taxa de eficiência proteica e eficiência de retenção de Nitrogênio, que as dietas contendo 4 e 6% de DDOS.

7 - A adição dos diferentes lipídios às dietas, não interferiu nos atributos de cor e sabor dos músculos do tambaqui, após 147 dias de experimento.

6-Referências Bibliograficas

- A.O.A.C. *Official methods of analysis*. Washington D.C., Association of Official Agricultural Chemists, 1984.
- A.O.C.S. *Official and Tentatives Methods of the American Oil Chemists Society*, 1987.
- AGREN, J.; MUJE, P.; HANNINEN, O.; HERRANEN, J.; PENTTILA, I. Seasonal variations of lipid fatty acids of boreal freshwater fish species, *Comp. Biochem. Physiol.*, 88B(3): 905-909, 1987.
- AGREN, J.J.; AL-AMAD, H.; HANNINEN, O. Fatty acid content and composition of five fish species from the persian gulf *Comp. Biochem. Physiol.*, 110B(2): 339-341, 1991.
- AMERINE, M.A. & ROESSLER, E.B. *Wines - Their Sensory Evaluation*. W.H. Freeman and Company, New York, 1983, 259-273.
- ANDERSEN, A.J.C. *Refinación de Aceites y Grasas Comestibles*. Comp. Ed. Continental S.A.; México, DF, 1965 335p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. *Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. IBGE. Rio de Janeiro, v.51, p.543, 1991.
- ARAÚJO, O.J. Situação do Cultivo de "Colossoma" no Brasil. In:HERNANDEZ, A., Ed. *Cultivo de Colossoma*. Primeira Reunião do Grupo de Trabalho Técnico. Jun. 20 a 24 , 1988. Pirassununga, SP, Brasil. Ed. Guadalupe Ltda, Bogotá, 1989. pg 207 - 218.
- ARAÚJO, W.A. & JUNQUEIRA, O.M. Restos que alimentam. *A Granja* 475: 16-17, 1987.

- ARGYROPOULOU, V.; KALOGEROPOULOS, N.; ALEXIS, M.N. Effect of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (*Mugil cephalus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 101A(1): 129-135, 1992.
- AUGUSTO, M. M. M. Obtenção e caracterização de um concentrado de tocoferóis (Vitamina E) a partir do destilado da desodorização do óleo de soja. Campinas, 1988 xv, 125p. Tese (Mestre em Ciências de Alimentos), Fac. de Eng. Alim. - Universidade Estadual de Campinas.
- AUSTRENG, E.; SKREDE, A.; ELDEGARD, A. Digestibility of fat and fatty acids in rainbow trout and mink. *Aquaculture*, 19: 93-95, 1980.
- BAUERFEIND, J.C.; ADAMS, C.R. and MARVISH, W.L. Carotenes and other vitamin A precursors in animal feed. In: BAUERFEIND, J.C.; ed. *Carotenoids as colorant and vitamin A precursors*. New York, Academic Press, 1972 cap6, p. 563-743.
- BELL, J.G.; MCIVICAR, A.H.; PARK, M. T.; SARGENT, J.R. High dietary linoleic acid affects the fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion *J. Nutr.* 121:1163-1172, 1991.
- BELL, M.V.; HENDERSON, R.J.; SARGENT, J.R. The role of polyunsaturated fatty acids in fish *Comp. Biochem. Physiol.* 83B(4): 711-719, 1986.
- BERGER, K.G. Palm oil *Chemistry and Industry*, dec.21:846-851, 1987.
- BJERKENG, B.; STOREBAKKEN, T.; LIAAEN-JENSEN, S. Response to carotenoids by rainbow trout in the sea: resorption and metabolism of dietary astaxanthin and canthaxanthin. *Aquaculture* 91: 153-162, 1990.

- BLIGH, E.G. & DYER, W.J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37(8): 911-917, 1959.
- BLY, J.E.; BUTTKE, M.T.; MEYEDRECH, E.F.; CLEM, L.W. The effects of *in vivo* acclimation temperature on the fatty acid composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) peripheral blood cells *Comp. Biochem. Physiol.*, 83B(4): 791-795, 1986.
- BOCANEGRA, F.A. Situación del cultivo de *Colossoma* en el Perú. In: HERNANDEZ, A., Ed. *Cultivo de Colossoma*. Primeira Reunião do Grupo de Trabalho Técnico . Jun.20-24 de 1988. Pirassununga, SP, Brasil. Ed. Guadalupe Ltda., Bogotá 1989, p 191-204.
- BRENNER, R.R.; VAZZA, D.V.; De TOMÁS, M.E. Effect of a fat-free diet and of different dietary fatty acids (palmitate, oleate, and linoleate) on the fatty acid composition of fresh-water fish lipids. *J. Lipid Res.*, 4(3):341-345, 1963.
- BROWN, S.W. & BOYD, C.E. Off-flavor in channel catfish from commercial ponds. *Trans. of the Amer. Fisheries Soc.* 111: 379-383, 1982
- CAMARGO, L.A.A.; YASAKA, W.J. ; OGA, S. Constantes físicas e químicas dos extratos etéreos de alguns peixes brasileiros. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 23(1): 135-144, 1973.
- CANTELMO, O. A. & SOUZA, J. A. Alimentação do pacú *Colossoma mitrei*, em diferentes proporções de proteína animal e vegetal. In: *Síntese dos trabalhos realizados com espécies do gênero Colossoma*. p.28, Março/1982 a Abril/1986. CEPTA (Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura), Pirassununga, 1986.
- CARNEIRO, D.J.; CASTAGNOLLI, N.; MACHADO, C.R. ; VERARDINO, M. Nutrição do Pacu, *Colossoma mitrei* (BERG, 1895) Pisces,

Characidae. Pt.I. Níveis de proteína dietária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, III. São Carlos, 1984a, Anais p.105-123, 1984,a.

CARNEIRO, D.J.; CASTAGNOLLI, N.; MACHADO, C.R. e VERARDINO, M. Nutrição do Pacu, *Colossoma mitrei* (BERG, 1895) Pt.III. Níveis de Energia Metabolizável em Dietas isoproteicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, III. São Carlos, 1984b, Anais p.133-145.

CARNEIRO, D.J. Digestibilidade proteica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, Pisces). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA E ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA. Jaboticabal, 1980. Anais SUDEPE, Brasília, 1981. p.78-80.

CASTAGNOLLI, N. & DONALDSON, E.M. Induced ovulation and rearing of the pacu (*Colossoma mitrei*). *Aquaculture*, 25:275-279, 1981.

CASTAGNOLLI, N. *Fundamentos de nutrição de peixes*. Piracicaba, Ed. Franciscana, 1979. 107p.

CASTELL, J.D.; SINNHUBER, R.O.; WALES, J.H.; LEE, D.J. Essencial fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms *J. Nutr.*, 102: 77-86, 1972a.

CASTELL, J.D.; LEE, D.J.; SINNHUBER, R.O. Essencial fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): lipid metabolism and fatty acid composition. *J. Nutr.*, 102: 93-100, 1972b.

CASTELO, F.P.; RODRIGUES-AMAYA, D. ;STRONG III, F.C. Aproveitamento e características da gordura cavitária do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier 1818. *Acta Amazonica*, 10(3): 557-576, 1980.

- CASTLEDINE, A.J. & BUCKLEY, J.T. Distribution and mobility of w3 fatty acids in rainbow trout fed varying levels and types of dietary lipid. *J. Nutr.*, 110: 675-685, 1980.
- CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. *Finfish Nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development*. Ottawa, Ont., IDRC, 1985. 154p.
- COCHRAN, W.G. & COX, G. M. *Experimental Designs*. 2nd. ed. Wiley, New York, 1957, 611p.
- CONTRERAS, E.S.G. & BARATTA, L.S. *Recuperação da Vitamina E dos Resíduos da Indústria de Óleos Vegetais*. Relatório Técnico Campinas, FUNCAMP, 1984. p.
- CONTRERAS, E.S.G. & STRONG, F.C. Determination of total tocopherols in grains ,grains products and comercial oils, with only sligth saponification, and by a new reaction with cupric ion. *J. Agric. Food Chem.*, 30(6): 1109-1112, 1982.
- CONTRERAS, E.S.G. *Determinação de tocoferóis e tocotrienóis em extratos lipídicos por redução com ions cúpricos*. Campinas, 1980 Tese (Doutor em Ciência de Alimentos) Fac. Eng. Alim. Universidade Estadual de Campinas.
- CORNELIUS, J.A. Palm Oil and Palm Kernel Oil. *Prog. Chem. Fats other Lipids*, 15(1): 5-27,1977.
- COWEY, C.B.; ADRON, J.W.; OWEN, J.M. ROBERTS, R.J. The effect of different dietary oils on tissue fatty acids and tissue pathology in turbot *Scophthalmus maximus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 538: 399-403, 1976.
- COWEY, C.B.; ADRON, J.W.; YOUNGSON, A. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil. *Aquaculture*,30: 85-93, 1983.

- COWEY, C.B. & SARGENT, J.R. Lipid nutrition in fish. (minireview). *Comp. Biochem. Physiol.*, 57B: 269-273, 1977.
- CYRINO, J.E.P.; CASTAGNOLLI, N. ; PEREIRA FILHO, M. Digestibilidade da proteína de origem animal e vegetal pelo matrinhã (*Brycon Cephalus*; 1869) (Euteleostei, Characiformes, Characidae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, V, 1986. Anais Jaboticabal. FUNEP, 1987 P.49-62.
- DA SILVA, A.B.; DOS SANTOS, E.P.; DE MELLO, J.T.C.; SOBRINHO, A.C.; MELLO, F.R. Análise quantitativa de um ensaio em piscicultura intensiva de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Ciência e Cultura*, 36(1): 82-86, 1984a.
- DA SILVA, A.B.; LOVSHIN, L.L.; DOS SANTOS, E.P.; DE MELLO, J.T.C.; SOBRINHO, A.C. Análise complementar de um ensaio em piscicultura intensiva de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Ciência e Cultura*, 36(3): 464-466, 1984b.
- DAVIES, B.H. Carotenoids In: GGODWIN, T.W. ed. *Chemistry and Biochemistry of Plants Pigments*. 2nd.ed., London Academic Press, 1976, v2, cap.19, p 38-165.
- DEGANI, G.; HAHAMU, H.; LEVANON, D. The relationship of eel *Anguilla anguilla* (L.) body size, lipid, protein, glucose, ash, moisture composition and enzyme activity (aldolase). *Comp. Biochem. Physiol.*, 84A(4): 739-745, 1986.
- DEGANI, G. Dietary effects of lipid source, lipid level and temperature on growth of glass eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 56: 207-214, 1986.
- DÍAZ, C.A.P. Utilização do Destilado da Desodorização do Óleo de Soja como antioxidante na farinha de sardinha (*Sardinella brasiliensis*). Campinas, 1987 119p. Tese (mestre em ciencias de alimentos). Fac. Eng. Alim.. Universidade Estadual de Campinas.

- DUDROW, F.A. Deodorization of edible oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60(2): 272-274, 1983.
- ECKMANN, R. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818 (Characoidei) feeding on artificials diets. *Aquaculture*, 64:293-303, 1987.
- ENGLE, C.R. & STONE, N.M. Pruebas de mercadeo de peces y camarones de agua dulce en el Nor-Oriente de Panamá. *Rev. Lat. Acul. Lima - Perú*, 26:27-29, 1985.
- FARKAS, T. ; CSENGERI, I.; MAJOROS, F. ; OLÁH, J. Metabolism of fatty acids in fish. Pt.III. Combined effects of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, *Ciprinus carpio* LINNAEUS 1758. *Aquaculture*, 20: 29-40, 1980.
- FARKAS, T. , CSENGERI, I., MAJOROS, F. ; OLÁH, J. Metabolism of fatty acids in fish. Pt.I. Development of essential fatty acid deficiency in the carp, *Cyprinus carpio* LINNAEUS 1758. *Aquaculture*, 11: 147-157, 1977.
- FIGUEIREDO, A.A. The brazilian food industry: goals, concerns, and contrasts. *Food Technology*, 41(9): 147-150, 1987.
- FORMO, W.M.; JUNGEMAN N.E.; NORRIS, F.A.; SONNTAG, N.O.P. Composition and Characteristics of Individual Fat and Oils. IN: SEWERN, D. ed., *Bailey's industrial oil and fat products*. Vol. I. p.375-378, 1979.
- GALLAGHER, M.L.; McLEOD, S.H.; RULIFSON, R. Seasonal variations in fatty acids of striped bass *Morone saxatilis*. *J. World Aquac. Soc.*, 20(2): 38-45, 1989.
- GARLING, D.L. & WILSON, R.P. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish, fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J.Nutrition*, 106: 1368-1375, 1976.

GATLIN III, D.M.; POE, W.E.; WILSON, R.P. Effects of singular and combined dietary deficiencies of selenium and vitamin E on fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 116: 1061-1067, 1981.

GATLIN III, D.M. & STICKNEY, R.R. Fall-winter growth of young channel catfish in response to quantity and source of dietary lipid. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 111(1): 90-93, 1982.

GONZÁLES, J.A. & HEREDIA, B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Ven., 1984 124p.

GOULDING, M. & CARVALHO, M.L. Life history and management of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. *Revta. Bras. Zool.*, 1(2):107-133, 1982.

GREENE, D.H.S. & SELIVONCHICK, D.P. Lipid metabolism in fish *Prog. Lipids Res.*, 26: 53-85, 1987.

GRUGER, E.H. Fatty acid composition In: STANSBY, M.E., ed. *Fish Oils - Their Chemistry, technology, stability, nutritional properties and uses.* Westpoint, Connecticut, The Avi Publishing Company, Inc., 1967 Cap.1, p.3-30.

HALVER, J.E. The nutritional requirements of cultivated warmwater and coldwater fish species. *Fir: AQ/Conf./76/R.* 31. (FAO Techn. Conf. on Aquac., Kyoto, Japan) 9p., 1976.

HANLEY, F. Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture*, 93: 323-334, 1991.

HARTMAN, L. & LAGO, R. A Rapid Preparation of Fatty Acid Methylesters From Lipids. *Laboratory Practice*, 22(8): 475-476, 1973

- HASSAN EL MALLAH, M.; EL-SHAMI, S.M.; ZAHER, F.A. Studies on deodorization of soybean oil as potential sources of natural tocopherols. *Seifen-Ole-Fette-Wachse* 116(6): 199-201, 1990.
- HASTINGS, W.H. Fish nutrition and fish feed manufacture. *Fir: AQ./Conf./ 76.R.23* (FAO Tech.Conf.on Aquac., Kyoto, Japan) 13p., 1976.
- HEARN, T.L.; SGOUTAS, S.A.; HEARN, J.A.; SGOUTAS, D.S. Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits *J. Food Sci.* 52(5):1209-1211, 1987.
- HENDERSON, R.J. & TOCHER, D.R. The Lipid Composit of Freshwater Fish. *Prog.Lipid Res.* 26: 281-347, 1987.
- HEPBURN, F.N.; EXLER, J.; WEIHRAUCH, J.L. Provisional tables on the content of omega-3 fatty acids and other fat components of selected foods *J. Am. Diet. Assoc.*, 86(6):788-793, 1986.
- HIGUERA, M. & GARDENETE, G. Fuentes alternativas de proteina y energia en acuicultura. In: HIGUERA, M., coord. *Alimentation en Acuicultura*. Madrid, CAYACIT, 1987. cap.3, p. 59-129.
- HONDA, E.M.S. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II- Alimentação do tambaqui, (*Colossoma bidens spix*). *Acta Amazônica*, 2:47-53, 1974.
- HONG, W.M. Quality of byproducts from chemical and physical refining of palm oil and other oil. *J.Am. Oil Chem. Soc.*, 60(2): 316-321, 1983.
- HUNG, S.S.O.; CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Effect of oxidized fish oil, D- α -tocopheryl acetate and ethoxyquim supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed practical diets. *J. Nutr.*, 111: 648-657, 1981.

HUTAGALUNG, R.I. End uses of palm oil - Animal feed. In: GUNSTONE, F.D., ed. Palm oil Great Britain, Society of Chemical Industry, 1987, cap.5, p.84-91.

JALANI, B.S. & KIFLI, H. Malaysian palm oil industry: an overview. In: TECHNICAL SEMINAR ON PALM OIL, São Paulo, May 10-11, 1993. Proceedings. PORIM, 1993, p.18.

JOHNSEN, P.B. & DUPREE, H.K. Influence of feed ingredients on the flavor quality of farm-raised catfish. *Aquaculture*, 96: 139-150, 1991.

JUARÉZ, M.P. Body composition of argentine freshwater fishes-I- A. Mathematical approach to the chemical of *Oligosarcus jenynsi* (Characidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, 81A(3): 473-479, 1985.

KAMER, J.H.VAN DE & GINKEL, L.VAN DE Rapid Determination Of Crude Fiber in Cereals. *Cereal Chemistry* 4: 239-251, 1952.

KANAZAWA, A.; TESHIMA, S.; SAKAMOTO, M. ; AWAL, Md.A. Requirement of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 46: 1353-1356, 1980.

KANAZAWA, A.; TESHIMA, S.; ONO, K. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linoleic acid to highly unsaturated fatty acids *Comp. Biochem. Physiol.* 63B: 295-298, 1979.

KAYAMA, M. Fish Farming and Aquaculture. Can we modify Fish Fat with more EPA? *J. Fac. Appl. Biol. Sci.* 25: 19 - 28, 1986.

KELLY, F.K. The metabolic role of n-3 polyunsaturated fatty acids: relationship to human disease *Comp. Biochem. Physiol.*, 98A(3/4):581-585, 1991.

- KELLY, P.B.; REISER, R.; HOOD, D.W.; The effect of diet on the fatty acid composition of several species of fresh water fish *J. Am. Oil Chem.Soc.*,35(10): 503-505, 1958.
- KHEIRI, S.A. End uses of palm oil - Human food. In: GUNSTONE, F.D.,ed. *Palm Oil* Great Britain, Society of Chemical Industry, 1987, cap.5,p71-83.
- KINSELLA, J.E.; SHIMP, J.L.; MAI,J.; WEIHRAUCH,J. Fatty acid content and composition of freshwater finfish. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 54: 424-429, 1977.
- KINSELLA, J.E.; SHIMP, J.L.; MAI, J.; WEIHRAUCH, J. Fatty acid content of freshwater finfish *Comp. Biochem. Physiol.* 88B(3): 905-909, 1987.
- KINSELLA, J.E. Food lipids and fatty acids: importance in food quality, nutrition, and health. *Food Technology*,10:124-145, 1988.
- KISSIL, G.W.; YOUNGSON, A. ; COWEY, C.B. Capacity of the european eel (*Anguilla anguilla*) to elongate and desaturate dietary linoleic acid. *J. Nutr.* 117: 1379-1384, 1987.
- LOVELL, R.T.; MIYAZAKI,T.; RABEGNATOR, S. Requirement for α -tocopherol by channel catfish fed diets low in polyunsaturated triglycerides. *J. Nutr.*,114: 894-901, 1984.
- LOVELL, R.T. Formulating diets for aquaculture species. *Feedstuffs* 51 (27): 29-32, 1979.
- LOVELL, R.T. New off-flavors in pond-cultured channel catfish. *Aquaculture*, 30: 329-334, 1983.
- LOVELL, R.T. Research in Fish Nutrition. IN: SIMPOSIO DO COLEGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, I. Campinas, 1986. Anais Campinas, 1986 p.31-36.

LOVSHIN, L.L.; DA SILVA, A.B.; FERNÁNDEZ, J.A.; CARNEIRO-SOBRINHO, A. Ensayo preliminar de cultivo en estanques del pirapitinga (*Mylossoma bidens*) y del tambaqui (*Colossoma bidens*) de la cuenca del Rio Amazonas. *FAO, Informes de Pesca*, 159,(1):185-193, 1974.

MACEDO, E.M.; CARNEIRO, D.J. ; CASTAGNOLLI, N. Necessidades proteicas na nutrição do Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Pisces: Characidae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA E ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA. Jaboticabal, 1980. Anais SUDEPE, Brasília, 1981. p.77 - 78.

MACHADO, M.G.S. *Composição em nutrientes e caracterização das proteínas do filé do pacu. (Colossoma mitrei, Berg 1895).* Campinas, 1989. XI, 64p. Tese (Mestre em Ciências de Alimentos), Fac. de Eng. Alim. - Universidade Estadual de Campinas.

MACHADO-ALLISON, A. Estudios sobre la sistematica de la subfamilia serrasalminae (Teleostei, characidae). II-Discusion sobre la condicion monofiletica de la subfamilia. *Acta Biol. Venez.*,11(4):145-195, 1983.

MACLELLAN, M. Palm Oil *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60(2):368-373, 1983.

MAIA, E.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; AMAYA-FARFAN, J. Proximate, Fatty Acid and Amino Acid Composition of the Brazilian freshwater Fish *Prochilodus scrofa* *Food Chemistry*,12:275-286, 1983.

MAIA, E.L.; *Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição de ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce.* Campinas, 1992, 242p. Tese (Doutor em Ciências de Alimentos), Fac. Eng. Alim. - Universidade Estadual de Campinas.

- MAIA, E.L. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; Composição em ácidos graxos de peixes de água doce do Rio Amazonas In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS / Fortaleza, Ceará, 1984. Resumos p.226-227.
- MALCA, R.P. Situación del cultivo de *Colossoma* en el Perú. In: HERNANDEZ, A., Ed. *Cultivo de Colossoma*. Primeira Reunião do Grupo de Trabalho Técnico . Jun.20-24 de 1988. Pirassununga, SP, Brasil. Ed. Guadalupe Ltda., Bogotá 1989, p 169-190.
- MANUAL TECNICO-ITAL. Análises Químicas de Alimentos. Determinação de cloro em água. p 114, 1987.
- MARTIN, J.F.; FISHER, T.H. ; BENNETT, L. W. Musty odor in chronically off-flavored channel catfish: isolation of 2-methylenebornane and 2-methyl-2-bornene. *J. Agric. Food Chem.* , 36: 1257-1260, 1988.
- MARX, F. & MAIA, J.G.S. Determination of fat soluble vitamins from amazonian freshwater fishes. 1. HPLC analysis of tambaqui, pirarucu and cuiu-cuiu livers. *Acta Amazonica*, 15(1-2): 185-191, 1985.
- MATIAS, I. Dendê - Tudo para liderar. *Globo Rural*, Abril 89 p.71-74.
- MEAD, J.M. & KAYAMA, M. Lipid metabolism in fish. In: STANSBY, M.E.; ed. *Fish oils. Their chemistry, technology, stability, nutritional properties, and uses*. Westport, Connecticut, The Avi Publishing Company, Inc., 1967. cap.21, p.289-299.
- MENTON, D.J.; SLINGER, S.J.; HILTON, J.W. Utilization of free glycerol as a source of dietary energy in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 56: 215-227, 1986.

MEROLA, N. & CANTELMO, O.A. Growth, feed conversion and mortality of cage reared tambaqui, *Colossoma macropomum*, fed various dietary feeding regimes and protein levels. *Aquaculture*, 66:223-233, 1987.

MEROLA, N. & SOUZA, J.H. Cage culture of the Amazon fish tambaqui, *Colossoma macropomum*, at two stocking densities *Aquaculture*, 71:15-21, 1988.

MORAES, M.A.C. Métodos para avaliação sensorial dos alimentos. Campinas, Ed. UNICAMP, 1988, 93p.

MUGRDITCHIAN, D.S.; HARDY, R.W.; IWAOKA, W.T. Linseed oil and animal fat as alternative lipid sources in dry diets for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 25:161-172, 1981.

MURAI, T. & ANDREWS, J.W. Interactions of dietary "tocopherol", oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 104:1416-1431, 1974.

NAIR, P.G.V. & GOPAKUMAR, K. Fatty acid compositions of 15 species of fish from tropical waters *Journal of Food Science*, 43:1162-1164, 1978.

NAIR, R. K.G. & GOPAKUMAR, K. Effect of dietary fat on deposition of fat and fatty acid composition of tilapia (*Tilapia mossambica*). *J. Food Sci. Tech.*, 18: 108-111, 1981.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy of Science, 1983. 94p.

NELSON, J.P. & MILUN, A.J. Gas Chromatographic Determination of Tocopherols and Sterols in Soya Sludges and Residues. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 45(12): 848-851, 1968.

- NG, B.H.; CORLEY, R.H.V. ; CLEGG, A.J. Variation in the fatty acid composition of palm oil. *Oleagineux*, 31(1): 1-6, 1976.
- OLUEYMI, J.A. & OKUNUGA, K.O. The effects of dietary palm oil and energy on the performance of white rock in Nigeria. *Poultry Science*, 54:305-307, 1975.
- OWEN, J.M.; ADRON, J.W.; MIDDLETON, C. and COWEY, C.B. Elongation and dessaturation of dietary fatty acids in turbot, *Scophthalmus maximus* L , and rainbow trout, *Salmo gairdnerii* Rich., *Lipids*, 10(9):528-531, 1975.
- PADLEY, F.B.; GUNSTONE, F.D.; HARWOOD, J.L. Occurence and Characteristics of Oil and Fats. In: GUNSTONE, F.D.; HARWOOD, J.L.; PADLEY, F.B. ed. *The Lipid Handbook*, London - New York, Chapman and Hall, 1986. cap.3, p.49-173.
- PEREIRA FILHO, M.; CASTAGNOLLI, N.; TEIXEIRA FILHO, A. R. Nivel proteico ideal para alimentação de carpas, *Cyprinus carpio*. *Cientifica*, 6(2): 313-319, 1978.
- PEZZATO, L.E. Efeito de diferentes níveis de gordura de origem animal e vegetal sobre o desempenho e deposição de ácidos graxos em pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Jaboticabal, 1990.VIII, 91p. Tese (Doutor em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.
- REISER, R.; SETEVENSON, B.; KAYAMA, M.; CHOUDHURY, R.B.R.; HOOD, D.W. The influence of dietary fatty acids and enviromental temperature on the fatty acid composition of teleost fish. *J. Am. Oil Chem.Soc.*, 40(10): 507-513, 1963.
- ROCH, M.; TESAR, B.; PATTERSON, J. Omega 3 and the farmed fish. *Canadian Aquaculture*, 4(2):49-51,53, 1988.

ROCHA, Y.R.; AGUIAR, J.P.L.; MARINHO, H.A.; SHRIMPSON, R.;
Resumos nutritivos de alguns peixes da Amazônia Acta
Amazonica, 12(4):787-794, 1982.

RODRIGUEZ, D.B.; RAUMUNDO, L.C.; LEE, T.C.; SIMPSON, K.L. ;
CHICHESTER, C.O., Carotenoid pigment changes in ripening
Mormodia charantia fruits. Ann. Bot., 40: 615-624, 1976.

ROHR, R. Óleos e gorduras vegetais. Seus sub-produtos proteicos,
etiologia, tecnologia, significado, importancia na alimentação
humana e animal. Campinas, Fundação Tropical de Pesquisa e
Tecnologia. 1973, 184p.

SAGREDOS, Von A.N. & REMSE, K. Die analyse von
raffinationsfettsäuren zur charakterisierung von futterölen
für kleintiere. Fette. Seifen. Anstrichmittel 85 (5):185-
189, 1983

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South American
freshwater fishes: a review. Aquaculture, 54:205-240, 1986.

SATOH, S.; POE, W.E. ; WILSON, R.P. Studies on the essential
fatty acid requirement of channel catfish, *Ictalurus*
punctatus . Aquaculture, 79: 121-128, 1989.

SGARBIERI, V.C. Métodos de avaliação da qualidade nutricional
dos alimentos. In: SGARBIERI, V.C. Alimentação e nutrição -
Fator de saúde e desenvolvimento. Editora da Unicamp e Almed
Editora e Livraria Ltda., 1987. cap.11, p.243-261.

SHEABAR, F.Z. & NEEMAN, I. Concentration of tocopherols from
soy oil deodorization scum. La Rivista Italiana Delle
Sostanze Gasse vol.LXIV. jun.: 219-222, 1987.

SHERIDAN, M.A. Lipids dynamics in fish: aspects of absorption,
transportation, deposition and mobilization. Comp. Biochem.
Physiol., 90B(4): 679-690, 1988.

- STANSBY, M.E. Properties of fish oils and their application to handling of fish and to nutritional and industrial use. In: MARTIN, R.E.; FLICK, G.J.; HEBARD, C.E. and WARD, D.R., eds. *Chemistry & biochemistry of marine food products*. Westport, Connecticut, The Avi Publishing Company, Inc., 1982. cap. 7, p. 75-92.
- STICKNEY, R.R. & WURTS, W.A. Growth response of blue tilapias to selected levels of dietary menhaden and catfish oils. *The progressive Fish-Culturist* 48: 107-109, 1986.
- STOREBAKKEN, T. & NO, H.K. Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture*, 100: 209-229, 1992.
- STOREBAKKEN, T. & CHOUBERT, G. Flesh pigmentation of rainbow trout fed astaxanthin or canthaxanthin at different feeding rates in freshwater and saltwater. *Aquaculture*, 95: 289-295, 1991.
- SUDEPE (Superintendencia do Desenvolvimento da Pesca). *Diretrizes : Setor Pesqueiro*, Brasília, 1988. 16p.
- TACHEK, J.L. Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish. Biol.* 29: 139-151, 1986.
- TACON, A.G.J. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - A training manual*. 1. The essential nutrients. Brasilia, FAO. 1987a, 113p.
- TACON, A.G.J. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp- A training manual*. 2. Nutrient sources and composition. Brasilia, FAO. 1987b, 129p.
- TAKEUCHI, T. ; ARAI, S. ; WATANABE, T. ; SHIMA, Y. Requirement of eel *Anguilla japonica* for essential fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46: 345-353, 1980.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C. Use of hydrogenated fish oil and beef tallow as a dietary energy source for carp and rainbow trout. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fisheries*, 44(8): 875-881, 1978.

TAKEUCHI, T. & WATANABE, T. Effect of excess amounts of essential fatty acids on growth of rainbow trout *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45(12): 1517-1519, 1979.

TAKEUCHI, T. & WATANABE, T. Nutritive value of ω 3 highly unsaturated fatty acids in pollock liver for rainbow trout *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42(8): 907-919, 1976.

TAKEUCHI, T. & WATANABE, T. Requirement of carp for essential fatty acids *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43(5): 541-551, 1977.

TAN, B.; GRADY, C.M. ; GAWIENOWSKI, A.M. Hydrocarbon carotenoid profiles of palm oil processed fractions. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 63(9): 1175-1179, 1986.

TAN, B. Palm carotenoids, tocopherols and tocotrienol. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 66 (6):770-776, 1989.

TANGO, J.S.; LACAZ, P.A.A.; SANTOS, L.C.; TURATTI, J.M.; SILVA, M.T.S; FIGUEIREDO, I.B. ; MANTOVANI, D.M.B.; CAMPOS, S.D.S. Características físicas e químicas do óleo de dendê. *Bol. ITAL*, Campinas, 18(4):485-508, 1981.

THOMASSEN, M.S. & ROSJO, C. Different fats in feed for salmon : influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. *Aquaculture*, 79: 129-135, 1989.

TORRISSEN, O.J.; HARDY, R.W.; SHEARER, K.D.; SCOTT, T.M. ; STONE, F.E. Effects of dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent digestibility coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 88: 351-362, 1990.

- TREJO, A.B. & MARTINEZ, F. Reproducción inducida y levante del pie de cria de cachama (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818), en la Estación de Guanapito, Estado Guarico, Venezuela. *Rev. Lat. Acuí. Lima, Perú*, 25:18-23, 1985.
- TRUJILLO-QUIJANO, J.A.; RODRIGUES-AMAYA, D.B.; ESTEVES, W.; PLONIS, G.F. Carotenoid composition and vitamin A values of oils from four Brazilian palm fruits. *Fat. Sci. Technol.*, 92 (6):222-226, 1990
- TURNER, M.R.; LUMB, R.H.; WEST, J.L. Effects of increased dietary marine fish oil on the Omega-3 fatty acid content of rainbow trout fillets. *The Progressive Fish-Culturist* 52: 130-133, 1990.
- UTNE, F. Standard methods and terminology in finfish nutrition. In : SIMPOSION ON FINFISH NUTRITION AND FISH FEED TECHNOLOGY, Hamburg, 1978. Proceedings. EIFAC/FAO, 1978, R-1. 14p.
- VINCENT, M. Influence of water temperature on carotenoids and carotenoid metabolism in *Palaemon serratus* (Pennant) (Crustacea : Decapoda). *Bioch. System. Ecol.*, 17 (4) : 319-322, 1989.
- VIOLA, S. ; RAPPAPORT, U. ; ARIELI, Y. ; AMIDAN, G. ; MOKADY, S. The effects of oil-coated pellets on carp (*Cyprinus carpio*) in intensive culture. *Aquaculture*, 26: 49-65, 1982.
- VIOLA, S.; MOKADY, S.; BEHAR, D.; COGAN, U. Effects of polyunsaturated fatty acids in feed of tilapia and carp. 1. Body composition and fatty acid profiles at different environmental temperatures. *Aquaculture*, 75: 127-137, 1988.
- VRIES, R.J. Ends uses of palm oil- Industrial uses. In: GUNSTONE, F.D., ed. *Palm oil*. Great Britain, Society of Chemical Industry, 1987 cap.5, p.92-97.

- WANG, Y.J.; MILLER, L.A.; PERREN, M.; ADDIS, P.B. Omega-3 fatty acids in lake superior fish *Journal of Food Science*, 55(1): 71-76, 1990.
- WATANABE, T.; OGINO, C.; KOSHIISHI, Y.; MATSUNAGA, T. Requirement of rainbow trout for essential fatty acids *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 40(5): 493-499, 1974.
- WATANABE, T.; TAKEUCHI, T.; WADA, M. Dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47(12): 1585-1590, 1981b.
- WATANABE, T.; TAKEUCHI, T.; WADA, M. The relationship between dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47(11): 1463-1471, 1981a.
- WATANABE, T. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. In: HIGUERA, M. coord. *Nutrición en Acuicultura Vol.II* Madrid, CAYACIT, 1987. Cap.9, p.99-165.
- WATANABE, T. & TAKEUCHI, T. Evaluation of pollock liver oil as supplement to diets for rainbow trout *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42(8): 893-906, 1976.
- WATSON, K.S. & MEIRHOEFFER, C.H. Use or disposal of by-products and spent material from the vegetable oil processing industry in the U.S. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 53(6): 437-442, 1976.
- WEISS, T.J. *Food Oils and their uses*. Westport, Connecticut, Ed. The Avi Publishing Company, Inc. 2d Ed., 1980. 224p.
- WERDER, U. & SAINT-PAUL, U. Feeding trials with herbivorous and omnivorous Amazonian fishes. *Aquaculture*, 15:175-177, 1978.
- WISEMAN, J. & SALVADOR, F. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. *Poultry Science* 70:573-582, 1991.

WOERFEL, J.B. Processing and utilization of by-products from soya oil processing. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58(3): 188-191, 1981.

WOYNAROVICH, E. *Tambaqui e pirapitinga - Propagação artificial e criação de alevinos*. CODEVASF, Brasília, 1988. 68p.

YU, T.C.; SINNHUBER, R.O.; PUTNAM, G.B. Effect of dietary lipids on fatty acid composition of body lipid in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Lipids*, 12(6): 495-499, 1977.

YU, T.C. & SINNHUBER, R.C. Growth response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to dietary ω 3 fatty acids *Aquaculture*, 8: 309-317, 1976.

7. Apendice

Modêlo de ficha da análise sensorial para o parâmetro sabor.

Nome _____ Data: _____

Por favor, prove cada amostra e avalie o sabor na escala abaixo:

Nº Amostra

Sabor

_____	-----
Desgostei	Gostei
_____	-----
Desgostei	Gostei
_____	-----
Desgostei	Gostei
_____	-----
Desgostei	Gostei

Por favor, explique a razão pela qual avaliou desta maneira cada uma das amostras

Modêlo de ficha da Análise Sensorial para o parâmetro cor

Nome _____ Data: _____

Nº Amostra

Sabor

_____	-----
	Fraca Forte
_____	-----
	Fraca Forte
_____	-----
	Fraca Forte
_____	-----
	Fraca Forte
_____	-----
	Fraca Forte
_____	-----
	Fraca Forte