

MATEUS MORAES TAVARES

FONTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM DIETAS PARA LAMBARI-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*): DESEMPENHO PRODUTIVO, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO DE CARCAÇA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Biologia Animal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

MATEUS MORAES TAVARES

FONTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM DIETAS PARA LAMBARI-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*): DESEMPENHO PRODUTIVO, ÍNDICES DE RENDIMENTO CORPORAL, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL LIPÍDICO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 07 de fevereiro de 2011

Prof. Luís Gustavo Tavares Braga

Prof^a. Ana Vlândia Bandeira Moreira

Prof. Jener Alexandre Sampaio Zuanon
(Co-Orientador)

Prof^a. Céphora Maria Sabarense
(Co-Orientadora)

Prof^a. Ana Lúcia Salaro
(Orientadora)

Dedico,

Aos meus pais, Mauro e Jane, este trabalho que foi conquistado com muito esforço e dedicação. A vocês que nunca se negaram a darem tudo de si para ver todos os filhos alcançando os objetivos desejados. Quando paro para lembrar do princípio, desde quando eu ainda nem sabia ler, escrever ou sequer caminhar tenho a certeza que este trabalho é, sem dúvida alguma, fruto de seus suores e sem vocês nada seria e minha noiva Cris. Será que devo agradecer a você ou a Deus? A Deus por ter te colocado em minha vida de uma maneira tão profunda e intensa e a você por todos os momentos de alegria, que somente você, poderia me proporcionar. Nem, você é parte essencial deste trabalho e da minha vida, te amo do infinito.

Agradecimento Especial

À Professora Ana Lúcia Salaro

Quem diria que aquele aluno, que na época, no primeiro período de agronomia fosse hoje estar aqui recebendo o título de mestre. Pois esse título dever ser compartilhado com você, que desde o primeiro dia, me incentivou e ajudou a crescer profissionalmente. Sempre com a mesma dedicação e companheirismo. Não digo que tenha orientado mais um aluno no mestrado durante todo esse tempo e sim cultivado uma amizade. Agradeço a você por todos os anos juntos, e faço saber que o título que recebo agora é mais um resultado de seu competente trabalho, que nunca vai parar de crescer e conquistar tudo o que desejar.

Este título não foi conquistado sozinho. Saber reconhecer todos que contribuíram para que eu alcançasse meu objetivo mostra o quanto importante é esta conquista. Por isso quero agradecer a todos que me ajudaram a completar esse caminho.

AGRADECIMENTOS

À **Universidade Federal de Viçosa**, pela estrutura e oportunidade para realização da minha Pós-Graduação em Biologia Animal, possibilitando a obtenção do título de Mestre;

À **Capes** pela concessão da bolsa de estudos;

Ao **CNPq** pelo auxílio financeiro para execução do projeto.

À **Prof^ª. Dr^ª. Ana Lúcia Salaro**, pela orientação e pela dedicação dispensada a mim durante meu mestrado;

Ao **Prof. Dr. Jener Alexandre Sampaio Zuanon** pela co-orientação e por estar constantemente contribuindo para minha formação profissional;

À **Prof^ª. Dr^ª. Céphora Maria Sabarense** pela co-orientação durante a elaboração do projeto e desenvolvimento da dissertação;

Ao **Prof. Dr. Pedro Veiga Rodrigues Paulino** pela co-orientação e por disponibilizar o Laboratório para realização das análises das amostras;

À **Prof^ª. Dr^ª. Ana Vlândia Bandeira Moreira** pela orientação na leitura dos dados de perfil lipídico das amostras, pela disponibilização do Laboratório de Análise de Alimentos (LAANAL) para extração e esterificação lipídica e leitura do perfil lipídico das amostras;

Ao **Prof. Dr. Antônio Policarpo Souza Carneiro** por orientar-me nas análises estatísticas e mostrar-se sempre disposto a ajudar, a qualquer momento;

Ao **Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya** pela ajuda na elaboração do projeto e balanceamento das dietas-teste;

À **Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo G. Pelúzio** por disponibilizar o Laboratório de Bioquímica Nutricional do Departamento de Nutrição para realização das extrações lipídicas das amostras;

Ao **Prof. Dr. Edênio Detmann** por disponibilizar o Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia, para realização das análises das amostras.

À **Prof^ª. Dr^ª. Fátima Aparecida Ferreira de Castro** por disponibilizar o Laboratório de Análise Sensorial e Desenvolvimento de Novos Produtos para o processamento e homogeneização das amostras;

Ao **Prof. Dr. Jorge Abdala Dergam dos Santos** coordenador do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, pela atenção e por disponibilizar o Laboratório de Sistemática Molecular - Beagle para armazenamento das amostras;

Ao técnico do Laboratório de Análise de Alimentos (LAANAL), **Ricardo Brito Antonucci**, e à estagiária de iniciação científica **Camila Chagas** pelas inúmeras ajudas dadas durante o período de análises;

À técnica do Laboratório de Análise Sensorial e Desenvolvimento de Novos Produtos, **Isabel Irani Campos do Carmo**, pelas ajudas durante o processamento das amostras;

Aos técnicos do Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia, **Faustino Pereira Monteiro, Mário Pires de Freitas e Vera Lúcia da Silva**, pela preciosa ajuda na análise das amostras;

À doutoranda, **Ivanna Moraes de Oliveira**, pela ajuda durante as análises das amostras no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia;

Aos **Professores membros da banca examinadora**, Ana Lúcia Salaro, Luis Gustavo Tavares Braga, Ana Vlândia Bandeira Moreira, Jener Alexandre Sampaio Zuanon e Céphora Maria Sabarense pela presença e contribuição na elaboração deste trabalho;

Aos funcionários do Setor de Piscicultura da UFV, **Paulo Soares Bernardo, João Antônio de Oliveira e José Francisco Delfino** por todas as ajudas prestadas não somente para realização do projeto de mestrado, mas também por todas as outras ajudas, que não foram poucas;

Aos funcionários do Departamento de Biologia Animal **Helvécio de Freitas e Geraldo Pereira Filho**, funcionários do laboratório de zoologia, por toda ajuda prestada;

Aos funcionários da secretaria do Departamento de Biologia Animal, **Nilo Sergio de Souza, Rita Gomes de Souza e João Eudes Firmino**, por mostrarem-se sempre dispostos a ajudar;

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal **Adnílson Antônio Brasileiro**, pelos vários esclarecimentos e ajudas dadas durante minha formação;

Aos pós-graduandos em Biologia Animal, **Daniel Abreu Vasconcelos Campelo, Marcelo Duarte Pontes, Luiz Thiago Versiani Miranda** e não somente pela amizade, mas por toda ajuda durante o experimento e as análises nos laboratórios;

Aos estudantes de iniciação científica e estagiários do setor de piscicultura **Kátia Rodrigues Batista de Oliveira, José Carlos Santos, Isabel Gertrudes Arrigui de Araújo Neves, Uyara Duarte, Magnus Augusto Coutinho Cossi e Pollyana de Moraes França Ferreira** pela dedicação durante o período experimental e as ajudas durante as análises dos dados;

Aos ex-mestrandos e estagiários do setor de piscicultura **Rodrigo Yutaka Dichoff Kasai, Galileu Crovatto Veras e Willian Chaves** pela amizade e trabalhos realizados durante os anos de convivência;

Agradeço aos meus familiares e amigos

Primeiramente a **Deus**, que me fez capaz de fazer as escolhas com discernimento e sabedoria;

Aos meus pais, **Jane e Mauro**, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões;

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos, **Patrícia, Roney, Bernardo e Diego, Marcelo, Patrícia, Lívia e Marcos**, que mesmo de longe sempre se mostraram presentes, incentivando e fortalecendo essa conquista;

À **Cris** que sempre esteve presente comigo em todas as minhas necessidades e conquistas;

À **Laura, Mário, Rafa e Mauro** pelo carinho e força que me transmitiram durante todos os dias. Além de, é claro por todos os dias me fizeram sentir mais perto de casa tornando seu lar uma extensão de minha casa;

Aos meus amigos de **República Paiol de Pólvora e Póscilga** pela várias amizades feitas durante todo meu período em Viçosa e que se prolongarão pela vida. Cristiano, Play, São Pedro e Elianinha, Novato e Nívea, Lukinha, Vitor e Aline, Thadeuzim, Guilhermão, Braulim, Edgard, Marcelo Poplítico, Jeferson, Ivan, Luciano, André, Caetano, Pedro, Bruno, Zé, João Paulo, Mateus, Dudu, Aline, Romário, Larissa, Marquinho, Dani, Daniela, Kássia;

À **Vilminha, Carminha e Déia** pelas ajudas fundamentais durante todo meu período em Viçosa;

Aos **Peladeiros** pelas várias e várias noites de futebol, descontração e à cervejinha gelada nos momentos de relax;

À todos que de alguma maneira colaboraram com a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

MATEUS MORAES TAVARES, filho de Mauro Roberto Ronzani Tavares e Jane Rose de Moraes Tavares, nasceu em 03 de fevereiro de 1983 na cidade de João Monlevade - MG.

Graduou-se em Agronomia, em janeiro de 2009 pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Ingressou no programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, em nível de Mestrado em março de 2009, pelo Departamento de Biologia Animal na Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo a dissertação em fevereiro de 2011.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FOTOS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
<i>Lipídios</i>	3
<i>Lipídios como fonte de energia para peixes</i>	8
<i>Lipídios como fonte de ácidos graxos essenciais para peixes</i>	10
<i>Astyanax altiparanae (Lambari-do-rabo-amarelo)</i>	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
ARTIGO.....	22
RESUMO	23
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	28
<i>Delineamento experimental e Peixes</i>	28
<i>Dietas-teste</i>	29
<i>Análise de desempenho produtivo e índices de rendimento corporal</i>	29
<i>Composição química da carcaça</i>	30
<i>Análise do perfil de ácidos graxos da carcaça e do fígado dos peixes</i>	31
<i>Análise estatística</i>	32
RESULTADOS	32
<i>Desempenho produtivo e índices de rendimento corporal dos peixes</i>	32
<i>Composição química da carcaça dos peixes</i>	33
<i>Perfil de ácidos graxos na carcaça e fígado dos peixes</i>	34
DISCUSSÃO.....	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA	41
ANEXOS.....	45

ANEXO I: NOME CIENTÍFICO E NOME COMUM DAS ESPÉCIES CITADAS NO PRESENTE ESTUDO	46
ANEXO 2: FOTOS	47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Molécula de triacilglicerol, representado por uma molécula de glicerol (destacada pelo retângulo) ligada a três ácidos graxos diferentes por três ligações ésteres (adaptado de Nelson & Cox, 2006). 4
- Figura 2- Conformação de membrana constituída unicamente por ácidos graxos saturados (a) e por uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados (b) (adaptado de Nelson & Cox, 2006). 5
- Figura 3– Classificação dos ácidos graxos polinsaturados da série n-6 (ácido araquidônico) e série n-3 (ácido docosahexaenóico - DHA) (adaptado de Shaikh & Edidin, 2006). 6
- Figura 4 - Principais rotas metabólicas da síntese de ácidos graxos polinsaturados das séries n-3, n-6 e n-9 nos animais. (Tocher, 2003) 7

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor médio de ácidos graxos dos principais óleos e gorduras utilizados em dietas experimentais para peixes.	11
Tabela 2 - Composição das dietas-teste contendo diferentes fontes de óleos vegetais..	30
Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos das dietas-teste contendo diferentes fontes de óleos vegetais.....	31
Tabela 4 - Desempenho produtivo de lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com as dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais.....	33
Tabela 5 - Composição química das carcaça de lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais.....	34
Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos das carcaças de lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais.....	35
Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos do fígado de lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais.....	37

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Laboratório de recirculação de água, Setor de Piscicultura, Universidade Federal de Viçosa	47
Foto 2 - Detalhe da unidade experimental (aquário) no momento de alimentação dos peixes	47
Foto 3 - Detalhe da alimentação dos peixes	48
Foto 4 - Coleta de dados ao final do período experimental.....	48
Foto 5 - Detalhe da coleta de víscera, fígado e gônadas dos peixes para análises	49
Foto 6 – Equipe de trabalho do Laboratório de Nutrição de Peixes da UFV	49

RESUMO

TAVARES, Mateus Moraes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Fontes de óleos vegetais em dietas para lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*): desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos, rendimento e composição de carcaça.** Orientadora: Ana Lúcia Salaro. Co-orientadores: Jener Alexandre Sampaio Zuanon, Céphora Maria Sabarense e Pedro Veiga Rodrigues Paulino.

O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), espécie nativa brasileira, de água doce, pode ser encontrado do nordeste ao sul do país. O cultivo desta espécie tem despertado o interesse de vários pesquisadores por se tratar de um peixe com rápido crescimento, hábito alimentar onívoro e reprodução natural, podendo tornar-se uma espécie amplamente produzida no país. Acrescido a isso, os lambaris apresentam boa aceitação no mercado. Entretanto, para o sucesso da intensificação na produção desta espécie é necessário, principalmente, estudos relacionados à nutrição e alimentação dos animais, para que se possam indicar dietas que proporcionem maior desenvolvimento do animal, sem prejuízo a sua saúde. Assim, com esse estudo objetivou-se avaliar diferentes fontes de óleos vegetais em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos (óleos vegetais de canola, milho, linhaça, girassol, oliva e soja) e cinco repetições. Para tanto, 510 alevinos com $1,82 \pm 0,09$ g foram distribuídos em 30 aquários circulares (100L), equipados de filtro biológico, aquecedores e termostatos. Cada aquário foi considerado uma unidade experimental. Os peixes foram alimentados com as dietas-teste por um período de 90 dias. Ao final do experimento, os peixes foram avaliados quanto ao desempenho produtivo, índices de rendimento corporal, composição química da carcaça e perfil lipídico da carcaça e do fígado. Foi observada diferença significativa para sobrevivência, teor de proteína bruta e perfil lipídico dos peixes alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleo. Os lambaris alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentaram menor taxa de sobrevivência (94,11%) quando comparada com as taxas de sobrevivência dos peixes alimentados com as demais dietas. As maiores porcentagens de proteína bruta na carcaça 59,23% e 57,84% foram encontradas nos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de linhaça e girassol, respectivamente. Os peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de girassol, soja e milho apresentaram as maiores concentrações de ácido linoléico (18:2n-6)

incorporados na carcaça. A dieta contendo óleo de linhaça proporcionou maior concentração de ácido α -linolênico (18:3n-3) na carcaça dos peixes. Nos peixes de todos os tratamentos não foi detectado a presença do ácido araquidônico (20:4n-6). Foi observada presença dos ácidos eicosapentaenóico (20:5n-3) e do ácido docosahexaenóico (22:6n-3) incorporados à musculatura dos peixes de todos os tratamentos, mostrando existência de maior afinidade das enzimas $\Delta 6$ dessaturases pelos ácidos graxos da série n-3 quando comparados aos ácidos graxos da série n-6. A dieta contendo óleo de linhaça, rica em ácido graxo α -linolênico resultou em maior relação n-3/n-6 no perfil lipídico da carcaça dos peixes quando comparados aos peixes alimentados com as demais dietas. No fígado dos peixes houve maior acúmulo dos ácidos linoléico e docosahexaenóico, quando comparado ao ácido α -linolênico. Esses resultados confirmam a maior afinidade das enzimas $\Delta 6$ e $\Delta 5$ dessaturases pelos ácidos graxos da série n-3 (α -linolênico) diminuindo a conversão do ácido linoléico a ácido araquidônico. Esses resultados mostram que os óleos de origem vegetal testados são bons fornecedores de ácidos graxos precursores na síntese de eicosanóides e confirmam que essa espécie possui alta capacidade de realizar a dessaturação e alongamento de ácidos graxos da serie n-3. O óleo de linhaça, por promover maior relação de ácidos graxos das séries n-3/n-6 na carcaça dos peixes, é indicado em dietas para essa espécie.

ABSTRACT

TAVARES, Mateus Moraes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february of 2011. **Sources of vegetable oils in diets for lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*): productive performance, fatty acid profile, body indices and carcass composition.** Adviser: Ana Lúcia Salaro. Co-advisers: Jener Alexandre Sampaio Zuanon, Céphora Maria Sabarense and Pedro Veiga Rodrigues Paulino.

The lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) is a species native of Brazil, being found from the northeast to the south of the country. The cultivation of this species has attracted the interest of many researchers because it is a fast growing fish, omnivorous and natural reproduction which could become a widely species produced in the country. Moreover, it is a fish with good market acceptance. However, the intensification in the production of this species depends mainly on studies related to feed and nutrition in order to indicate the diet that will provide the greatest development of the animal, without prejudice to its health. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of supplementation with different sources of vegetable oils in diets for lambari-do-rabo-amarelo. Was used a completely randomized experimental design with six treatments (canola, corn, linseed, sunflower, olive and soybean vegetable oils) and five repetitions, where 510 fingerlings with 1.82 ± 0.09 g (average weight \pm SD) were distributed in 30 circular tanks (100L), regarded as experimental units. Fish were fed with the test diets for a period of 90 days. At the end of the experiment, fish were evaluated for productive performance, body yield indexes, carcass chemical composition and lipid profile of the carcass and liver. Significant difference ($p < 0.05$) in survival (SU) of fish fed with supplementary diets with different vegetable oils was observed. Fish fed with diet containing soybean oil had lower survival rate (94.11%) than fish fed diets containing other vegetable oils. The chemical composition of fish carcass was significantly different ($p < 0.05$) for crude protein content. Fish fed with diets containing linseed oil (59.23%) and sunflower (57.84%) had higher percentages of crude protein in the carcass. The lipid profile of the carcass of the fish was a consequence of the diet consumed. Fish fed with diet containing sunflower, soybean and corn oils had significantly higher concentrations of linoleic acid (18:2 n-6) incorporated into its muscles. Fish fed with diets containing linseed oil had higher concentrations of α -linolenic acid (18:3 n-3) incorporated into their muscles. In fish of all treatments was not detected the presence of arachidonic acid (20:4 n-6). Although no

significant difference between them was presented, it was observed the presence of eicosapentaenoic acid (20:5 n-3) and docosahexaenoic acid (22:6 n-3) incorporated into the muscle of fish from all treatments, showing that there is a higher affinity of $\Delta 6$ e $\Delta 5$ desaturase enzymes with fatty acids of n-3 series compared to fatty acids of n-6 series. The largest supply of α -linolenic fatty acid for the fish fed with diet containing linseed oil resulted in a higher n-3/n-6 ratio in the carcass lipid profile compared with fish fed with other diets. In the liver of the animals there was a greater accumulation of linoleic and docosahexaenoic acids, compared to α -linolenic acid. These results confirm the higher affinity of the enzymes $\Delta 6$ and $\Delta 5$ desaturases with fatty acid of n-3 series (α -linolenic acid) decreasing the conversion of linoleic acid to arachidonic acid. These results show that the tested vegetable oils are good sources of fatty acids precursors for the synthesis of eicosanoids and confirm that this species has greater capacity to carry out the desaturation and elongation of fatty acids of n-3 series. For human feeding, the World Health Organization recommends that diets have a ratio of series n-3/n-6 fatty acids of 1:4 to 1:10 to be a quality diet. According to the results observed in this study, we can indicate the use of linseed oil for the lambari-do-rabo-amarelo nutrition in order to increase the incorporation of fatty acids of n-3 serie in their muscles, thus increasing the ratio of series n-3/n-6 fatty acids in the flesh of the fish.

INTRODUÇÃO

Os lipídios são fontes de energia e ácidos graxos essenciais (Beterchini, 2006; Chou et al., 2001; Heper, 1989;). Os ácidos graxos vêm sendo estudados e reconhecidos como importantes agentes indutores na melhoria do desempenho produtivo e do sistema imunológico dos animais, assim como da qualidade da carne (Petropoulos et al., 2009, Tan et al., 2009; Kew et al., 2004; Gatlin, 2002; Balfry & Higgs, 2001).

A avaliação de diferentes fontes de lipídios no desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos dos peixes são importantes para o estabelecimento de recomendações dessas fontes em rações comerciais para essas espécies, assim como da qualidade da carne para consumo humano. Com relação ao consumo da carne de peixes pelo homem, muitos estudos têm sido realizados visando identificar o perfil lipídico das espécies mais consumidas, em função dos efeitos benéficos dos ácidos graxos essenciais na prevenção de doenças cardiovasculares.

Com o conhecimento e a divulgação da qualidade da carne do peixe, sua inclusão regular na alimentação humana poderá ser mais recomendada por profissionais de saúde. Entretanto, no Brasil a utilização de peixe na alimentação humana, ainda é considerada muito baixa comparada às carnes bovina, suína e de aves. O incentivo ao seu consumo tem sido defendido como uma alternativa de proteína de alto valor biológico na dieta da população.

O valor nutricional da carne de peixe está associado à qualidade de suas proteínas e do seu teor de lipídios polinsaturados. Certamente, o avanço das pesquisas abordando fontes de lipídios na alimentação dos peixes contribuirá para a ampliação da piscicultura no Brasil. Associado a este aspecto, o conhecimento do valor nutricional da carne dos peixes contribuirá também para o aumento do consumo. Assim, estudos que viabilizem a melhoria na qualidade da carne dessas espécies tornam-se fundamentais para recomendações desta proteína. Porém, assim como os demais vertebrados, os peixes são incapazes de sintetizar os ácidos graxos essenciais (18:2n-6 e 18:3n-3), tornando-se necessário sua incorporação na dieta (Henderson & Tocher, 1987).

Entre as diversas espécies de peixes, os lambaris destacam-se por possuir mercado específico, em franca expansão, em função da grande aceitação pelo consumidor, dessa iguaria como petisco. Os lambaris podem ser utilizados no consumo humano, na pesca esportiva, assim como na aquariofilia (Garutii, 2003). Entretanto, para o sucesso da intensificação na produção desta espécie é necessário, principalmente,

estudos relacionados à nutrição e alimentação dos animais, para que se possam indicar dietas que proporcionem maior desenvolvimento do animal, sem prejuízo a sua saúde dos mesmos.

Portanto, este estudo visa avaliar diferentes fontes de lipídios no desempenho produtivo, índices de rendimento corporal, composição química corporal e perfil de ácidos graxos da carcaça e do fígado de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*).

REVISÃO DE LITERATURA

Lipídios

Os lipídios, também conhecidos popularmente como gorduras ou óleos, são quimicamente definidos como um grupo heterogêneo de substâncias que possuem como propriedade comum a insolubilidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos (Nelson & Cox, 2006). O termo gordura é associado às substâncias que são encontrados na natureza no estado sólido ou semi-sólido como a manteiga e a gordura das carnes, enquanto os óleos apresentam-se no estado líquido, quando à temperatura ambiente (Gurr et al., 2002).

Os lipídios apresentam papel fundamental no organismo animal, desempenhando principalmente funções energéticas, estruturais e de fornecimento de ácidos graxos, podendo ser classificados como lipídios neutros ou polares, dependendo da presença de carga elétrica em sua estrutura (Gurr et al., 2002). Os fosfolipídios e glicolipídios são os principais lipídios polares e exercem funções estruturais. Os lipídios neutros são representados pelos triacilgliceróis, responsáveis pelo fornecimento e armazenamento de energia, e por lipídios presentes em menores quantidades fundamentais para o transporte de substâncias lipossolúveis, transcrição do código genético e cofatores de enzimas. (Nelson & Cox, 2006).

Aos lipídios também são atribuídas funções específicas, como absorção de substâncias lipossolúveis, liberação de precursores de hormônios e redução da velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (Beterchini, 2006).

Outra função relevante dos lipídios na dieta dos animais é o fornecimento de ácidos graxos essenciais. Os ácidos graxos são produtos da hidrólise dos triacilglicerídeos (Beterchini, 2006), que são quimicamente formados por uma molécula de glicerol unida por ligações éster com três moléculas de ácidos graxos (Figura 1).

Os ácidos graxos são definidos como moléculas apolares que possuem em uma das extremidades um grupo carboxílico ($-\text{COOH}$) ligado a uma cadeia carbônica de 4 a 36 carbonos. Os ácidos graxos são classificados em saturados, quando apresentam apenas simples ligações em sua cadeia carbônica, ou insaturados, quando possuem duplas ligações na cadeia carbônica. Os ácidos graxos insaturados podem ser ainda

monoinsaturados ou polinsaturados em função do número de duplas ligações na cadeia carbônica (Gurr et al., 2002).

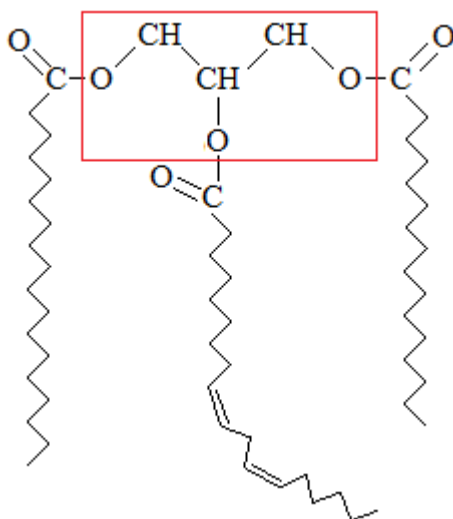
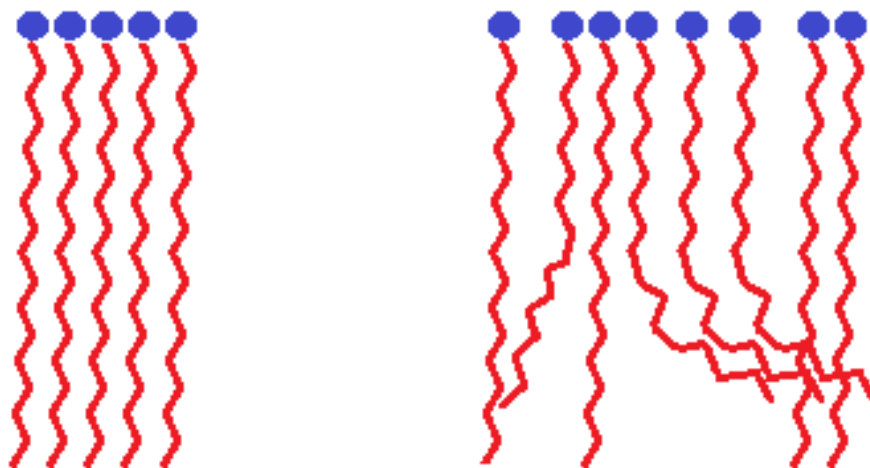


Figura 1- Molécula de triacilglicerol, representado por uma molécula de glicerol (destacada pelo retângulo) ligada a três ácidos graxos diferentes por três ligações ésteres (adaptado de Nelson & Cox, 2006).

As propriedades dos ácidos graxos são determinadas principalmente pelo comprimento da cadeia carbônica e pelo seu grau de insaturação. Quanto mais longa e mais saturada a cadeia carbônica, menor a solubilidade em água e mais alto o seu ponto de fusão. Os ácidos graxos saturados, por possuírem apenas ligações simples, apresentam menor flexibilidade da cadeia carbônica. A forma estendida destes ácidos graxos é a mais estável, a qual possibilita arranjo mais eficiente entre as moléculas, permitindo que estas se unam através de ligações de Van Der Waals (Figura 2) (Nelson & Cox, 2006).

Nos ácidos graxos insaturados, a existência de duplas ligações força uma torção na cadeia carbônica, o que dificulta a união estável das moléculas como nos ácidos graxos saturados (Figura 2). Em função desta característica, é necessária menor quantidade de energia para desordenar as moléculas de ácidos graxos insaturados. Tal característica também reflete na permeabilidade das membranas, tornando mais fluida as membranas que são ricas em ácidos graxos insaturados (Nelson & Cox, 2006).

Porém, para a homeostasia animal, há necessidade de proporções adequadas entre os ácidos graxos saturados e insaturados nas membranas biológicas.



ácidos graxos saturados (a) mistura de ácidos graxos saturados e insaturados (b)

Figura 2- Conformação de membrana constituída unicamente por ácidos graxos saturados (a) e por uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados (b) (adaptado de Nelson & Cox, 2006).

Entre os ácidos graxos insaturados, os polinsaturados, também denominados de PUFA (polyunsaturated fatty acids), podem ser classificados em três grupos: ácidos graxos polinsaturados das séries n-3 (ômega 3), n-6 (ômega 6), e n-9 (ômega 9). Esta classificação refere-se à posição da última dupla ligação em relação ao grupo metil terminal da cadeia carbônica (Shaikh & Edidin, 2006) (Figura 3).

Os ácidos graxos polinsaturados das séries n-3 e n-6 como o ácido α -linolênico (18:3n-3) e o ácido linoléico (18:2n-6) são essenciais para a maioria dos vertebrados, uma vez que, esses animais não são capazes de sintetizá-los, sendo, portanto, necessário seu fornecimento pela alimentação (Simopoulos, 1991; Calder, 2001; Wallis, et al., 2002; Simopoulos, 2002b).

Uma vez presentes na dieta, os ácidos graxos 18:2n-6 e 18:3n-3 sofrem processos de dessaturação e alongamento da cadeia nos tecidos animais, sendo precursores do ácido araquidônico (AA ou 20:4n-6) e dos ácidos eicosapentaenóico (EPA ou 20:5n-3) e docosahexaenóico (DHA ou 22:6n-3), respectivamente (Tapiero et al., 2002; Tocher, 2003). As enzimas $\Delta 6$ e $\Delta 5$ dessaturases (Figura 4) são responsáveis por tais processos, sendo sua atividade dependente da disponibilidade de EPA, DHA e

AA nas dietas (Tocher, 2003). Os ácidos linoléico e α -linolênico são substratos da mesma enzima, a $\Delta 6$ dessaturase, portanto, competem entre si na mesma via metabólica. Porém a afinidade desta enzima é maior para os precursores n-3 quando comparados com aos precursores n-6, proporcionando maior acúmulo de DHA (22:6n-3) em relação ao acúmulo de AA (20:4n-6) (Zheng et al., 2009). O excesso de n-3 poderá diminuir a conversão do ácido linoléico em araquidônico, e levar a formação de maior quantidade de EPA e DHA (Madsem et al., 1999; Kelley, 2001).

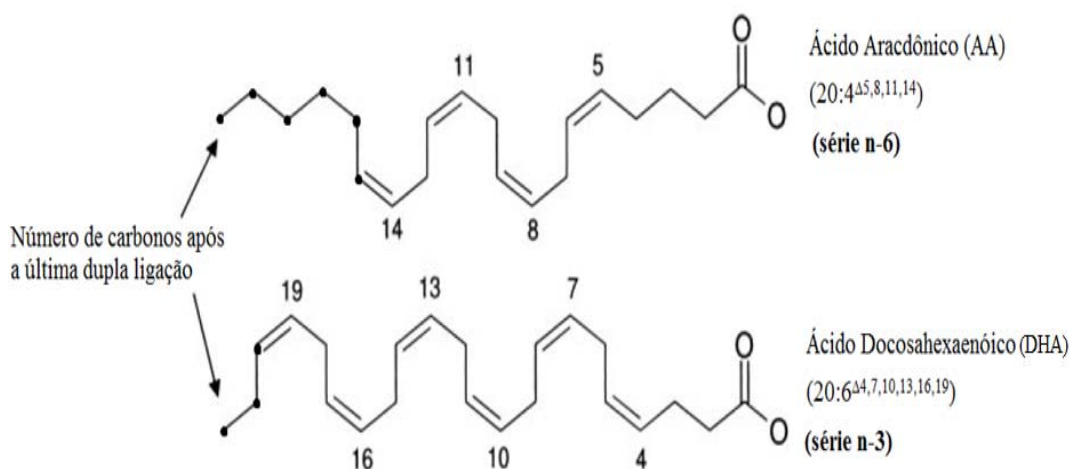


Figura 3— Classificação dos ácidos graxos polinsaturados da série n-6 (ácido araquidônico) e série n-3 (ácido docosahexaenóico - DHA) (adaptado de Shaikh & Edidin, 2006).

Os ácidos graxos EPA, DHA e AA são fundamentais na produção de eicosanóides, como tromboxanos, leucotrienos e prostaglandinas que afetam diretamente a saúde dos animais, inclusive a saúde humana (Gallic et al., 1994; Salem et al., 1996; Lagarde et al., 1999; Simopoulos, 2002a; Simopoulos, 2004; Hassan & Gronert, 2010). Deste modo os ácidos graxos polinsaturados poderão atuar no crescimento e desenvolvimento normal do indivíduo, participar em processos de prevenção e tratamento de doenças coronarianas, artrite, doenças autoimunes e em alguns tipos de carcinomas (Simopoulos, 1999).

Os ácidos graxos da série n-3 conferem a saúde humana maiores benefícios, quando comparados com os ácidos graxos da série n-6 (Shaikh & Edidin, 2006). A presença dos ácidos graxos da série n-3 na membrana das células contribui para redução

da produção de prostaglandina E₂, tromboxanos A₂ (potente agregador plaquetário e vasoconstritor) e leucotrienos B₄ (forte indutor inflamatório) e ao mesmo tempo favorece a produção de tromboxanos A₃ (agregador plaquetário e vasoconstritor mais fraco), leucotrienos B₅ (fraco indutor inflamatório), e de prostaciclina que são vasodilatadores e inibidores da agregação plaquetária, melhorando assim, as propriedades antiinflamatórias e antitrombóticas (Simopoulos, 2002b). Embora, os ácidos graxos da serie n-3, confirmam maiores benefícios a saúde humana há necessidade de um balanço entre as porcentagens de ácidos graxos das series n-3 e n-6.

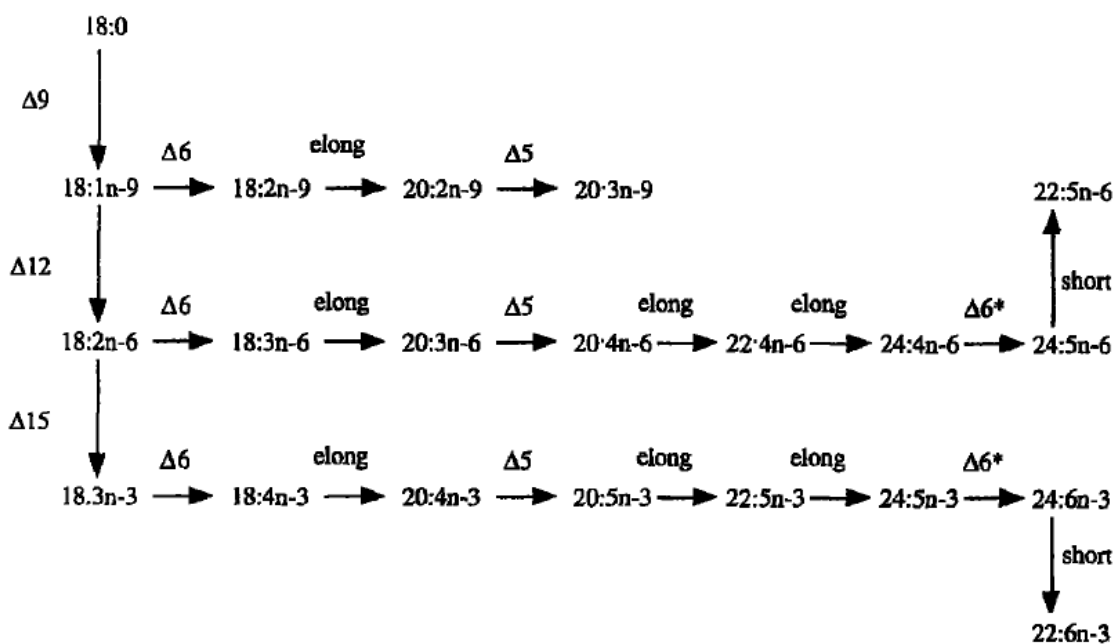


Figura 4 - Principais rotas metabólicas da síntese de ácidos graxos polinsaturados das séries n-3, n-6 e n-9 nos animais. (Tocher, 2003)

Para a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2009) na alimentação humana 3% do total da exigência em energia deve ser composta por ácidos graxos essenciais, sendo 2,5% do ácido linoléico e 0,5% do ácido α -linolênico, promovendo uma relação de 1:5 de n-3/n-6, respectivamente. Essas quantidades e relação seriam suficientes para a não ocorrência de sintomas de deficiência nestes ácidos graxos. Esta recomendação pode ser alterada para 6% ou ainda para 11% quando se objetiva a prevenção ou redução do risco de doenças, principalmente as coronarianas. Dietas com proporções inadequadas entre os ácidos graxos da série n-3 e n-6 na dieta humana podem afetar os processos reprodutivos (Wathes et al., 2007), induzir o crescimento e evolução de carcinomas

(Kapoor, 2009; Hassan & Gronert, 2010) e em alguns casos levar a diabetes e hipertensão (Gallic et al., 1994; Salem et al., 1996; Lagarde et al., 1999). Entretanto, nos últimos anos a relação dos ácidos graxos das séries n-3/n-6, das dietas humanas, vem sofrendo alterações em função das mudanças no comportamento alimentar do homem, pelo maior consumo de alimentos ricos em ácidos graxos da série n-6, como os grãos e os cereais em detrimento de alimentos ricos em ácidos graxos da série n-3, como as frutas e os vegetais, modificando drasticamente a relação n-3/n-6 para valores próximos a 1:15 (Simopoulos, 2002c). Situação semelhante vem ocorrendo na criação animal, pela substituição do alimento natural por dietas formuladas a base de grãos, ocasionando redução no consumo de alimentos ricos em ácidos graxos da série n-3 (Simopoulos, 2002b). Dessa forma, o enriquecimento dos alimentos em ácidos graxos da série n-3, é fundamental para manter o equilíbrio na relação n-3/n-6 nas dietas.

Lipídios como fonte de energia para peixes

A energia proveniente dos alimentos pode ser utilizada pelos animais em processos metabólicos, para manutenção da homeostase ou armazenada em tecidos especializados para utilização em situações específicas (Gurr et al., 2002), como por exemplo, na reprodução. Em geral, a energia oriunda dos lipídios é vantajosa se comparada à energia proveniente dos carboidratos ou das proteínas, em função da oxidação dos lipídios gerarem duas vezes mais energia que a oxidação de carboidratos (Nelson & Cox, 2006).

Nos peixes, a reserva energética ocorre principalmente nos músculos, onde a β -oxidação dos lipídios libera a energia (Froyland et al., 2000) para os diversos processos metabólicos do animal. Os peixes também podem armazenar energia nos tecidos mesentéricos e nas gônadas (Contreras-Guzmán, 2002). Tal energia pode ser prontamente utilizada quando da necessidade do animal.

Os peixes obtêm energia, preferencialmente, das proteínas e dos lipídios presentes na dieta ou estocados em seu corpo (Tocher, 2003). Em ambientes aquáticos, principalmente marinhos, a oferta de carboidratos é muito baixa, e a utilização de proteínas e de lipídios como fonte de energia é mais acentuada (Sargent et al., 2002). Entretanto, a possibilidade da utilização de carboidratos e ou lipídios como fontes energéticas, principalmente para peixes de água doce, pode contribuir para que a

proteína da dieta não seja utilizada como fonte de energia (Andrews & Page, 1975; NRC, 1993; Martinho et al., 2002) e sim preferencialmente para o crescimento do animal. O processo pelo qual a proteína é poupada pelo carboidrato e/ou lipídio é conhecido como efeito poupador de proteína (Tocher, 2003). Entretanto, dietas para peixes devem conter balanço adequado entre energia e proteína, uma vez que, uma dieta desbalanceada pode interferir no consumo de alimento, diminuindo o potencial de crescimento do peixe (Peres & Oliva-Teles, 1999; Lupatsch et al., 2001) e levar a prejuízos na saúde dos animais (Chatzifotis, 2010).

Em larvas de *Pelteobagrus vachelli*, a utilização de dietas com níveis crescentes (58, 74, 111, 151 E 199g.kg⁻¹) de lipídio, resultou em diminuição no crescimento e na sobrevivência dos animais, o que foi atribuído principalmente a incapacidade das larvas em digerir e utilizar altas quantidades de lipídio (Zheng et al., 2010). Resultados semelhantes foram observados para larvas de *Oreochromis niloticus* (Boscolo et al., 2005). Para esses autores, o aumento de lipídios na dieta levou a diminuição do consumo e conseqüentemente redução no consumo adequado de proteínas necessárias para o desenvolvimento normal do peixe. Dietas contendo níveis superiores a 12% de lipídios resultaram em diminuição do consumo da dieta pelos animais e também a diminuição do crescimento e da eficiência protéica de juvenis de *Lateolabrax japonicus* (Xu et al., 2010). Níveis inadequados de lipídios também podem levar a maior deposição de gordura em *Sander lucioperca* e *Epinephelus coioides*, (Luo et al., 2005; Schulz, 2006). Resultados semelhantes foram observados em reprodutores de *Oreochromis niloticus* (Bombardelli et al., 2009). Assim, a deposição inadequada de gordura no fígado dos peixes pode interferir no metabolismo animal, levando a diminuição no crescimento (Luo et al., 2005), assim como nos processos reprodutivos (Izquierdo et al., 2001).

Entretanto, o aumento dos níveis de lipídios (5, 10, 15 e 20%) para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) não resultaram em diferenças significativas no desempenho produtivo dos animais (Meer et al., 1997). Para alevinos de *Sander lucioperca*, o uso de dietas contendo duas vezes mais lipídios disponíveis que a dieta natural (*Chironomus* spp.) resultou em maiores taxas de crescimento e eficiência alimentar (Schulz, 2006). Para juvenis de *Oreochromis niloticus*, a suplementação de 10 e 15% de lipídio na dieta promoveu maior ganho em peso, melhor conversão alimentar e maior eficiência protéica quando comparadas com dietas suplementadas com 5 ou 20% de lipídio (Chou & Shiau, 1996). Zambonino Infante & Cahu (1999) concluíram

que a melhoria no desempenho produtivo dos peixes, em função do aumento na suplementação lipídica na dieta dos peixes, pode estar relacionada com o maior estímulo da atividade de enzimas lipolíticas. Portanto, a exigência por lipídios nas dietas para peixes pode variar em função de espécie, da fase de vida e do ambiente em que vivem.

Lipídios como fonte de ácidos graxos essenciais para peixes

As principais fontes lipídicas fornecedoras de ácidos graxos essenciais para peixes utilizadas na produção de rações para a aquicultura são os óleos vegetais ou animais. Entretanto, existe grande variação entre a composição em ácidos graxos destas fontes lipídicas. Os óleos vegetais, por exemplo, possuem baixa concentração de ácidos graxos saturados e predominância de ácidos graxos insaturados enquanto que, nos óleos de origem animal ocorre maior concentração de ácidos graxos saturados, e em geral baixa concentração de ácidos graxos insaturados, contudo vale ressaltar que os perfis lipídicos dos óleos de origem animal será influenciado pela dieta que este animal irá receber.

O óleo de peixe é um dos óleos de origem animal mais utilizado, em rações para peixes, entretanto por este ser um co-produto da pesca e, por nos últimos anos, ter sua oferta reduzida, em função da atividade extrativista não acompanhar o crescimento da aquicultura mundial (FAO, 2008), este óleo vem sendo substituído pelos óleos de origem vegetal. Entretanto, vale ressaltar que, na maioria das pesquisas com óleos de origem vegetal são avaliados apenas o potencial energético, não se levando em consideração o fornecimento de ácidos graxos essenciais por esses óleos para os animais (Uliana et al., 2001). Dessa forma, torna-se imprescindível estudos com fontes de óleos de origem vegetal como fornecimento de nutrientes com qualidade igual ou semelhante ao do óleo de peixe

Para peixes de água doce, vários estudos vêm sendo desenvolvidos buscando substituir o óleo de peixe das dietas principalmente pelos óleos vegetais de soja e de milho. Contudo essa substituição deve ser avaliada com cautela, uma vez que, esses óleos podem não atender completamente as exigências dos peixes pelos ácidos graxos essenciais, principalmente os da série n-3. Os óleos de soja e milho são excelentes fornecedores de ácidos graxos da série n-6, porém são pobres em ácidos graxos da série

n-3. Além dos óleos de soja e milho, óleos linhaça, oliva e canola também vêm sendo utilizados em dietas para peixes. A tabela 1 apresenta a composição em ácidos graxos dos principais óleos e gorduras utilizados em dietas experimentais para peixes.

Tabela 1 - Teor médio de ácidos graxos dos principais óleos e gorduras utilizados em dietas experimentais para peixes.

Óleos ou gordura	Ácidos graxos Saturados (%)	Ácidos graxos Monoinsaturados (%)	Ácidos graxos polinsaturados (%)	
			Série n-6	Série n-3
Canola ¹	7,9	62,6	20,87	6,78
Milho ¹	15,2	33,4	49,94	0,96
Oliva ¹	14,9	75,5	8,74	0,75
Linhaça ²	11,7	22,09	13,91	51,19
Girassol ¹	10,6	25,4	62,22	0,39
Soja ¹	15,2	23,3	53,85	5,72
Peixe ¹	20 - 50	10 – 50	2 - 9	2 – 8
Suíno ¹	30 - 40	40 – 50	9 - 12	1 – 2

¹ Tabela brasileira de composição de alimentos TACO (2006);

² Adaptado de Galvão (2009);

É importante ressaltar que a utilização de diferentes fontes de ácido graxos, quer de origem animal ou vegetal em dietas para peixes irá variar com a fase de desenvolvimento, assim como com a espécie e irá refletir no perfil lipídico dos mesmos. Assim, para alevinos da espécie marinha carnívora *Sparus aurata* a substituição de até 48% do óleo de peixe por óleo de soja não influenciou o crescimento dos peixes, mas promoveu redução nas porcentagens dos ácidos EPA e DHA no tecido do animal (Martínez-Llorens et al., 2007). Para juvenis de *Pseudoplatystoma coruscans*, espécie também carnívora, porém de água doce, dietas contendo óleos de linhaça, milho e soja em substituição a 100% da gordura suína não resultaram em diferenças significativas no desempenho produtivo, mas levaram diferenças no perfil lipídico da carcaça dos animais (Martino et al., 2002). Também com objetivo de avaliar diferentes fontes de óleo (milho, girassol, peixe e colza) em dietas para juvenis de *Cyprinus carpio*, espécie

onívora de água doce, Steffens & Wirth, (2007) concluíram que os peixes refletiram o perfil lipídico da dieta consumida, mostrando que os óleos devem ser incorporados nas dietas dos animais como forma de melhorar a qualidade da carne para consumo humano. Resultados semelhantes foram observados para a espécie *Sander lucioperca*, onde a suplementação de óleo de peixe, linhaça e soja à dieta não resultou em diferenças no ganho em peso, contudo os peixes alimentados com as dietas suplementadas com óleo de soja apresentaram redução na relação n-3/n-6 na carcaça e fígado (Schulz et al., 2005).

Em larvas de *Oreochromis niloticus* diferenças significativas foram observadas para crescimento, sobrevivência e conversão alimentar quando alimentadas com dietas contendo diferentes proporções entre os óleos de linhaça, milho e soja (El. Husseiny et al., 2010). Segundo esses mesmos autores, as dietas que possuíam maior concentração de óleos de linhaça refletiram em maior porcentagem de ácido graxos da série n-3 nas larvas.

O hábito alimentar dos peixes também irá interferir no seu perfil lipídico. Assim, o perfil de ácidos graxos dos peixes será reflexo do perfil lipídico da dieta consumida (Castell et al., 2004; Asdari et al., 2011). Em peixes marinhos, por exemplo, em função da alimentação rica em ácidos graxos da série n-3, ocorrerá maior acúmulo desses ácidos no organismo do animal, tornando a relação dos ácidos das séries n-3/n-6 mais alta, se comparada aos peixes de água doce (Olsen, 1998). Ramos-filho et al. (2008) comparando os perfis lipídicos dos peixes *Pseudoplatystoma coruscans*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Salminus maxillosus* e *Piaractus mesopotamicus*, capturados na natureza, observaram diferenças na composição lipídica dos mesmos, indicando que os itens alimentares dos peixes influenciaram no perfil lipídico dos mesmos. Serot et al. (1998) comparou os perfis lipídicos de *Scophthalmus maximus* capturados na natureza e criados em cativeiro e observou que a composição lipídica corporal e a concentração de ácidos graxos polinsaturados da série n-3 foram estatisticamente diferentes entre os peixes, havendo maior deposição de gordura e menor concentração de ácidos graxos polinsaturados da série n-3 nos peixes de cativeiro.

A proporção entre a composição de ácidos graxos polinsaturados das dietas também pode influenciar a composição lipídica do sangue dos animais (Tan et al., 2009). Neste aspecto, as concentrações de tromboxanos e leucotrienos no plasma de reprodutores de *Dicentrarchus labrax* e juvenis de *Ictalurus punctatus* variaram com a

concentração de ácidos graxos da série n-3 e n-6 na dieta (Klinger et al., 1996; Farndale et al., 1999), indicando que o perfil lipídico das dietas dos peixes também reflete em sua capacidade de resposta imune e antiinflamatória.

Astyanax altiparanae (Lambari-do-rabo-amarelo)

O gênero *Astyanax* é o mais comum e diversificado dos Characiformes, sendo facilmente encontrado nas bacias hidrográficas brasileiras (Nomura, 1975; Orsi et al., 2004; Suzuki & Orsi, 2008). Os peixes pertencentes a esse gênero são comumente conhecidos por lambaris, tambíus ou piabas. Dentro deste gênero, a espécie *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000), anteriormente classificada como *A. bimaculatus* (Linnaeus, 1758), possui ampla distribuição territorial, indo do nordeste brasileiro até a Bacia do Prata, no estado do Paraná.

Na natureza, esta espécie pode ser encontrada em cardumes e apresentar vasta plasticidade alimentar, podendo ingerir desde insetos e vegetais a escamas de outros animais (Vilella et al., 2002; Bennemann et al., 2005; Rondinelli, 2007), apresentando hábito alimentar onívoro. Os adultos podem atingir de 10 a 15 cm de comprimento e 40 a 60 gramas (Ihering & Azevedo, 1936; Porto-Foresti et al., 2005), com dimorfismo sexual aparente, quando as fêmeas são maiores e mais arredondado e os machos apresentam espículas ásperas na nadadeira anal (Porto-Foresti et al., 2005).

Características como aceitação de dietas processadas, rápido crescimento, hábito alimentar onívoro e reprodução natural (sem indução hormonal) conferem a essa espécie grande potencial para aqüicultura, o que vem despertando o interesse de vários pesquisadores (Porto-foresti et al., 2001). Neste aspecto, destacam-se os trabalhos de Salaro et al. (2008), com exigências em proteína e energia para lambaris-do-rabo-vermelho (*Astyanax fasciatus*); Meurer et al. (2005) com níveis de arraçoamento; Hayashi et al. (2004) com frequência alimentar, e Vilela & Hayashi, (2001) com densidade de estocagem em tanques-rede para alevinos de lambaris-do-rabo-amarelo. Acrescido a isso, os lambaris são muito apreciados pela população como petisco, assim como para isca viva na pesca esportiva, tornando essa espécie, ainda mais atrativa para a produção em escala comercial (Garutti, 2003). Entretanto, faltam informações na literatura a respeito deste grupo de peixes quando em sistemas de criação.

Assim, baseado no exposto acima, com esta pesquisa objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, índices de rendimento corporal, composição corporal e o perfil de ácidos graxos da carcaça e fígado de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais. Portanto, o presente estudo será apresentado sob a forma do artigo intitulado: “Fontes de óleos vegetais em dietas para lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*): desempenho produtivo, índices de rendimento corporal, composição química e perfil lipídico” o qual foi redigido segundo normas para publicação na revista Aquaculture Nutrition.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, J.W. & PAGE, J.W. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. **American Fisheries Society**, v.104, i.2, 1975.
- ASDARI, R.; ALIYU-PAIKO, M.; HASHIM, R.; RAMACHANDRAN, S. Effects of different lipid sources in the diet for *Pangarsius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenila os groth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and fatty acid composition. **Aquaculture Nutrition**, v.17, p.44-53, 2011.
- BALFRY, S. K.; HIGGS, D. A. Influence of dietary lipid composition on the immune system and disease resistance of finfish. In: **Nutrition and Fish Health** (Lim, C. & Webster, C. D. eds). Food Product Press, Binghampton NY, USA, p.213-234, 2001
- BENNEMANN, S.T. et al. Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Iheringia**, v.95, n.3, p. 247-254, 2005
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogátricos**. Lavras: Editora UFLA, ISBN 85-87692-34-8, 2006
- BLAZER, V.S. Nutrition and disease resistance in fish. Ann. **Review of Fish Diseases**., p.309-323, 1992
- BOMBARDELLI, R.A.; HAYASHI, C.; NATALI, M.R.M.; SANCHES, E.A.; PIANA, P.A. Desempenho reprodutivo e zootécnico e deposição de lipídios nos hepatócitos de fêmeas de tilápia-do-nilo alimentadas com rações de diversos níveis energéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1391-1399, 2009.
- BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOMBARELLI, R.A., SIGNOR, A.A.; REIDEL, A. Energia Digestiva para larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1813-1818, 2005
- CALDER, P.C. n-3 polynsaturated fatty acids, inflammation and immunity: pouring oil on troubled waters or another fish tale? **Nutrition Research**, v. 21, p. 309-341, 2001
- CASTELL, J.D.; KENNEDY, E.J.; ROBINSON, S.M.C.; PARSONS, G.J.; BLAIR, T.J.; GONZALEZ-DURAN, E.. Effect of dietary lipids on fatty acid composition and metabolism in juvenile green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). **Aquaculture**. 242,417-435, 2004
- CHATZIFOTIS, S.; PANAGIOTIDOU, M.; PAPAIOANNOU, N.; PAVLIDIS, M.; NENGAS, L.; MYLONAS, C.C. Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles. **Aquaculture**, v. 307, p.65-70, 2010
- CHOU, B.S; SHIAU, S.Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, v.143, p.185-195, 1996

CHOU, R.L.; SU, M.S. & CHEN, H.Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v.193, p. 891-89, 2001.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago (Chile): CECTA-USACH, 308 p., 2002

EL-HUSSEINY, O.M.; ABDUL-AZIZ, G.M.; GODA, A.M.A.S; SULOMA, A. Effect of altering linoleic acid and linolenic acid dietary levels and ratios on the performance and tissue fatty acid profiles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fry. **Aquaculture International**, v.18, p.1105-1119, 2010

FAO - FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. **State of world aquaculture 2008**. FAO Fisheries Technical Paper. FAO, Rome. 176 pp, 2008

FARNDALE, B.M.; BELL, J.G.; BRUCE, M.P.; BROMAGE, N.R.; OYEN, F.; ZANUY, S.; SARGENT, J.R. Dietary lipid composition affects blood leucocyte fatty acid compositions and plasma eicosanoid concentrations in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 179, p. 335-350, 1999

FROYLAND, L.; LIE, O.; BERGE, R.K. Mitochondrial and peroxisomal β -oxidation capacities in various tissues from Atlantic salmon *Salmo salar*. **Aquaculture Nutrition**, v.6, p.85-89, 2000

GALVÃO, E.L. **Extração supercrítica de óleo de linhaça: construção do extrator, estudo de parâmetros de processo, avaliação química e antioxidante do produto**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2009.

GALLI, C. & CALDER, P.C. Effects of Fat and Fatty Acid Intake on Inflammatory and Immune Responses: A Critical Review. **Annals of Nutrition & Metabolism**. V.55p.123–139, 2009

GALLI C, SIMOPOULOS AP, TREMOLI E. Effects of fatty acids and lipids in health and disease. **World Review Nutrition Diet**, v.76, p.1–152, 1994

GARUTTI, V.; BRITSKI, H.A. Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS**, Porto Alegre, 13:65-88, 2000

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica** / Valdener Garutti. - São Paulo: Editora UNESP, 2003. ISBN 85-7139-470-9

GATLIN, D. M. Nutrition and health. In: J. E. Halver and R. W. Hardy, editors. **Fish Nutrition Academic Press**, p.671-702, 2002

GURR, M.I.; HARWOOD, J.L; FRAYN, K.N. **Lipid biochemistry – An Introduction**. 5th edition, Blackwell Science, ISBN 0-632-05409-3, 2002

HASSAN, I.R.; GRONERT, K. Acute changes in dietary ω 3 and ω 6 polyunsaturated fatty acids have a pronounced impact on survival following ischemic renal injury and formation of renoprotective docosahexanoic acid – derived protectin D1. **The Journal of Immunology**, v. 182, p. 3223-3232, 2010

- HAYASHI, A.; MEURER, F.; BOSCOLO, W.R., LACERDA, C.H.F.; KAVATA, L.C.B. Frequência de arraçoamento para alevinos de Lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.21-26, 2004
- HEBB, C.D.; CASTELL, J.D.; ANDERSON, D.M.; BATT, J. Growth and feed conversion of juvenile winter flounder (*Pleuronectes mericanus*) in relation to different protein-to-lipid levels in isocaloric diets. **Aquaculture**, v.221, p.439-449, 2003
- HENDERSON, R.J.; TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry fish. **Program of Lipid Research**, v.26, p.281-347, 1987
- HEPER, B. Principles of Fish Nutrition. In: Shilo, M. & Sarig, M. (eds). **Fish culture in warm water systems: problems and trends**. Boca Raton: CRC. p. 121-141, 1989.
- IHERING, R.V.; AZEVEDO, P. As piabas dos açudes nordestinos (Characidae, Tetragonopterinae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.7, p.75-110, 1936
- IZQUIERDO, M. S.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, H.; TACON, A.G.J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. **Aquaculture**, 197, 25-42, 2001.
- KAPPOR, S. Immunomodulatory properties of omega-3 fatty acids: a possible explanation for their systemic, anti-carcinogenic effects. **Journal of Leukocyte Biology**. Volume 85, January 2009
- KELLEY, D.S. Modulation of human immune and inflammatory responses by dietary fatty acids. **Nutrition**, v. 17, p. 669-673, 2001
- KEW, S. MESA, MD. TRICON, S. BUCKLEY, R. MINIHANE, AM. YAQOUB, P. Effects of oils rich in eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on immune cell composition and function in healthy humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, 79(4): 674-681, 2004.
- KLINGER, R.C.; Blazer,V.S.; ECHEVARRIA, C. Effects of dietary lipid on the hematology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.147, p.225-233, 1996
- LAGARDE M, SPECTOR AA, GALLI C,HAMAZAKI T, KNAPP HR. Fatty Acids and Lipids from Cell Biology to Human Disease. **Lipids** 34(suppl): S1-S350. 1999
- LUO,Z.; LIU,Y.J.; MAI,K.S.; TIAN,L.X.; LIU,D.H.; TAN,X.Y.; LIN,H.Z. Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization and body composition of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isonitrogenous diets in floating netcages. **Aquaculture International**, v.13, p.257-269, 2005
- LUPATSCH,I.; KISSIL, G.WM.; SKLAN,D.; PFEFFER,E. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata L.*). **Aquaculture Nutrition** 7, p. 71-80, 2001
- MADSEN, L.; RUSTAN, A.C.; VAAGENES, H.; BERGE, K.; DYROY, E.; BERGE, R.K. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid affect mitochondrial and peroxisomal fatty acid oxidation in relation to substrate preference. **Lipids**, v. 34, p. 951-963, 1999

- MARTÍNEZ-LLORENS, S.; VIDAL, A.T.; MONINO, A.V.; TORRES, M.P.; CERDA, M.J. Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture Research**, v.38, p.76-81, 2007
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P. ; PORTZ, L. ; TRUGO, L. C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, Holanda, v. 209, n. 1-4, 235-248, 2002
- MEER, M.B.; ZAMORA, J.E.; VERDEGEM, M.C.J. Effect of dietary lipid level on protein utilization on the size and proximate composition of body compartments of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v.28, n.6, p.405-417, 1997.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; KAVATA, L.B.; LACERDA, C.H.F. Nível de arraçoamento para alevinos de Lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1835-1840, 2005
- NCR - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy Press, p.114, 1993
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 4ª Ed. São Paulo: Servier, p.1202, 2006
- NOMURA, H. Comparação dos caracteres merísticos de três espécies de peixes do gênero *Astyanax* Baird & Girard, 1854 (*Osteichthyes, Characidae*) do rio Mogi Guaçu, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v.35, n.4, p.805-836, 1975
- OLSEN, Y. Lipids and essential fatty acids in aquatic foods webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C **Lipids in freshwater ecosystems**. cap. 8, p.161-202, 1998
- ORSI, M.L.; CARVALHO, E.D.; FORESTI, F. Biologia populacional de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski (Teleostei, Characidae) do médio Rio Paranapanema, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21(2): 207-218, Junho, 2004
- PERES, H.; OLIVA-TELES, AIRES. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.179, p.325-334, 1999
- PETROPOULOS, I.K.; THOMPSON, K.D.; MORGAN, A.; DICK, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. Effects of substitution of dietary fish oil with a blend of vegetable oils on liver and peripheral blood leucocyte fatty acid composition, plasma prostaglandin E2 and immune parameters in three strains of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**. v.15, p.596-607, 2009.
- PORTO-FORESTI, F. et al. Cultivo do lambari: uma espécie de pequeno porte e grandes possibilidades. **Revista Panorama da Aquicultura**, n.67, p.15-19, 2001.
- PORTO-FORESTI, F. et al. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. p.105-120.

RAMOS FILHO, M.M.; RAMOS, M.I.L.; HIANE, P.A.; SOUZA, E.M.T. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28(2): 361-365, abr.-jun. 2008

RONDINELLI, G.R. **Biologia alimentar e reprodutiva na comunidade de peixes de rio passa cinco (SP)**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2007

SAKABE, R. **Suplementação alimentar com ácidos graxos essenciais para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) jovens: desempenho zootécnico e granuloma por corpo estranho**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal São Paulo, 2007.

SALARO, A.L.;SARAIVA, A.; ZUANON, J.A.S.; BALBINO, E.M.; MORAES, S.S.S.;KASAI, R.Y.D. Níveis protéicos e energéticos em dietas para lambari-do-rabovermelho, *Astyanax fasciatus*. **Tópicos especiais em biologia aquática e aqüicultura II**, Cap.7; p.87-93, Aquaciência 2006, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, ISBN 978-85-60190-01-0, Jaboticabal, SP, 2008

SALEM N JR, SIMOPOULOS AP, GALLI C, LAGARDE M, KNAPP HR. Fatty Acids and Lipids from Cell Biology to Human Disease. **Lipids** 31(suppl): S1-S326, 1996

SALEM, J.N. Introduction to polyunsaturated fatty acids. **Backgrounder**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 1999

SARGENT, J. R., D. R. TOCHER, and J. G. BELL. The lipids. p. 181–257. **In: Fish Nutrition**, 3rd ed, Chap. 4. (Halver, J. E., Ed.). San Diego: Academic Press 2002

SCHULZ, C.; KNAUS, U.; WIRTH, M.; RENNERT, B. Effects of varying dietary fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*). **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.403-413, 2005

SCHULZ, C.; GUNTHER, S.; WIRTH, M.; RENNERT, B. Growth performance and body composition of pike perch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets. **Aquaculture International**, v.14, p.577-586, 2006

SEROT, T.; GANDEMER, G.; DEMAIMAY, M. Lipid and fatty acid compositions of muscle from farmed and wild adult turbot. **Aquaculture International**, v.6, p. 331-343, 1998

SHAIKH, S.R.; EDIDIN, M. Polyunsaturated fatty acids, membrane organization, T cells, and antigen presentation. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.84, p.1277-1289, 2006

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **American Journal of Clinical Nutrition** v. 54, p. 438-463. 1991.

SIMOPOULOS, A.P. Essential fatty acids in health and chronic disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, p.560S-569S, 1999

SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 21, n. 6, p.495-505, 2002a

- SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, n. 8, p. 365-379, 2002b
- SIMOPOULOS A.P. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**. v. 11 n.6, p. 163-173, 2002c
- SIMOPOULOS A.P. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Reviews International**, v. 20n. 1, p. 77-90, 2004
- STEFFENS, W.; WIRTH, M. Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*). **Aquaculture International**, v.15, p. 313-319, 2007
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acid a in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, 151, p. 97-119, 1997
- SUZUKI, F.M. & ORSI, M.L. Formação de cardumes por *Astyanax altiparanae* (Teleostei: characidae) ni Rio Congonhas, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 25(3): 566-569, Setembro, 2008
- TACO, Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.- Versão II. - 2. ed. - Campinas, SP: **NEPA-UNICAMP**, 113p, 2006
- TAN, X.Y.; LUO, Z.; XIE, P.; LIU, X.J.. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Aquaculture**. 296, 96–101, 2009
- TAPIERO, H.; NGUYEN, BA, G.; COUVREUR, P.; TEW, K.D. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, p. 215-222, 2002
- TOCHER, D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.11, n.2, p.107-184, 2003
- TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; NG, W.K. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Aquaculture**, v.1, 10-57, 2009
- ULIANA, O.; SILVA, J.H.S.; REZENDE NETO, J. Diferentes fontes de lipídios testadas na criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), pisces, pimelodidae. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 129-133, 2001
- VILELA, C. & HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenis de lambari *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. **Acta Scientiarum**, v.23,n.2, p.491-496, Maringá, 2001
- VILELLA, F.S.; BECKER,F.G.; HARTZ,S.M. Diet os *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in na Atlantic Forest in southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V.45, n.2, p. 223-232, June, 2002
- XU, H.; AI, Q.; MAI, K.; XU, W.; WANG, J.; MA, H.; ZHANG, W.; WANG, X. LIUFU, Z.. Effects of dietary arachidonic acid on growth performance, survival, immune response and tissue fatty acid composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**. 307, 75–82, 2010

WALLIS, J.G; WATTS, J.L; BROWSE, J. Polyunsaturated fatty acid synthesis: what will they think of next? **Trends in Biochemical Sciences**, v. 27, n. 9, September, 2002

WATHES, D.C.; ABAYASEKARA, D.R.E.; AITKEN, R.J. Polyunsaturated Fatty Acids in Male and Female Reproduction. **Biology of Reproduction**. v.77, p.190–201, 2007

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fats and Fatty Acids in Human in Nutrition - Joint FAO/WHO Expert Consultation November 10-24, 2008. *Annals of Nutrition and Metabolism*, Volume 55, No. 1-3, Geneva, Switzerland 2009. ELMADFA, I. & KORNSTEINER, M. Fats and Fatty Acid Requirements for Adults. **Annals of Nutrition & Metabolism**. V.55 p.56–75, 2009.

YAMAMOTO, T.; SHIMA, T.; FURUITA, H.; SUZUKI, N. Influence of dietary fat levels and whole-body adiposity on voluntary energy intake by juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) under self-feeding conditions. **Aquaculture Research**, v.33, p. 715-723, 2002

ZAMBONINO INFANTE, J.L. & CAHU, C. High dietary lipid levels enhance digestive tract maturation and improve *Dicentrarchus labrax* larval development. **Journal of Nutrition**, v.129, p.1195-1200, 1999

ZHENG, X.; LEAVER, M.J.; TOCHER, D.R., Long-chain polyunsaturated fatty acid synthesis in fish: Comparative analysis of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) Delta6 fatty acyl desaturase gene promoters. **Comparative biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.154, i.3, p.255-263, 2009

ZHENG, K.; ZHU, X.; HAN, D.; YANG, Y.; LEI, W.; XIE, S. Effects of dietary lipid levels on growth, survival and lipid metabolism during early ontogeny of *Pelteobagrus vachelli* larvae. **Aquaculture**, v.299, p.121-127, 2010

ARTIGO

FONTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM DIETAS PARA LAMBARI-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*): DESEMPENHO PRODUTIVO, ÍNDICES DE RENDIMENTO CORPORAL, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL LIPÍDICO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência da suplementação de diferentes fontes de óleos vegetais em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos (óleos de canola, milho, linhaça, girassol, oliva e soja) e cinco repetições. Foram utilizados 510 alevinos ($1,82 \pm 0,09$ g), os quais foram distribuídos em 30 aquários (100L) e alimentados por 90 dias. Os peixes foram avaliados quanto ao desempenho produtivo, índices de rendimento corporal, composição química da carne e perfil lipídico da carcaça e do fígado. A menor sobrevivência foi registrada para os peixes alimentados com a dieta contendo óleo de soja (94,11%). O teor de proteína bruta dos peixes alimentados com as dietas contendo óleos de linhaça (59,23%) e girassol (57,84%) foi superior ao dos peixes alimentados com as demais dietas. O perfil lipídico da carcaça dos peixes foi reflexo da dieta consumida. Os peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de girassol, soja e milho apresentaram as maiores concentrações de ácido linoléico, incorporados à sua musculatura, e os peixes alimentados com a dieta contendo o óleo de linhaça apresentaram maior concentração de ácido α -linolênico. Nos peixes de todos os tratamentos não foi identificada presença do ácido araquidônico. Embora não havendo diferença significativa entre si, foi identificada a presença dos ácidos, eicosapentaenóico e docosahexaenóico na carcaça dos peixes alimentados com as dietas suplementadas com todas as fontes de óleos testadas. O maior fornecimento de ácido graxo α -linolênico resultou em maior relação n-3/n-6 no perfil lipídico da carcaça dos peixes alimentados com as dietas contendo o óleo de linhaça. No fígado dos animais houve maior acúmulo do ácido linoléico quando comparado com o ácido α -linolênico e DHA. Esses resultados mostram que os óleos vegetais avaliados são bons fornecedores de ácidos graxos essenciais e indica-se o uso de óleo de linhaça como forma de aumentar a relação dos ácidos graxos das séries n-3/n-6 incorporados na musculatura dos peixes, possibilitando seu uso como alimento funcional para a nutrição humana.

Palavras-chave: eicosapentaenóico, docosahexaenóico, araquidônico, n-3/n-6, perfil de ácidos graxos

SOURCES OF PLANT OILS IN DIETS FOR *Astyanax altiparanae*: GROWTH PERFORMANCE, BODY INDICES, CHEMICAL COMPOSITION AND FATTY ACID PROFILE

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the influence of supplementation with different sources of vegetable oils in diets for lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). We used a completely randomized experimental design with six treatments (canola, corn, linseed, sunflower, olive and soybean vegetable oils) and five repetitions. 510 fingerlings weighing $1.82 \pm 0.09\text{g}$ were used, which were distributed in 30 tanks (100L) and fed for 90 days. Fish were evaluated for productive performance, body yield indexes, carcass chemical composition and lipid profile (carcass and liver). The lowest survival was recorded for fish fed with the diet containing soybean oil (94.11%). The chemical composition of fish carcass was significantly different ($p < 0.05$) for crude protein content, where the fish fed with diets containing linseed oil (59.23%) and sunflower (57.84%) had the highest percentages. The lipid profile of the fish was a consequence of the diet consumed. Fish fed with diets containing sunflower, soybeans and corn oils had significantly higher concentrations of linoleic acid, incorporated into its muscles, and the fish fed with diets containing linseed oil had higher concentrations of α -linolenic acid. In fish of all treatments, it was not detected the presence of arachidonic acid. Although no significant difference between them was presented, it was observed the presence of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid, showing that there is a higher affinity of $\Delta 6$ and $\Delta 5$ desaturase enzymes with fatty acids of series n-3 compared to fatty acids of series n-6. The largest supply of fatty acid α -linolenic acid resulted in a higher n-3/n-6 ratio in the lipid profile of the carcass of fish fed with diets containing linseed oil. In the liver of the animals there was a greater accumulation of linoleic and docosahexaenoic acid, compared to α -linolenic acid. These results confirm the higher affinity of the enzymes $\Delta 6$ and $\Delta 5$ desaturases with fatty acid of series n-3 (α -linolenic acid) decreasing the conversion of linoleic to arachidonic acid. These results show that the tested vegetable oils are good sources of fatty acids precursors for the synthesis of eicosanoids and confirm that this species has greater capacity to carry out the desaturation and elongation of fatty acids of series n-3 compared to the fatty

acids of series n-6. The results indicate that the use of linseed oil increased the incorporation of fatty acids of series n-3 in their muscles, and, consequently, the n-3/n-6 ratio in the flesh of the fish, allowing their use as functional food for human nutrition.

Keyword: eicosapentaenoic, docosahexaenoic, arachidonic, n-3/n-6, fatty acid profile

INTRODUÇÃO

Os lipídios apresentam papel fundamental no organismo animal, desempenhando principalmente funções energéticas, estruturais e de fornecimento de ácidos graxos essenciais. (Gatlin et al, 2002). Aos lipídios também são atribuídas funções específicas, como absorção de substâncias lipossolúveis, liberação de hormônios e redução da velocidade de passagem do alimento no tubo digestório (Beterchini, 2006).

Entre os ácidos graxos polinsaturados das séries n-3 e n-6, o ácido linoléico (18:2n-6) e o ácido α -linolênico (18:3n-3), são considerados essenciais a todos os animais, inclusive aos peixes (Turchini et al., 2009), pelo fato dos animais não possuírem as enzimas $\Delta 12$ e $\Delta 15$ dessaturases, que sintetizam os ácidos graxos da série n-3 e n-6 a partir do precursor ácido oléico (18:1n-9) (Calder, 2001; Wallis et al., 2002; Tocher, 2003). Assim, as exigências pelos ácidos linoléico e α -linolênico, devem ser supridas pela dieta.

Os animais utilizam o ácido linoléico e o α -linolênico, para síntese do ácido araquidônico (AA - 20:4n-6) e dos ácidos eicosapentaenóico (EPA - 20:5n-3) e docosahexaenóico (DHA - 22:6n-3), respectivamente (Tapiero et al., 2002; Tocher, 2003). A síntese dos ácidos araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico é dependente da atividade das enzimas $\Delta 6$ e $\Delta 5$ dessaturases, entretanto o ácido linoléico e o α -linolênico são substratos para as mesmas enzimas competindo entre si pela sua utilização. Portanto, é importante que haja equilíbrio no fornecimento e consumo dos ácidos graxos das séries n-3 e n-6, para que não ocorra predominância na síntese de determinado ácido em detrimento do outro.

Os ácidos graxos EPA, DHA e AA são fundamentais na produção de eicosanóides, como tromboxanos, leucotrienos e prostaglandinas que afetam diretamente a saúde dos animais, inclusive a saúde humana (Gallic et al., 1994; Salem et al., 1996; Simopoulos, 1999; Lagarde et al., 1999; Simopoulos, 2002a; Hassan & Gronert, 2010), podendo atuar no crescimento e desenvolvimento normal do indivíduo, e participam também em processos de prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis como artrite, doenças autoimunes, doenças coronarianas e em alguns tipos de câncer (Simopoulos, 1999).

A suplementação de EPA, DHA e AA em dietas para peixes pode alterar a composição sanguínea e corporal dos animais (Sicuro et al., 2010), reduzir as respostas

de estresse no animal (Koven et al., 2001; Anholt et al., 2004), alterar as respostas imunológica como a atividade fagocitária (Puangkaew et al., 2004) e aumentar a tolerância à salinidade da água (Furuita et al., 1999). A utilização de fontes de óleos ricos em ácidos graxos das séries n-3 e n-6 também pode elevar o desempenho produtivo e a sobrevivência dos peixes (Uliana et al., 2001; El-Husseiny et al., 2010). Em contrapartida, a deficiência em ácido graxos nas dietas pode resultar em doenças como ulcerações nas nadadeiras, degeneração gordurosa no fígado, aumento da taxa respiratória e prejuízo na eritropoiese (Blazer, 1992; Klinger et al., 1996; Farndale et al., 1999; Balfry & Higgs, 2001; Gatlin, 2002).

O lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax altiparanae*, espécie onívora, de curto ciclo produção e reprodução, apresentam grande potencial para aquicultura. Portanto com esta pesquisa objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, os índices de rendimento corporal, a composição química e o perfil de ácidos graxos da carcaça e fígado de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental e Peixes

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Peixes do Setor de Piscicultura do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições.

Um lote de dois mil lambaris-do-rabo-amarelo foi coletado, no Setor de Piscicultura e aclimatado por um período de sete dias às condições laboratoriais. Após este período, 510 alevinos de *Astyanax altiparanae* foram pesados ($1,82 \pm 0,09$ g / peso médio \pm DP) e distribuídos aleatoriamente em 30 aquários circulares (0,73x0,41m / diâmetro x altura) equipados com filtro biológico, termostato e aquecedores (50 watts). Em cada aquário foi colocado uma unidade da macrófita aquática (*Eichornia crassipes*), previamente lavada em água corrente, que serviu de refúgio para os peixes. Os aquários foram cobertos com tela de nylon (2mm) para evitar a fuga dos peixes. Cada aquário

constituiu uma unidade experimental. O laboratório onde foram alocados os aquários foi mantido em fotoperíodo de 12 horas.

Os juvenis de lambaris foram alimentados com as dietas-teste, quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00) até a saciedade, por um período de 90 dias. Os aquários foram sifonados quinzenalmente para a retirada de resíduos de fezes.

Durante todo o período experimental a temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia mantiveram-se entre 26 - 28°C; 7,0 a 7,5mg/L; 6,8 a 7,0 e em 0,000 a 0,001mg/L, respectivamente.

Dietas-teste

Foram formuladas dietas-teste isoprotéicas, isolipídicas e isoenergéticas (Tabela 2) as quais foram confeccionadas com seis diferentes fontes de óleos vegetais: canola, milho, linhaça, girassol, oliva e soja. As dietas-teste foram peletizadas, secas em estufa de ventilação forçada e em seguida trituradas e passadas em peneiras (1mm) de modo a homogeneizar o tamanho dos péletes.

Amostras das dietas-teste foram coletadas para análise quanto à composição química. Para determinação do teor de proteína bruta, foi utilizado protocolo descrito por Silva & Queiroz (2000) e energia bruta, extrato etéreo, matéria seca e cinzas de acordo com protocolo da AOAC (2000). A determinação da composição de ácidos graxos foi realizada por meio de cromatógrafo a gás CG-17A Shimadzu/Class GC equipado com coluna cromatográfica de sílica fundida SP-2560 (*Biscyanopropil polysiloxane*) de 100 metros de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno (Tabelas 2 e 3).

Análise de desempenho produtivo e índices de rendimento corporal

Ao final do experimento, os peixes foram mantidos em jejum por um período de 24 horas e em seguida foram eutanasiados em solução de benzocaína (Gimbo et al., 2008) conforme recomendado pela resolução bioética 714, para avaliação da taxa de sobrevivência, ganho em peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar. Posteriormente os animais foram eviscerados para determinação dos seguintes índices

de rendimento corporal: rendimento de carcaça, índices viscerossomático, gônadosomático e hepatossomático dos animais.

Tabela 2 - Composição das dietas-teste contendo diferentes fontes de óleos vegetais

Ingredientes (%)	Dieta-teste					
	Canola	Milho	Linhaça	Girassol	Oliva	Soja
Farelo de soja	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Farelo de algodão	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Glúten de milho	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Fubá de milho	15,03	15,03	15,03	15,03	15,03	15,03
Farelo de trigo	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo de arroz	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Óleo de canola	4,00					
Óleo de milho		4,00				
Óleo de linhaça			4,00			
Óleo de girassol				4,00		
Óleo de oliva					4,00	
Óleo de soja						4,00
L-Lisina ¹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
DL- Metionina ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Fosfato bicálcico	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Supl. min. e vitam. ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Energia bruta(kcal/kg)	4209,00	4236,00	4222,00	4219,00	4238,00	4228,00
Proteína bruta (%) ⁴	29,96	29,58	29,82	29,99	29,89	29,66
Extrato etéreo (%) ⁴	8,31	8,97	8,74	8,86	8,99	8,36
Matéria seca (%)	93,65	69,96	93,95	94,91	94,98	94,40
Cinza (%) ⁴	10,46	10,56	9,83	9,67	10,88	10,97
n-3/n-6	0,15	0,09	6,68	0,03	0,45	0,06

¹ Valores estipulados com base na exigências nutricionais para tilápia do Nilo (Furuya, 2010)

² Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000UI ; Vit. D3 ; 200.000UI ; Vit. E, 12.000mg ; Vit. K3, 2.400mg ; Vit. B1, 4.800mg ; Vit. B2, 4.800mg ; Vit. B6, 4.000mg ; Vit. B12, 4.800mg ; Ac. Fólico, 1.200mg ; Pantotenato Ca, 12.000mg ; Vit. C, 48.000mg ; Biotina, 48mg ; Colina, 65.000mg ; Niacina, 24.000mg ; Ferro, 10.000mg ; Cobre, 6.000mg ; Manganês, 4.000mg ; Zinco, 6.000mg ; Iodo, 20mg ; Cobalto, 2mg ; Selênio, 20mg.

³ Butil hidroxi tolueno (antioxidante)

⁴ Porcentagem expressas com base na matéria seca

Composição química da carcaça

Para avaliar a composição química da carcaça dos peixes foi coletada uma amostra aleatória de seis peixes de cada unidade experimental cujas carcaças foram liofilizadas e trituradas em moinho de bola. A proteína bruta da carcaça foi avaliada pelo método semi-micro Kjeldahl, segundo protocolo descrito por Silva & Queiroz

(2002) e os teores de matéria seca, extrato etéreo e cinzas totais das carcaças, segundo AOAC (2000). A energia bruta da carcaça foi obtida em bomba calorimétrica.

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos das dietas-teste contendo diferentes fontes de óleos vegetais

Ácido graxo*	Dieta-teste					
	Canola	Milho	Linhaça	Girassol	Oliva	Soja
4:0	1,11	3,98	1,97	2,14	0,81	2,04
6:0	6,66	16,14	7,50	5,60	1,87	6,86
16:0	10,10	9,94	13,05	10,96	6,89	13,28
18:0	2,41	3,60	2,13	3,13	2,24	3,16
20:0	0,50	ni	ni	ni	ni	ni
22:0	ni	ni	ni	0,50	ni	ni
18:1n-9	46,32	22,68	33,45	31,66	59,64	25,87
18:2n-6	28,77	40,41	5,45	45,04	11,80	44,48
18:3n-3	4,10	3,32	36,42	1,57	5,43	3,0
∑ saturados	20,78	33,66	24,65	22,36	11,81	25,34
∑ monoinsaturados	46,32	22,68	33,45	31,66	59,64	25,87
∑ polinsaturados	32,87	43,73	41,87	46,61	17,23	47,48
∑ n-3	4,10	3,32	36,42	1,57	5,43	3,0
∑ n-6	28,77	40,10	5,45	45,04	11,80	44,48
n-3/n-6	0,15	0,09	6,68	0,03	0,45	0,06

*Os valores estão indicados em porcentagem do total de ácidos graxos identificados na amostra. Dados obtidos por cromatógrafo a gás CG-17A Shimadzu/Class GC equipado com coluna cromatográfica de sílica fundida SP-2560 (Biscyanopropil polysiloxane) de 100 metros de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno
ni – não identificado

Análise do perfil de ácidos graxos da carcaça e do fígado dos peixes

Para a determinação do perfil de ácidos graxos da carcaça, três peixes de cada unidade experimental foram triturados, homogeneizados e posteriormente submetidos à extração (Folch et al., 1957), saponificação e esterificação lipídica da carcaça (Hartman et al., 1987) e em seguida realizada a análise do perfil lipídico obtido através de um cromatógrafo a gás Shimadzu GC-17A equipado com uma coluna cromatográfica de sílica fundida DB-WAX-7032, 30m, 0,25mm de diâmetro interno, e um detector de

ionização de chama. Os parâmetros utilizados no programa foram: temperatura do detector: 240°C, temperatura do injetor: 240°C, temperatura da coluna com aquecimento a 10°C/minuto 180-240°C, permanecendo nesta temperatura por 10 min. Nitrogênio foi utilizado como gás de arraste com um fluxo de coluna de 0,6mL/min e uma velocidade linear de 14cm/s, com um fluxo total de 52 mL/min e uma pressão da coluna de 167 Kpa 1:75.

Para análise do perfil de ácidos graxos hepático dos animais, obteve-se um *pool* dos fígados de todos os animais da mesma unidade experimental, os quais foram homogeneizados e submetidos aos mesmos procedimentos analíticos empregados para as amostras das carcaças dos animais.

Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo, índices de rendimento corporal e da composição química das carcaças dos peixes de todos os tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Student Newman-Keuls para comparação das médias ao nível de 5% de significância.

O resultado das análises do perfil de ácido graxos da carcaça e hepático dos animais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Duncan para comparação das médias a 5% de significância.

Para realização de todas as análises estatísticas do experimento utilizou-se o programa estatístico SAEG 9.1 (2007).

RESULTADOS

Desempenho produtivo e índices de rendimento corporal dos peixes

O fornecimento de dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais resultaram em diferenças significativas apenas para a sobrevivência (SO) do lambari-do-rabo-amarelo. Observou-se que os peixes alimentados com a dieta suplementada com óleo de soja, apresentaram a menor taxa de sobrevivência (94,11%) quando comparados com peixes alimentados com as demais dietas-teste. A utilização de dietas suplementadas

com os óleos de canola, milho, linhaça, girassol e oliva proporcionaram as maiores taxas de sobrevivência dos peixes, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 4).

Tabela 4 - Desempenho produtivo de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com as dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais

Parâmetro	Dieta-teste						
	Canola	Milho	Linhaça	Girassol	Oliva	Soja	CV
SO (%)	98,82a	100a	100a	100a	98,82a	94,11b	2,88
GP ^{ns} (g)	2,31	2,52	2,73	2,76	2,16	2,86	15,02
TCE ^{ns} (%dia ⁻¹)	0,74	0,79	0,85	0,86	0,71	0,88	13,06
CA ^{ns}	2,20	2,00	1,97	1,89	2,22	2,01	13,88
RC ^{ns} (%)	77,78	76,87	75,55	75,97	76,87	76,21	1,94
IVS ^{ns} (%)	10,54	10,49	13,53	12,87	11,72	12,10	10,08
IGSm ^{ns} (%)	2,00	2,05	2,08	2,01	2,02	1,92	15,81
IGSf ^{ns} (%)	12,05	14,32	14,44	14,96	13,23	14,58	18,29
IHS ^{ns} (%)	0,49	0,39	1,10	0,30	0,40	0,31	145,3

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Student Newman-Keuls a 5% de probabilidade ($p > 0,05$); ns = não significativo pelo teste F ($p > 0,05$)

SO (Sobrevivência) = Número final de peixes/Número inicial de peixes x 100

GP (Ganho em peso) = Biomassa média final – Biomassa média inicial

TCE (Taxa de crescimento específico) = (ln Peso final – ln Peso inicial)/dias x 100

CA (Conversão alimentar) = Consumo total de ração/ ganho em peso total

RC (Rendimento de carcaça) = peso peixe eviscerado/peso peixe inteiro x 100

IVS (Índice viscerossomático) = peso da víscera/peso do animal inteiro x 100

IGSm (Índice gonadossomático dos machos) = peso da gônada/peso animal inteiro x 100

IGSf (Índice gonadossomático das fêmeas) = peso da gônada/peso animal inteiro x 100

IHS (Índice hepatossomático) = peso do fígado/peso do animal inteiro x 100

Composição química da carcaça dos peixes

A análise da composição química da carcaça dos peixes alimentados com as dietas-teste indicou diferença significativa apenas para a porcentagem em proteína bruta (Tabela 5). A porcentagem de proteína bruta na carcaça dos peixes que alimentados com a dieta contendo óleo de linhaça (59,23%) não diferiu estatisticamente dos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de girassol (57,84%), porém foi superior às porcentagens de proteína bruta na carcaça dos peixes alimentados com as dietas contendo os demais óleos vegetais testados. Não foram encontradas diferenças significativas para as porcentagens de proteína bruta na carcaça entre os peixes alimentados com dietas contendo os óleos de canola, milho, girassol, oliva e soja.

Tabela 5 - Composição química das carcaças de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais

Parâmetro	Dieta						CV(%)
	Canola	Milho	Linhaça	Girassol	Oliva	Soja	
Matéria seca ^{ns} (%)	52,26	53,44	51,75	52,43	50,54	54,27	28,20
Proteína bruta (%) ¹	54,49b	53,01b	59,23a	57,84ab	54,88b	53,83b	4,71
Energia bruta (kcal/kg) ^{ns}	4341	4488	4328	4286	4531	4401	11,90
Extrato etéreo ^{ns} (%) ¹	22,04	23,29	22,27	18,73	20,89	22,26	15,71
Cinza ^{ns} (%) ¹	14,57	14,44	14,66	14,80	14,34	14,55	4,35

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Student Newman-Keuls a 5% de probabilidade ($p > 0,05$); ns = não significativo pelo teste F ($p > 0,05$)

¹ Porcentagens expressas com base na matéria seca

Perfil de ácidos graxos na carcaça e fígado dos peixes

A análise do perfil lipídico da carcaça dos peixes alimentados com as dietas-teste mostrou diferença significativa para os ácidos graxos 18:1n-9 (ácido oléico), 18:2n-6 (ácido linoléico) e o ácido 18:3n-3 (ácido α -linolênico). O somatório de ácidos graxos monoinsaturados, polinsaturados, polinsaturados das séries n-3 e n-6 e a relação n-3/n-6 presentes na carcaça dos peixes alimentados com as diferentes dietas-teste também apresentaram diferenças significativas (Tabela 6).

Para o ácido 18:1n-9, a concentração foi maior na carcaça dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de oliva (40,35%) e canola (40,25%), as quais não diferiram da dieta contendo óleo de milho (34,38%). As menores porcentagens deste ácido foram encontradas nas carcaças dos peixes alimentados com dietas contendo os óleos de linhaça (29,18%), soja (29,57%) e girassol (30,97%), as quais também não diferiram da dieta contendo óleo de milho. Para o somatório de ácidos graxos monoinsaturados foi observada essa mesma relação, uma vez que o único ácido monoinsaturado identificado nas amostras foi o 18:1n-9.

O ácido 18:2n-6 apresentou as maiores concentrações nas carcaças dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de girassol (22,48%), soja (21,01%) e milho (21,00%). As menores concentrações deste ácido foram encontradas nas carcaças dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de oliva (14,70%), canola (17,03%) e linhaça (17,10%).

Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos das carcaças de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais

Perfil lipídico(%)*	Dieta						CV(%)
	Canola	Milho	Linhaça	Girassol	Oliva	Soja	
4:0 ^{ns}	11,72	12,33	13,59	14,90	12,23	15,37	37,68
6:0 ^{ns}	3,92	4,35	4,45	4,81	3,88	4,96	30,82
10:0 ^{ns}	2,13	2,28	2,93	2,60	2,08	2,67	31,04
16:0 ^{ns}	14,99	16,77	14,25	14,64	16,80	15,90	17,64
18:0 ^{ns}	5,40	5,86	6,52	4,97	5,40	5,92	13,05
18:1n-9	40,25a	34,38ab	29,18b	30,97b	40,35a	29,57b	14,67
18:2n-6	17,03b	21,00a	17,10b	22,48a	14,70b	21,01a	7,29
18:3n-3	1,52b	ni	7,14a	ni	0,54b	1,01b	16,75
20:3n-6 ^{ns}	1,11	0,83	ni	0,88	0,79	0,79	25,65
20:5n-3 ^{ns}	1,8	1,58	1,00	2,01	1,80	1,73	34,27
22:6n-3 ^{ns}	2,15	0,90	2,66	1,70	2,40	2,83	35,16
∑saturados ^{ns}	38,17	41,60	41,76	41,93	40,40	44,84	9,43
∑monoinsaturado	40,72a	34,38ab	29,18b	30,97b	40,35a	29,57b	14,67
∑polinsaturados	21,39bc	24,01ab	29,04a	27,08a	18,98c	25,57ab	11,23
∑ n-3	4,17b	2,18b	11,93a	3,88b	3,87b	4,16b	40,74
∑ n-6	17,62b	21,82a	17,10b	23,19a	15,10b	21,40a	8,17
n-3/n-6	0,23bc	0,09c	0,69a	0,16bc	0,25b	0,19bc	39,45

*Os valores estão indicados em porcentagem de ácido graxo presente na amostra por área lida. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade ($p>0,05$); ns = não significativo pelo teste F ($p>0,05$)
ni – não identificado

A concentração do ácido 18:3n-3 foi estatisticamente maior nos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de linhaça (7,14%). A concentração deste ácido na carcaça dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de canola, soja e oliva foram 1,52, 1,01 e 0,54% respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Nos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de milho e girassol o ácido 18:3n-3 não foi identificado.

As concentrações dos ácidos, eicosapentaenóico (20:5n-3) e docosahexaenóico (22:6n-3) na carcaça dos peixes alimentados com as diferentes dietas-teste, não diferiram estatisticamente entre si. Não foi detectada a presença do ácido araquidônico 20:4n-6 nas carcaças dos peixes alimentados com as diferentes dietas-teste.

Os peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de linhaça e girassol apresentaram maiores porcentagens para o somatório de ácidos graxos polinsaturados (29,04 e 27,08% respectivamente), as quais não diferiram estatisticamente dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de soja (25,57%) e milho (24,01%). A menor porcentagem para o somatório de ácidos polinsaturados foi observada na carcaça dos peixes alimentados com o óleo de oliva (18,98%) a qual não diferiu estatisticamente dos animais alimentados com a dieta contendo o óleo de canola (21,39%).

Os peixes alimentados com a dieta contendo óleo de linhaça apresentaram em sua carcaça maior concentração de ácidos graxos polinsaturados da série n-3 (11,93%). Para os peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de canola, soja, girassol, oliva e milho as concentrações de ácidos graxos da série n-3, não diferiram estatisticamente entre si.

Para o somatório de ácidos graxos polinsaturados da série n-6, os peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de girassol (23,19%), milho (21,82%) e soja (21,40%) apresentaram os maiores valores, não diferindo estatisticamente entre si. Os peixes alimentados com os óleos de canola (17,62%), linhaça (17,10%) e oliva (15,10%) possuíram as menores concentrações destes ácidos graxos em sua carcaça, não diferindo estatisticamente entre si.

A relação n-3/n-6 foi estatisticamente maior nos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de linhaça (0,69%). A menor relação n-3/n-6 foi observada nos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de milho (0,09%) a qual não diferiu estatisticamente dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de girassol (0,16%), soja (0,19%) e canola (0,23%). Nos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de oliva a relação n-3/n-6 foi de 0,25%, a qual não diferiu estatisticamente dos peixes alimentados com os óleos de canola e soja (tabela 6).

A análise do perfil lipídico do fígado dos peixes, alimentados com as dietas-teste, apresentou diferença significativa para os ácidos graxos 18:1n-9 (ácido oléico) e 18:2n-6 (ácido linoléico). O somatório de ácidos graxos monoinsaturados e dos ácidos graxos polinsaturados da série n-6 presentes no fígado dos peixes alimentados com as diferentes dietas-teste também apresentaram valores estatisticamente diferentes (Tabela 7).

Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos do fígado de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais

Perfil lipídico (%)*	Dieta						
	Canola	Milho	Linhaça	Girassol	Oliva	Soja	CV(%)
16:0 ^{ns}	22,51	27,30	24,68	23,89	25,20	22,95	12,05
18:0 ^{ns}	11,09	13,63	14,22	15,49	12,21	14,12	20,90
18:1n9	45,47a	37,23b	33,56c	31,98c	42,76a	31,11c	9,42
18:2n-6	18,08a	17,95a	16,76a	19,52a	11,63b	20,89a	15,44
20:5n-3 ^{ns}	ni	6,52	ni	10,27	8,02	7,94	23,42
22:6n-3 ^{ns}	ni	ni	6,32	ni	ni	5,62	31,83
∑saturados ^{ns}	33,60	40,92	38,91	39,39	37,41	37,10	13,61
∑monoinsaturado	45,47a	37,23b	33,56bc	31,98c	42,76a	31,11c	9,42
∑polinsaturados ^{ns}	20,91	21,83	27,51	28,62	19,76	31,77	24,87
∑ n-3 ^{ns}	ni	7,76	10,75	11,27	11,17	12,43	30,68
∑ n-6	18,44ab	17,95ab	16,76bc	19,51ab	12,35c	21,83a	16,31
n-3/n-6 ^{ns}	ni	0,47	0,64	0,58	0,81	0,59	29,69

*Os valores estão indicados em porcentagem de ácido graxo presente na amostra por área lida. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade ($p > 0,05$); ns = não significativo pelo teste F ($p > 0,05$)
ni – não identificado

Para o ácido 18:1n-9 a concentração foi maior ($p < 0,05$) no fígado dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de canola (45,47%) e oliva (42,76%). As menores porcentagens deste ácido foram encontradas no fígado dos peixes alimentados com dietas contendo os óleos de soja (31,11%), girassol (31,98%) e linhaça (33,56%). Para o somatório de ácidos graxos monoinsaturados foi observada essa mesma relação, uma vez que o único ácido monoinsaturado identificado nas amostras foi o 18:1n-9.

Para a concentração do ácido graxo 18:2n-6 no fígado, os peixes alimentados com a dieta contendo óleo de oliva apresentaram a menor ($p < 0,05$) concentração (11,63%), enquanto que, os peixes alimentados com as demais dietas não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

O fígado dos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentou a maior porcentagem para o somatório ($p < 0,05$) de ácidos graxos da série n-6 (21,83%), não diferindo estatisticamente dos peixes alimentados com as dietas contendo os óleos de girassol (19,51%), canola (18,44%) e milho (17,95%). A menor porcentagem para o somatório destes ácidos graxos foi observada no fígado dos peixes alimentados com a

dieta contendo óleo de oliva (12,35%) a qual não diferiu estatisticamente dos peixes alimentados com o óleo de linhaça (16,76%).

DISCUSSÃO

As dietas contendo as diferentes fontes de óleos vegetais não resultaram em diferenças significativas para o ganho em peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar e índices de rendimento corporal dos peixes. É provável que as fontes de óleos vegetais utilizadas tenham atendido as exigências nutricionais para energia e ácidos graxos essenciais desta espécie. O fornecimento de dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais também não influenciou o desempenho produtivo de juvenis de: *Tinca tinca* (Zakés et al., 2009), *Rhandia quelen* (Losekann et al., 2008), *Oncorhynchus mykiss* (Shafaeipour et al., 2008), *Pseudoplatystoma coruscans* (Martino et al., 2002) e para alevinos de *Oreochromis niloticus* (Vargas et al., 2007). Entretanto, diferenças significativas no crescimento e conversão alimentar foram observadas em larvas de *Oreochromis niloticus*, alimentadas com dietas contendo os óleos de linhaça, milho e soja ou diferentes proporções dos mesmos (El-Husseiny et al., 2010). Os referidos autores observaram que as larvas alimentadas com as dietas contendo apenas óleo de milho e as misturas de óleos de milho e soja nas proporções de 1:1 e 2:1 apresentaram menor ganho de peso e taxa de crescimento específico. Os resultados conflitantes entre os dados da literatura sobre os efeitos de diferentes fontes de óleos no desempenho produtivo dos peixes parecem estar relacionados ao atendimento, ou não, das exigências nutricionais por ácidos graxos das séries n-3 e n-6, para as diferentes espécies e fases de vida.

A menor sobrevivência dos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de soja pode estar relacionada à baixa concentração de ácido oléico, conhecido por ser um antioxidante natural (Pereira & Barcelos, 2003). Portanto, os peixes alimentados com a dieta contendo óleo de soja estariam mais susceptíveis ao estresse oxidativo. Entretanto, as dietas contendo os óleos de milho e girassol, pobres em ácido oléico, resultaram em taxas de sobrevivência equivalentes às das dietas contendo óleos de oliva, linhaça e canola. Provavelmente, as altas taxas de sobrevivência dos peixes alimentados com dietas contendo óleos de milho e girassol sejam decorrentes do maior teor de vitamina E (Gey, 1998) em função de seu efeito antioxidante.

O maior teor de proteína na carcaça dos peixes alimentados com dieta contendo o óleo de linhaça pode estar relacionado com a maior relação ácido α -linolênico/linoléico. Essa mesma tendência foi observada para juvenis de *Pelteobagrus fulvidraco* (Tan et al., 2009). Entretanto, o teor de proteína bruta na carcaça de *Oncorhynchus mykiss* (Shafaeipour et al., 2008) e *Pseudoplatystoma coruscans* (Martino et al., 2002) não foi significativamente influenciado pela variação da relação n-3/n-6 na dieta dos peixes.

O ácido oléico (18:1n-9) foi o único ácido graxo monoinsaturado identificado nas amostras de carcaça dos peixes e sua concentração variou de acordo com a concentração da dieta. Embora a concentração deste ácido na dieta a base de óleo de milho seja relativamente baixa, a alta concentração do ácido oléico na carcaça dos peixes alimentados com essa dieta pode ser reflexo da síntese endógena deste ácido, uma vez que os animais têm habilidade para a produção de ácidos graxos monoinsaturados.

A não detecção do ácido araquidônico na carcaça dos peixes dos diferentes tratamentos pode ser em virtude dos ácidos α -linolênico e linoléico serem substratos das mesmas enzimas, as $\Delta 6$ e $\Delta 5$ dessaturases, e estas terem maior afinidade pelos ácidos graxos da série n-3 em relação aos ácidos da série n-6 (Tocher, 2003). A baixa concentração do ácido 20:3n-6 (ácido intermediário na síntese do ácido araquidônico, 20:4n-6), também pode ser indício de que a rota metabólica para síntese de ácido araquidônico não foi completada, o que também provavelmente esteja relacionado à afinidade enzimática. A presença dos ácidos, eicosapentaenóico (20:5n-3) e ácido docosahexaenóico (22:6n-3) e baixo acúmulo do 18:3-n-3, também indicam a atuação preferencial das enzimas na rota metabólica dos ácidos da série n-3. É possível também que o ácido araquidônico tenha sido desviado para outros órgãos como, por exemplo, para o desenvolvimento gonadal, como observado por Gonçalves (2010), em reprodutores da mesma espécie em estudo.

Para as espécies *Oreochromis niloticus* (El-Husseiny et al., 2010), *Lateolabrax japonicus* (Xu et al., 2010), *Tinca tinca* (Zakés et al., 2009), *Pseudoplatystoma coruscans* (Martino et al., 2002) e *Platichthys stellatus* (Lee et al., 2003) o fornecimento de dietas contendo diferentes fontes de óleos vegetais, o alongamento e dessaturação de ácidos graxos da série n-3 foi maior que o alongamento e dessaturação de ácidos graxos da série n-6. Desta forma, a musculatura dos peixes apresentou maiores concentrações

dos ácidos, eicosapentaenóico e docosahexaenóico, quando comparadas à concentração do ácido araquidônico.

A ausência do ácido α -linolênico (18:3n-3) no fígado dos peixes pode estar relacionada à prioridade no metabolismo deste ácido graxo para conversão aos ácidos eicosapentaenóico (20:5n-3) e docosahexaenóico (22:6n-3). Já o ácido linoléico (18:2n-6), presente em altas concentrações no fígado dos peixes indica que também neste órgão as enzimas $\Delta 6$ e $\Delta 5$ dessaturases apresentaram maior afinidade para os ácidos graxos da série n-3 em relação aos ácidos graxos da série n-6.

No presente estudo demonstrou-se que os óleos vegetais avaliados são bons fornecedores de ácidos graxos essenciais para o *Astyanax altiparanae* e indica-se o uso de óleo de linhaça como forma de aumentar a relação dos ácidos graxos das séries n-3/n-6 incorporados na musculatura dos peixes, possibilitando seu uso como alimento funcional para a nutrição humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das fontes de óleos vegetais testadas mostrou-se eficiente em suprir às exigências energéticas do lambari-do-rabo-amarelo. O fornecimento dos óleos vegetais contendo diferentes concentrações de ácidos graxos da série n-3 e n-6 refletiu na incorporação destes ácidos graxos na musculatura do peixe.

O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) possui boa capacidade de síntese dos ácidos, eicosapentaenóico e docosahexaenóico a partir do ácido α -linolênico.

Estudos com diferentes proporções entre as diferentes fontes de óleos vegetais podem colaborar para que sejam encontradas as relações ideais entre os ácidos graxos das séries n-3 e n-6 em dietas para peixes, tornando as dietas mais adequadas à criação dos peixes e a melhoria na qualidade de carne do pescado.

Dentre os óleos, pode-se indicar o uso de óleo de linhaça em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) como forma de aumentar a relação dos ácidos graxos das séries n-3/n-6 incorporados na musculatura dos peixes, tornando este peixe um alimento de melhor qualidade à nutrição humana

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ANHOLT, V. R. D.; SPANINGS, F. A. T.; KOVEN, W. M.; NIXON, O.; WENDELAAR BONGA, S. E. Arachidonic acid reduces the stress response of gilthead seabream *Sparus aurata* L. **The Journal of Experimental Biology**, 207, 3419-3430, 2004

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th ed. Gaithersburg, v.2. 2000

BALFRY, S. K.; HIGGS, D. A. Influence of dietary lipid composition on the immune system and disease resistance of finfish. In: **Nutrition and Fish Health** (Lim, C. & Webster, C. D. eds). Food Product Press, Binghampton NY, USA, p.213-234, 2001

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogátricos**. Lavras: Editora UFLA, ISBN 85-87692-34-8, 2006

BLANCHARD, G.; MAKOMBU, J.G.; KESTEMONT. P.. Influence of different dietary 18:3n-3/18:2n-6 ratio on growth performance, fatty acid composition and hepatic ultrastructure in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. **Aquaculture** 284,144–150, 2008

BLAZER, V.S. Nutrition and disease resistance in fish. Ann. **Review in Fishies Diseases**, p.309-323, 1992

CALDER, P.C. n-3 polynsaturated fatty acids, inflammation and immunity: pouring oil on troubled waters or another fish tale? **Nutrition Research**, v. 21, p. 309-341, 2001

EL-HUSSEINY, O.M.; ABDUL-AZIZ, G.M.; GODA, A.M.A.S; SULOMA, A. Effect of ltering linoleic acid and linolenic acid dietary levels and ratios on the performance and tissue fatty acid profiles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fry. **Aquaculture International**, v.18, p.1105-1119, 2010

FARNDAL, B.M.; BELL, J.G.; BRUCE, M.P.; BROMAGE, N.R.; OYEN, F.; ZANUY, S.; SARGENT, J.R. Dietary lipid composition affects blood leucocyte fatty acid compositions and plasma eicosanoid concentrations in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 179, p. 335-350, 1999

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.** v.226, p. 497-509, 1957

FURUITA, H.; KONISHI, K.; TAKEUCHI, T. Effect of different levels of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in *Artemia nauplii* on growth, survival and salinity tolerance of larvae of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture** 170, p. 59-69, 1999

GALLI C, SIMOPOULOS AP, TREMOLI E., Effects of fatty acids and lipids in health and disease. **World Rev Nutr Diet**, v.76, p.1–152, 1994

GATLIN, D. M. Nutrition and health. In: J. E. Halver and R. W. Hardy, editors. **Fish Nutrition**. Academic Press, p.671-702, 2002

GEY, K.F. Vitamins E plus C and interacting conutrients required for optimal health. **Biofactors**, Oxford, v.7, n.1/2, p.113-174, 1998.

GIMBO, R.Y.; SAITA, M.V.; GONÇALVES, A.F.N.; TAKAHASHI, L.S. Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.350-357, abril/junho, 2008

GONÇALVEZ, L.U. **Lipídios e ácidos graxos nos desempenhos reprodutivo e zootécnico de lambaris (*Astyanax altiparanae*)**. Tese (Doutorado), 117f. Pirassununga, 2010

GURR, M.I.; HARWOOD, J.L; FRAYN, K.N. **Lipid biochemistry – An Introduction**. 5th edition, Blackwell Science, ISBN 0-632-05409-3, 2002

HASSAN, I.R.; GRONERT, K. Acute changes in dietary {omega} 3 and {omega} 6 polyunsaturated fatty acids have a pronounced impact on survival following insheic renal injury and formation os renoprotective docosahexanoic acid – derived protectin D1. **The Journal of Immunology**, v. 182, p. 3223-3232, 2010

HARTMAN, L.; LAGO, B.C.A.; Rapidi preparation of fatty methyl esters from lipids. **Lab. Pract**, , v.22, p.475-477, 1987

HAYASHI, A.; MEURER, F.; BOSCOLO, W.R., LACERDA, C.H.F.; KAVATA, L.C.B. Frequência de arraçoamento para alevinos de Lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.21-26, 2004

KLINGER, R.C.; Blazer,V.S.; ECHEVARRIA, C. Effects of dietary lipid on the hematology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.147, p.225-233, 1996

KOVEN, W.; BARR, Y.; LUTZKY,S.; BEN-ATIA, I.; WEISS, R.; HAREL, M.; BEHRENS,P.; TANDLER, A. The effect of dietary arachidonic acid (20:4n-6) on growth, survival and resistance to handling stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. **Aquaculture**, v.193, p.107-122, 2001

LAGARDE M, SPECTOR AA, GALLI C,HAMAZAKI T, KNAPP HR. Fatty Acids and Lipids from Cell Biology to Human Disease. **Lipids** 34(suppl): S1-S350. 1999

LEE, S.M., LEE, J.H., KIM, K.D. Effects of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). **Aquaculture**, v.225, p. 269-281, 2003

LOSEKANN, M.E.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F.A.; LAZZARI, R.; BERGAMIN, G.T.; CORRÊIA, V.; SIMÕES, R.S.. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.225-230, 2008

MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P. ; PORTZ, L. ; TRUGO, L. C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, Holanda, v. 209, n. 1-4, 235-248, 2002

- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; KAVATA, L.B.; LACERDA, C.H.F. Nível de arraçoamento para alevinos de Lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1835-1840, 2005
- MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C., PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M. Disponibilidade aparente de fósforo em dietas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.22, 2000
- MORAIS, S.; NARCISO, L.; DORES, E.; FERREIRA, P.P. Lipid enrichment for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae: effect on larval growth, survival and fatty acid profile. **Aquaculture International**, v.12, p. 281-298, 2004
- NOMURA, H. Comparação dos caracteres merísticos de três espécies de peixes do gênero *Astyanax* Baird & Girard, 1854 (*Osteichthyes, Characidae*) do rio Mogi Guaçu, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v.35, n.4, p805-836, 1975
- ORSI, M.L.; CARVALHO, E.D.; FORESTI, F. Biologia populacional de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski (Teleostei, Characidae) do médio Rio Paranapanema, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21(2): 207-218, Junho, 2004
- PEREIRA, M.C. De A. & BARCELOS, M.De F.P.. Aspectos tecnológicos e nutricionais do azeite de oliva. **Higiene Alimentar**. v. 17(106): p. 22-29, mar. 2003.
- PEZZATO, L.E; MIRANDA, E.C., BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. dogestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002
- PUANGKAEW, J.; KIRON, V.; SOMAMOTO, T.; OKAMOTO, N.; SATOH, S.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. **Fish & Shellfish Immunology**, v.16, p. 25-39, 2004
- SAEG 9.1 **Sistema para Análises Estatísticas**. FUNARBE, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, 2007
- SALEM N JR, SIMOPOULOS AP, GALLI C, LAGARDE M, KNAPP HR. Fatty Acids and Lipids from Cell Biology to Human Disease. **Lipids** 31(suppl): S1-S326, 1996
- SARGENT, J. R., D. R. TOCHER, and J. G. BELL. The lipids. p. 181–257. **In: Fish Nutrition**, 3rd ed, Chap. 4. (Halver, J. E., Ed.). San Diego: Academic Press 2002
- SHAFAEIPOUR, A.; YAVARI, V.; FALAHATKAR, B.; MAREMMAZI, J. GH.; GORJIPOUR, Effects of canola meal on physiological and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 14, 110-119, 2008
- SICURO, B.; BADINO,P.; DAPRA,F.; GAI, F.;GALLONI, M.; ODORE,R.; PALMEGIANO, G.B.; MACCHI, E. Physiological effects of natural olive oil antioxidants utilization in rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) feeding. **Aquaculture International**, v.18, p.415-431, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROS, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235p., 2002

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; REIDEL, A. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2339-2344, Santa Maria, Novembro, 2008

SIMOPOULOS, A.P. Essential fatty acids in health and chronic disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, p.560S-569S, 1999

SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 21, n. 6, p.495-505, 2002a

SUZUKI, F.M. & ORSI, M.L. Formação de cardumes por *Astyanax altiparanae* (Teleostei: characidae) ni Rio Congonhas, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 25(3): 566-569, Setembro, 2008

TAN, X.Y.; LUO, Z.; XIE, P.; LIU, X.J.. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Aquaculture**. 296, 96–101, 2009

TAPIERO, H.; NGUYEN, BA, G.; COUVREUR, P.; TEW, K.D. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, p. 215-222, 2002

TOCHER, D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.11, n.2, p.107-184, 2003

TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; NG, W.K. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Rev. Aquaculture**, v.1, 10-57, 2009

ULIANA, O.; SILVA, J.H.S.; REZENDE NETO, J. Diferentes fontes de lipídios testadas na criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), pisces, pimelodidae. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 129-133, 2001

VARGAS, R. J.; SOUZA, S. M. G.; TOGNON, F. C.; GOMES, M. E. C.; KESSLER, A. M. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p.377-381, jul-set, 2007.

XU, H.; AI, Q.; MAI, K.; XU, W.; WANG, J.; MA, H.; ZHANG, W.; WANG, X. LIUFU, Z.. Effects of dietary arachidonic acid on growth performance, survival, immune response and tissue fatty acid composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**. 307, 75–82, 2010

WALLIS, J.G; WATTS, J.L; BROWSE, J. Polyunsaturated fatty acid synthesis: what will they think of next? **Trends in Biochemical Sciences**, v. 27, n. 9, September, 2002

ZAKES, Z.; JANKOWSKA, B.; JARMOŁOWICZ, S.; ZMIJEWSKI, T.; PARTYKA, K.; KRYSZYNA DEMSKA-ZAKES, K.. Effects of different dietary fatty acids profiles on the growth performance and body composition of juvenile tench (*Tinca tinca* (L.)). **Rev Fish Biol Fisheries**. DOI 10.1007/s11160-009-9146-x, 2009

ANEXOS

ANEXO I: NOME CIENTÍFICO E NOME COMUM DAS ESPÉCIES CITADAS NO PRESENTE ESTUDO

- Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000) – Lambari-do-rabo-amarelo
- Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) - Lambari-do-rabo-amarelo
- Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) – Lambari-do-rabo-vermelho
- Cyprinus carpio* – (Linnaeus, 1758) Carpa comum
- Chironomus* ssp – Chironomus (larva de inseto da família Chironomidae)
- Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) – Seabass europeu
- Epinephelus coioides* (Hamilton-Buchanan, 1822) – Orange-spotted Grouper (Garoupa)
- Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818) – Bagre do canal
- Lateolabrax japonicus* (Cuvier, 1818) – Seabass japonês
- Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) – Truta-arco-íris
- Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757)– Tilápia do Nilo
- Pelteobagrus fulvidraco* (Richardson, 1846) – Bagre amarelo
- Pelteobagrus vachelli* (Richardson, 1846) – “Darkbarbel catfish”
- Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) – Perca européia
- Platichthys stellatus* (Pallas, 1787) – “Starry flounder”
- Pleuronectes americanus* (Walbaum, 1792) – Linguado
- Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) – Pintado
- Rhandia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) – Jundiá
- Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) – “Europe pikeperch”
- Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) – Pregado
- Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) – Dourada
- Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) – Tenca

ANEXO 2: FOTOS



Foto 1 - Laboratório de recirculação de água, Setor de Piscicultura, Universidade Federal de Viçosa

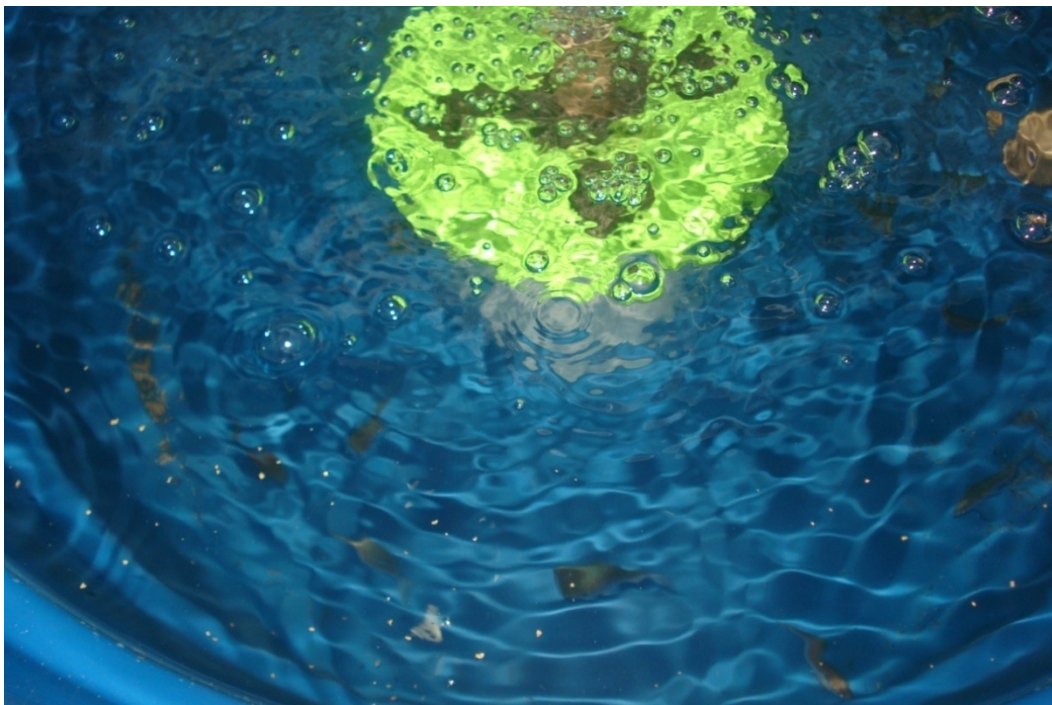


Foto 2 - Detalhe da unidade experimental (aquário) no momento de alimentação dos peixes



Foto 3 - Detalhe da alimentação dos peixes



Foto 4 - Coleta de dados ao final do período experimental

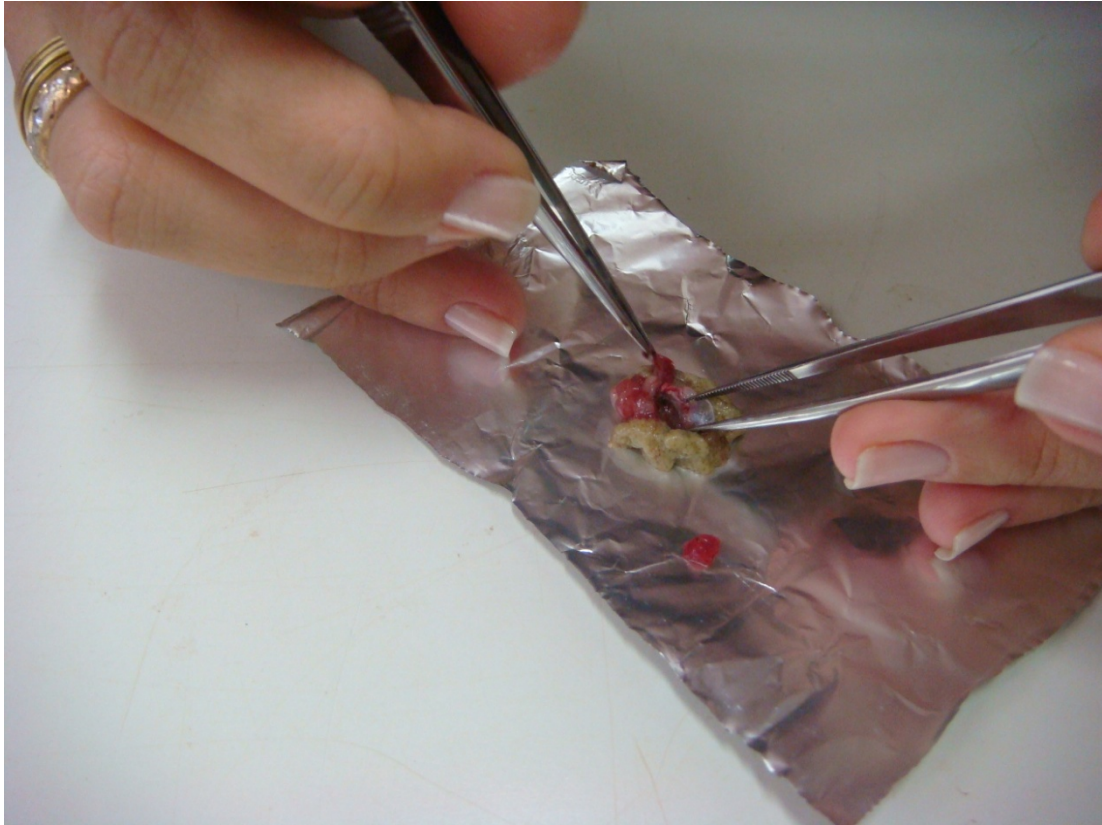


Foto 5 - Detalhe da coleta de víscera, fígado e gônadas dos peixes para análises



Foto 6 – Equipe de trabalho do Laboratório de Nutrição de Peixes da UFV