

MARCELO DUARTE PONTES

**RELAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS n6/n3 EM DIETAS PARA LAMBARIS-
DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)**

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
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P814r
2013

Pontes, Marcelo Duarte, 1984-

Relação de ácidos graxos n6/n3 em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) / Marcelo Duarte Pontes. – Viçosa, MG, 2013.
xiv, 57 f. : il ; 29 cm.

Orientador: Ana Lúcia Salaro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Lambari (Peixe) - Registros de desempenho. 2. Ácidos graxos essenciais. 3. Ácidos graxos Ômega-3. 4. Ácidos graxos Ômega-6. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Animal. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. II. Título.

CDD 22. ed. 597.48

MARCELO DUARTE PONTES

**RELAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS n6/n3 EM DIETAS PARA LAMBARIS-
DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)**

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: 12 de março de 2013.

Wilson Massamitu Furuya
(Coorientador)

Priscila Vieira Rosa

Ana Lúcia Salaro
(Orientadora)

Dedico esta dissertação a meus pais.

Que as vezes a custa de muito esforço e alguns sacrificios sempre deram a mim e a meus irmãos todas as condições para estudar, desde o início de nossa formação. Agradeço por todos os ensinamentos, conselhos e lições que já tive e por todos os outros que ainda vou ter, nesta constante educação que recebo. Obrigado por serem o maior exemplo de bondade, honestidade e dedicação que tenho em minha vida. Esta pequena conquista e todas as outras que tive ou vou ter devo a vocês.

Dedico a minha professora, Ana Lúcia Salaro.

Que desde o início de nossa convivência me levou a buscar experiências e conhecimento, que sempre me apoiou, ajudou e me incentivou a crescer como pessoa e profissional. Agradeço pela confiança depositada em mim ao longo desses anos de convívio, onde hoje vejo que todas as tarefas, cobranças e todo o trabalho serviram como estímulo, me levando a crescer e buscar sempre fazer o meu melhor. Desejo que suas conquistas e satisfações sejam cada vez maiores e agradeço pela nossa amizade e por todo o carinho que sempre teve comigo.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar sobre o que ninguém ainda pensou sobre
aquilo que todo mundo vê.”*

(Arthur Schopenhauer)

AGRADECIMENTOS

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – **CNPq**, Ministério da Ciência e Tecnologia – **MCTe** ao Ministério da Pesca e Aquicultura – **MPA**, pela concessão da bolsa de estudo através do edital **Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/MPA N° 25/2010 – Formação de Recursos Humanos em Pesca e Aquicultura**;

Ao **Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal** pela possibilidade de execução do meu mestrado e por toda a estrutura para realização do mesmo

AProfª Ana Lúcia Salaro pela orientação e por toda ajuda prestada durante todo o meu mestrado

Ao **Prof. Dr. Jener Alexandre Sampaio Zuanon** pela coorientação e pelo auxílio durante todas as etapas do meu mestrado, por todos os ensinamentos adquiridos ao longo desses anos de convivência e pelo exemplo de pessoa e profissional que em muito contribuiu para minha formação;

Ao **Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya** pela coorientação e contribuições ao meu mestrado;

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

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

Aos **Professores membros da banca examinadora**, Ana Lúcia Salaro, Wilson Massamitu Furuya e Priscila Vieira Rosa pela disponibilidade e contribuições que irão contribuir para o enriquecimento deste trabalho;

Aos funcionários e ex funcionários do Setor de Piscicultura da UFV, **Paulo Soares Bernardo, João Antônio de Oliveira e José Francisco** pelos ensinamentos, auxílios e pela ajuda prestada durante todos os anos de estágio, por todas as conversas, pelo companheirismo durante os manejos de rotina do setor, pelas inúmeras despescas na cachoeirinha, com a ajuda do café para esquentar o peito. Pela amizade e respeito que sempre levarei comigo.

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

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 Souza e Lúcia Helena Campos**, por mostrarem-se sempre dispostos a ajudar;

Aos ex alunos do programa de mestrado em Biologia Animal (DBA/UFV) **Rodrigo Yutaka Dichoff Kasai, Galileu Crovatto Veras, Mateus Moraes Taveres, Daniel Abreu Vasconcelos Campelo, Luiz Thiago Versiani Miranda, Pollyana de Moraes França Ferreira e Lidiane da Silva Nascimento**, aos pós-graduandos em Biologia Animal, **Márcio Yoshiyuki Kanashiro, Frederico Werneck Lima, Alfredo Rubén Palomino Ramos, Uyara Duarte Vieira, e Diogo Magalhães da Veiga Moreira**, aos estudantes de Iniciação Científica e estagiários do Setor de Piscicultura do Departamento de Biologia Animal, **Kátia Rodrigues Batista de Oliveira, José Carlos de Oliveira Junior, Isabel Gertrudes Arrigui de Araújo Neves, Renato Barbosa Ferraz, Willian Chaves, Raully Lucas Silvae e André Luis Fialho Ladeira**, Por toda ajuda prestada, ensinamentos, companheirismo e colaboração durante todos estes anos de convivência;

Agradeço aos meus novos amigos e colegas de trabalho da **FIPERJ**, agradeço a toda a diretoria e coordenadora **Bruna Roque Loureiro**, pelo auxílio e liberação para a conclusão do mestrado. Agradeço a minha chefe **Marina Fernandes Beze** meus colegas de trabalho, os pesquisadores **Antonio Gomes Filho, Beatriz Castelar, Felipe Schwahofer Landuci, José Teixeira de Seixas Filho, Luzia Triani, Ricardo Cavalcanti Martino, Silvia Conceição Reis Pereira Mello, Wanessa de Melo Costae** aos técnicos de laboratório **Ricardo de Oliveira Soares e Rodrigo César Fernandes Barbosa**, além dos estagiários, equipe de manutenção da estação de Guaratiba e todos os outros funcionários da fiperj tanto da sede quanto dos outros escritórios regionais. Queria agradecer pela acolhida, pelo carinho com que me receberam e por toda a ajuda que recebo nesta nova fase de minha vida.

Aos meus pais, **Mauricio Duarte Pontese** minha mãe **Maria do Carmo Fontes Duarte**, e aos meus irmãos **Junim e Mayra**, por todo amor, confiança e apoio durante toda a minha vida, que sempre me serviram de apoio e exemplo, que sempre me fizeram melhorar

Agradeço também a **todos os meus parentes**, avós, tios e primos que sempre torceram e rezaram por mim e me ajudaram em tudo que precisei

Queria agradecer muito a **Manu**, por todo amor e carinho que recebo e também por toda a ajuda que recebi em tudo que precisei. Obrigado pela calma e paciência, e por de perto ou longe me ajudar tanto e me fazer muito feliz.

Agradeço também a todos os amigos que conquistei ao longo da vida, que de alguma forma fizeram parte da minha formação como pessoa e profissional.

Quero agradecer a todos que de alguma maneira contribuíram para que este projeto fosse realizado.

BIOGRAFIA

MARCELO DUARTE PONTES, filho de Maurício Duarte Pontes e Maria do Carmo Fontes Duarte, nasceu em 30 de abril de 1984 na cidade de Viçosa, MG.

Graduou-se em Zootecnia, em julho de 2010 pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Ingressou no programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, em nível de Mestrado, em março de 2011, pelo Departamento de Biologia Animal na Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo a dissertação em 12 de março de 2013

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DA LITERATURA.....	4
<i>Lipídios na aquicultura</i>	4
<i>Ácidos graxos essenciais</i>	6
<i>Óleo de peixe</i>	12
<i>Fontes lipídicas alternativas</i>	13
<i>Lambari-do-rabo-amarelo</i>	17
Referências bibliográficas	20
CAPITULO 1	27
Relação de ácidos graxos n6/n3 em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>).....	27
Introdução	29
Material e métodos.....	32
<i>Delineamento experimental</i>	32
<i>Unidades experimentais</i>	32
<i>Peixes</i>	33
<i>Dietas experimentais</i>	33
<i>Análise de desempenho produtivo</i>	34
<i>Composição corporal</i>	35
<i>Análise de composição de ácidos graxos na carcaça</i>	35
<i>Análise estatística</i>	36
Resultados	36
<i>Desempenho produtivo</i>	36
<i>Composição corporal</i>	37
<i>Perfil de ácidos graxos na carcaça</i>	37
Discussão.....	39
Referências bibliográficas	44
Considerações Finais.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Biossíntese de AGAI em peixes a partir de ácidos graxos C ₁₈ , presentes em óleos vegetais (adaptado de Li et al., 2010). As setas contínuas indicam a rota de biossíntese do EPA, DHA e ARA (Sprecher, 2000), As setas tracejadas indicam as possíveis rotas alternativas da biossíntese dos AGAI das séries n3 e n6, identificadas em algumas espécies.....	8
Figura 2: Teor de ácidos graxos 18:3n3 em carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com diferentes proporções de óleo de soja e linhaça na dieta.....	55
Figura 3: Somatório de ácidos graxos da série n3 em carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com diferentes proporções de óleo de soja e linhaça na dieta.....	55
Figura 4: Relação de ácidos graxos n6/n3 em carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com diferentes proporções de óleo de soja e linhaça na dieta.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulação, composição química (base matéria natural), e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais utilizadas na alimentação de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>).....	49
Tabela 2: Índices de desempenho produtivo de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe e diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça.....	51
Tabela 3: Composição química da carcaça de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe e diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça.....	52
Tabela 4: Perfil de ácidos graxos na carcaça (g/kg) de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe e diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça.....	53

RESUMO

PONTES, Marcelo Duarte, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Relação de ácidos graxos n6/n3 em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*)**. Orientadora: Ana Lúcia Salaro. Coorientadores: Jener Alexandre Sampaio Zuanon e Wilson Massamitu Furuya.

Tradicionalmente as rações para organismos aquáticos são baseadas na utilização de farinha e o óleo de peixe, consumindo grande parte da produção global, levando a escassez de tais produtos. Assim, as indústrias processadoras de rações vêm buscando por fontes alternativas à farinha e o óleo de peixe. O óleo de soja vem sendo muito utilizado na aquicultura devido a grande produção e disponibilidade no mercado. Entretanto, o óleo de soja apresenta um desequilíbrio na sua composição de ácidos graxos, sendo deficiente em ácidos graxos da série n3. Uma alternativa seria a mistura entre o óleo de soja e o óleo de linhaça, por esse ser rico em ácidos graxos da serie n3. O enriquecimento de dietas com ácidos graxos essenciais traz uma série de benefícios ao animal, podendo contribuir com sua higidez, além de produzir um pescado com um perfil de ácidos graxos fundamentais à nutrição humana. Entre as espécies de peixes tropicais, o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) tem despertado interesse por parte da comunidade científica e dos produtores de peixes. Sua criação tem se destacado na aquicultura por apresentar índices zootécnicos promissores. Portanto, com este estudo objetivou-se avaliar o efeito de diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça e compará-los com a dieta contendo óleo de peixe sobre os parametros de desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça de fêmeas de lambaris-do-rabo-amarelo. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e cinco repetições: seis proporções entre os óleos de soja e linhaça (60/0; 48/12; 36/24; 24/36; 12/48 e 0/60 de óleos de soja/linhaça) e um tratamento controle com óleo de peixe. Foram utilizadas 945 fêmeas com $4,87 \pm 0,63$ g de peso vivo distribuídas em 35 aquários circulares de polietileno contendo 60 litros de água, equipados com filtro biológico, termostato e aquecedores (50 watts), em sistema de recirculação, com vazão de 1 litro/min, dotado de sistema de filtragem física, biológica e esterilização ultravioleta. Os aquários possuíam sistema de aeração e temperatura controlada em 27°C. Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente nos horários de 08:00; 11:00; 14:00; 17:00, por um período de 90 dias. Para comparar o efeito entre a dieta confeccionada a base de óleo de peixe com as dietas contendo diferentes proporções do óleo de linhaça e soja, os dados obtidos foram submetidos à

análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% significância, e em caso de diferença significativa, os dados foram submetidos ao teste de Dunnett ao nível de 5% significância. Para avaliar o efeito das diferentes proporções de óleo de linhaça e soja, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% significância, e em caso de diferença significativa foi realizada análise de regressão e/ou *Linear Response Plateau* (LRP). Os maiores teores de ácidos graxos 14:0, 16:1 foram encontrados na carcaça dos peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe. O ácido graxo 18:3n3 apresentou maior concentração na carcaça dos animais que receberam dietas suplementadas com os maiores níveis de óleo de linhaça (36, 48, 60 g de óleo de linhaça /kg dieta). O mesmo padrão de comportamento foi observado para o somatório de ácidos graxos da série n3. Para o somatório de ácidos graxos polinsaturados os menores teores foram encontrados na carcaça dos animais alimentados com os níveis de 48 e 60 g/kg dieta de óleo de linhaça, assim como na carcaça dos animais alimentados com dietas contendo somente óleo de peixe. Os maiores valores na relação n6/n3 foram encontrados na carcaça dos peixes que receberam dietas contendo os menores níveis de óleo de linhaça (0 e 12 g de óleo de linhaça /kg dieta). Observou-se efeito dos níveis de inclusão de óleo de linhaça apenas para o rendimento de carcaça e perfil de ácidos graxos. Observou-se efeito quadrático com o valor máximo estimado de 35,85 g de óleo de linhaça/kg dieta para maximizar o rendimento de carcaça. Para o ácido graxo 18:3n3, somatório de n3, relação n6/n3 foram estimados os valores de 43,39, 41,57 e de 38,39 g de óleo de linhaça/kg dieta, respectivamente. Embora, os valores do ácido graxo 18:3n3, somatório de n3, relação n6/n3 sejam superiores ao nível estimado de 35,85 g de óleo de linhaça/kg dieta em substituição ao óleo de soja, indica-se a suplementação deste valor em dietas para essa espécie em função do melhor rendimento de carcaça dos peixes aliado a superior deposição de ácidos graxos da série n3 na carcaça dos animais, quando comparados com os peixes alimentados com óleo de peixe e a possibilidade de diminuição dos custos das rações isentas de óleo de peixe. Assim, pode-se produzir alimentos ricos em ácidos graxos polinsaturados da série n3 para o consumo humano.

ABSTRACT

PONTES, Marcelo Duarte, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2013. **Ratio n6/n3 fatty acids in diets for lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*).** Adviser: Ana Lúcia Salaro. Co-advisers: Jener Alexandre Sampaio Zuanon and Wilson Massamitu Furuya.

Traditionally, feed for aquatic organisms is based on the use of fish meal and fish oil, consuming much of the global production, and leading to shortages of such products. Thus, the feed processing industries have been seeking alternative sources for fish meal and oil. Soybean oil is extensively used in aquaculture due to major production and market availability. However, soybean oil has an imbalance in its fatty acid composition, being deficient in n3 fatty acids. An alternative would be a mixture of soybean oil and linseed oil, because that is rich in fatty acids of the n3 series. The enrichment of diets with essential fatty acids provides a number of benefits to the animal, which could contribute to their healthiness, and produce a fish with a profile of fatty acids that is essential to human nutrition. Among the species of tropical fish, the lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) has aroused interest from the scientific community and producers of fish. His creation has excelled in aquaculture by presenting promising indexes. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of different proportions of soy and linseed oil and compare them with a diet containing fish oil on growth performance parameters, chemical composition and fatty acid profile of the carcass of females of the lambaris-do-rabo-amarelo. We used a completely randomized design with seven treatments and five replicates: six ratios of soybean and linseed oils (60/0, 48/12, 36/24, 24/36, 12/48 and 0/60 soybean/linseed oils), and a control with fish oil. 945 females were used with a body weight of 4.87 ± 0.63 g. These were divided into 35 circular polyethylene tanks, containing 60 liters of water, equipped with a biological filter, thermostat and heater (50 watts) in a recirculation system with a flow rate of 1 liter/min, and a filtration system equipped with physical, biological and ultraviolet sterilization. The aquarium had an aeration system and temperature controlled at 27°C. Fish were fed to apparent satiation at times of 08:00, 11:00, 14:00 and 17:00, over a period of 90 days. To compare the effect between the diet based on fish oil to the diets containing different proportions of linseed oil and soybeans, the data were subjected to analysis of variance (ANOVA) at 5% significance, and, if significantly different, the data were subjected to Dunnett test at 5% significance. To evaluate the effect of different proportions of linseed oil and soybeans, the data were

subjected to analysis of variance (ANOVA) at 5% significance, and in cases of significant differences, regression analysis and/or *Linear Response Plateau* (LRP) was performed. The highest levels of fatty acids 14:0, 16:1 were found in the carcass of fish fed diets containing fish oil. The fatty acid 18:3 n3 showed higher concentration in the carcass of fish fed diets supplemented with the highest levels of linseed oil (36, 48, 60 g linseed oil/kg diet). The same pattern was observed for the sum of n3 fatty acids of the series. For the sum of polyunsaturated fatty acids, the lowest levels were found in carcasses of animals fed with levels of 48 and 60 g/kg diet of flaxseed oil, as well as the carcasses of animals fed diets containing only fish oil. The highest values were found in the ratio n6/n3 carcass of fish fed diets containing lower levels of linseed oil (0 and 12 g of linseed oil/kg diet). The effect of inclusion levels of linseed oil was only observed for carcass yield and fatty acid profile. A quadratic effect was observed with the maximum value of 35.85 g of linseed oil/kg diet to maximize the carcass. For the fatty acid 18:3 n3, sum of n3, n6/n3 ratio values of 43.39, 41.57 and 38.39 g of linseed oil/kg diet, respectively, were estimated. Although the values of the fatty acid 18:3 n3, the sum of n3 ratio n6/n3 outweighed the estimated level of 35.85 g of linseed oil/kg diet in the replacement of soybean oil supplementation, this indicates the value of this in diets for this species due to the better performance of fish carcass combined with the higher deposition series of n3 fatty acids in the carcass of the animals. This effect was seen when compared with the fish that were fed with fish oil, due to the possibility of lower costs for feed free of fish oil. Thus, it is possible to produce foods that are rich in polyunsaturated fatty acids of the n3 series for human consumption.

INTRODUÇÃO GERAL

O consumo mundial de pescado aumenta constantemente e a pesca extrativista, que utiliza estoques pesqueiros muitas vezes sobrexplotados, não consegue atender a essa demanda, sem que ocorra prejuízo na sustentabilidade destes recursos. Assim, a carência por pescado vem sendo suprida pelos produtos ofertados pela aquicultura, fazendo com que essa atividade se desponte nos últimos anos. Assim, a cadeia aquícola tem se destacado entre as atividades pecuárias como a de maior desenvolvimento na atualidade, exigindo cada vez mais a intensificação da produção de organismos aquáticos. Entretanto, para se alcançar esse objetivo, torna-se necessários avanços tecnológicos em todas as etapas da produção, destacando-se estudos sobre o manejo, nutrição, bem-estar animal e sustentabilidade da cadeia aquícola.

Apesar do grande potencial de produção de muitas espécies de peixes da fauna nativa, a produção brasileira ainda tem como base a criação de espécies exóticas. Em 2010 a piscicultura continental contribuiu com apenas 33% de espécies nativas (MPA, 2012). O maior domínio da produção de espécies exóticas em relação às espécies nativas pode ser obtido por tecnologias já estabelecidas sendo, portanto, fundamental pesquisas que desenvolvam pacotes tecnológicos para as espécies de peixes da fauna autóctone. Assim, torna-se importante o avanço nos estudos de nutrição de espécies nativas.

Entre as espécies de peixes tropicais o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), anteriormente classificado como *Astyanax bimaculatus*, tem despontado como atividade promissora no ponto de vista econômico e ecológico, despertando o interesse da comunidade científica e dos produtores de peixes. É uma espécie de pequeno porte, hábito alimentar onívoro, rápido crescimento podendo atingir a

maturidade sexual, em cativeiro, com cerca de quatro meses (Garutti, 2003), tornando essa espécie com potencial para a produção em larga escala.

O estudo das exigências nutricionais dos peixes, além de impulsionar o aumento na produção, abre uma importante vertente nas linhas de pesquisa que associam à nutrição a produção de alimento de maior qualidade nutricional, contribuindo com a melhoria na nutrição da população consumidora.

Entre as linhas de pesquisa que envolvem a produção de um pescado de alta qualidade nutricional, destacam-se aquelas que se direcionam ao enriquecimento de dietas com ácidos graxos essenciais, as quais contribuem com o bem estar dos animais, por atuar principalmente na saúde dos mesmos, assim como produzir um pescado com um perfil de ácidos graxos importante à nutrição humana. Assim, pode se esperar que tais dietas possam constituir um alimento funcional que, além de nutritivo, apresenta propriedades fisiológicas específicas as quais colaboram para a saúde tanto do pescado como do consumidor do mesmo.

Tradicionalmente, o óleo de peixe é utilizado como fonte lipídica e de ácidos graxos essenciais. Porém, a crescente demanda por este produto e a situação atual de sobreexploração dos estoques pesqueiros, força a busca por fontes alternativas ao óleo de peixe. O óleo de soja vem sendo utilizado em dietas comerciais para organismos aquáticos, devido a grande produção, preço e produzir um co-produto com disponibilidade para as indústrias processadoras de rações para organismos aquáticos. O óleo de soja tem um elevado teor de ácidos graxos polinsaturados, sendo rico em ácidos graxos da série n6. Entretanto a elevada concentração de ácidos graxos n6 do óleo de soja pode ocasionar um desequilíbrio na relação entre os ácidos graxos n6/n3, sendo necessária a complementação dos ácidos graxos da série n3. O óleo de linhaça, exceção entre os óleos vegetais, é uma importante fonte de ácidos graxos da série n3, podendo

também ser incluído em dietas para organismos aquáticos com o intuito de produzir uma dieta com a relação n6/n3 adequada a cada espécie.

Portanto, com este estudo objetivou-se avaliar o efeito de diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça e compará-los com a dieta contendo óleo de peixe sobre os parâmetros de desempenho produtivo, composição corporal e perfil de ácidos graxos da carcaça de fêmeas de lambaris-do-rabo-amarelo.

REVISÃO DA LITERATURA

Lipídios na aquicultura

Os lipídios destacam-se entre as fontes energéticas utilizadas em rações para organismos aquáticos devido ao seu alto valor energético, alta digestibilidade e a aplicabilidade na formulação e confecção de rações (Oslen et al., 1998; Pezzato et al., 2004). Outra característica positiva atribuída aos lipídios é sua capacidade em promover melhorias na palatabilidade das dietas.

A alta densidade energética dos lipídios faz deste o nutriente mais eficiente para maximizar a ingestão de energia e convertê-la em energia dietética (Bureau et al. 2002; Glencross, 2009), a qual poderá ser utilizada em processos de atividade muscular, reações bioquímicas, transporte ativo e formação de novos tecidos (Webster e Lim, 2002), entre outras. Assim, os lipídios desempenham uma série de funções no organismo animal, como a participação no transporte e absorção de nutrientes, como as vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. Também são componentes de hormônios e fundamentais constituintes da membrana celular, assim como precursores na síntese de vários metabólitos, como as prostoglandinas e os esteróis (Sargent et al., 2002; Pezzato et al., 2004; Garcia et al., 2012).

Os peixes, em geral, utilizam lipídios e proteínas como principais fontes energéticas, em detrimento dos carboidratos. Esta característica pode ser atribuída ao fato de que os peixes evoluíram em um ambiente onde as fontes de carboidratos são escassas (Sargent et al., 2002). Outra explicação para a não utilização eficiente de carboidratos pelos peixes, está associada a presença e a atividade das enzimas envolvidas nos processos digestivos de amido, que pode variar com o hábito alimentar (Seixas Filho et al., 1999), assim como com a temperatura da água. Em peixes como a

tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Moura et al., 2007), a piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e o piau (*Leporinus friderici*) (Seixas Filho et al., 1999), observa-se presença em grande quantidade de amilase no trato digestório. O aumento da temperatura da água, também influencia a atividade das amilases (Moura et al., 2007), refletindo na maior utilização do amido como fonte energética dos peixes. Assim, peixes de clima tropical, em geral, conseguem aproveitar um teor mais elevado de amido na ração em relação a peixes de clima frio.

Em função da não utilização de forma eficiente do amido e a tendência da utilização da proteína pelos peixes, para a produção de energia, deve-se fornecer condições para que os mesmos utilizem os lipídios como fonte primária de energia, em detrimento da proteína, o que irá minimizar a perda proteica por catabolismo (Ng et al. 2003, Martino et al., 2005) e direcioná-la para a formação de novos tecidos. A utilização de forma adequada da proteína pelos peixes possibilita aos nutricionistas a redução do uso de ingredientes protéicos em rações para peixes, o que leva a redução em seu custo (Noffs et al., 2009). Outra vantagem em se diminuir a quantidade de proteína das rações baseia-se no fato de que o nitrogênio, proveniente do catabolismo das proteínas, apresenta grande potencial poluidor quando lançado no ambiente. Dietas com elevados teores de lipídios melhoram a eficiência de utilização do alimento bem como a diminuição da excreção de compostos nitrogenados (McGoogan e Gatlin III, 2000).

O nível de inclusão de lipídios em uma dieta deve ser cuidadosamente avaliado, (Wang et al., 2005; Noffs et al., 2009), uma vez que, o excesso pode inibir o consumo e consequentemente reduzir a quantidade ingerida de outros nutrientes, (Wang et al., 2005), principalmente de proteínas, levando a diminuição do crescimento do animal. O desempenho produtivo e a composição corporal também podem ser afetados pelo nível de lipídios da dieta (Cotan et al., 2006). Teores lipídicos elevados na dieta podem

provocar a deposição excessiva de gordura no fígado e, conseqüentemente, prejudicar o crescimento do peixe (Caballero et al., 2002). Essas dietas também promovem a deposição de gordura corporal, refletindo principalmente na quantidade de gordura visceral e intramuscular (Wang et al., 2005). Altos teores de gordura na composição corporal dos peixes podem alterar o sabor, a aparência e a qualidade do pescado, prejudicando sua durabilidade (Ozogul et al. 2005).

Peixes provenientes da natureza geralmente possuem menos gordura corporal que peixes confinados, uma vez que, o alimento natural apresenta menor relação energia:proteína (5 a 6 kcal de ED/g de PB) quando comparado com as rações utilizadas na piscicultura (8 a 10 kcal de ED/g de PB) (Pezzato et al., 2004). O fornecimento de lipídios em dietas para peixes também deve satisfazer a exigência destes animais em relação aos ácidos graxos essenciais (Sargent et al., 2002).

Ácidos graxos essenciais

Para que um nutriente seja considerado essencial, é necessário que o mesmo apresente função bioativa e que o organismo animal seja incapaz de produzir (Glencross, 2009). Assim, com relação aos ácidos graxos linoleico (18:2n6) e linolênico (18:3n3), estes devem ser suplementados em dietas de vertebrados, uma vez que, os mesmos não apresentam habilidade de realizar a síntese *de novo* de tais ácidos graxos (Turchini et al., 2009; Li et al., 2010), em função de não possuem as enzimas $\Delta 12$ e $\Delta 15$, responsáveis pela síntese dos ácidos graxos 18:2n6 e 18:3n3 (Tocher et al., 2006). Uma vez suplementados na dieta, os mamíferos e algumas espécies de peixe, principalmente de água doce, podem sintetizar o ácido araquidônico (ARA ou 20:4n-6), a partir do 18:2n6 e o eicosapentaenóico (EPA ou 20:5n-3) e o docosahexaenóico (DHA ou 22:6n-3), a partir do 18:3n3 (Tapiero et al., 2002; Norambuena et al., 2013).

A ausência ou deficiência em ácidos graxos essenciais (AGE) pode levar ao atraso no crescimento, problemas relacionados a reprodução, patologias e eventuais mortes (Sargent et al., 2002). Os AGE são biologicamente ativos nas formas C₂₀ e C₂₂, sendo os principais o ARA, EPA e DHA, os quais desempenham uma série de funções no organismo (Sargent et al., 2002) e são amplamente estudados na nutrição de organismos aquáticos, a fim de se definir suas exigências dietéticas, para todas as fases de desenvolvimento do animal (Ling et al., 2006).

Os ácidos graxos são denominados saturados (AGS) quando não possuem insaturações na sua cadeia carbônica. Os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) apresentam uma insaturação. Os ácidos graxos polinsaturados (AGPI) ou PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acid*) apresentam duas ou mais insaturações na cadeia carbônica e os ácidos graxos altamente insaturados (AGAI) ou HUFA (*Highly Unsaturated Fatty Acid*), possuem cadeia carbônica com no mínimo 20 carbonos (C₂₀) e com três ou mais insaturações (Sargent et al., 2002; Tocher, 2003,2010).

Os AGAI com função bioativa ARA, EPA e DHA podem ser sintetizados algumas espécies de peixes (Norambuena et al., 2013), desde que a dieta desses animais sejam suplementadas com seus precursores (18:2n6 e 18:3n3) (Figura 1). A síntese dos AGAI ocorre por meio de reações de dessaturação e alongação, realizadas pelas elongases e as $\Delta 5$ e $\Delta 6$ dessaturases (Sprecher, 2000; Tocher, 2003; Glencross, 2009). (Figura 1).

Entretanto, foi verificado a atividade da dessaturase $\Delta 4$ em *Siganus canaliculatus* (Li et al., 2010), espécie de peixe herbívora de ambiente marinho. A expressão do gene para a produção da enzima dessaturase $\Delta 8$ também foi verificada em peixes, no entanto a atividade varia consideravelmente entre peixes marinhos e de água doce (Monroig et al., 2011). Assim, a atividade das enzimas $\Delta 4$ e $\Delta 8$, responsáveis pela síntese de ácidos

graxos, nessas espécies, indica a existências de rotas alternativas para a síntese de AGAI (Figura 1). A capacidade do peixe em sintetizar AGAI através de seus precursores é extremamente variável entre as espécies (Li et al., 2010), em função da presença e atividade das enzimas do trato digestório do peixe.

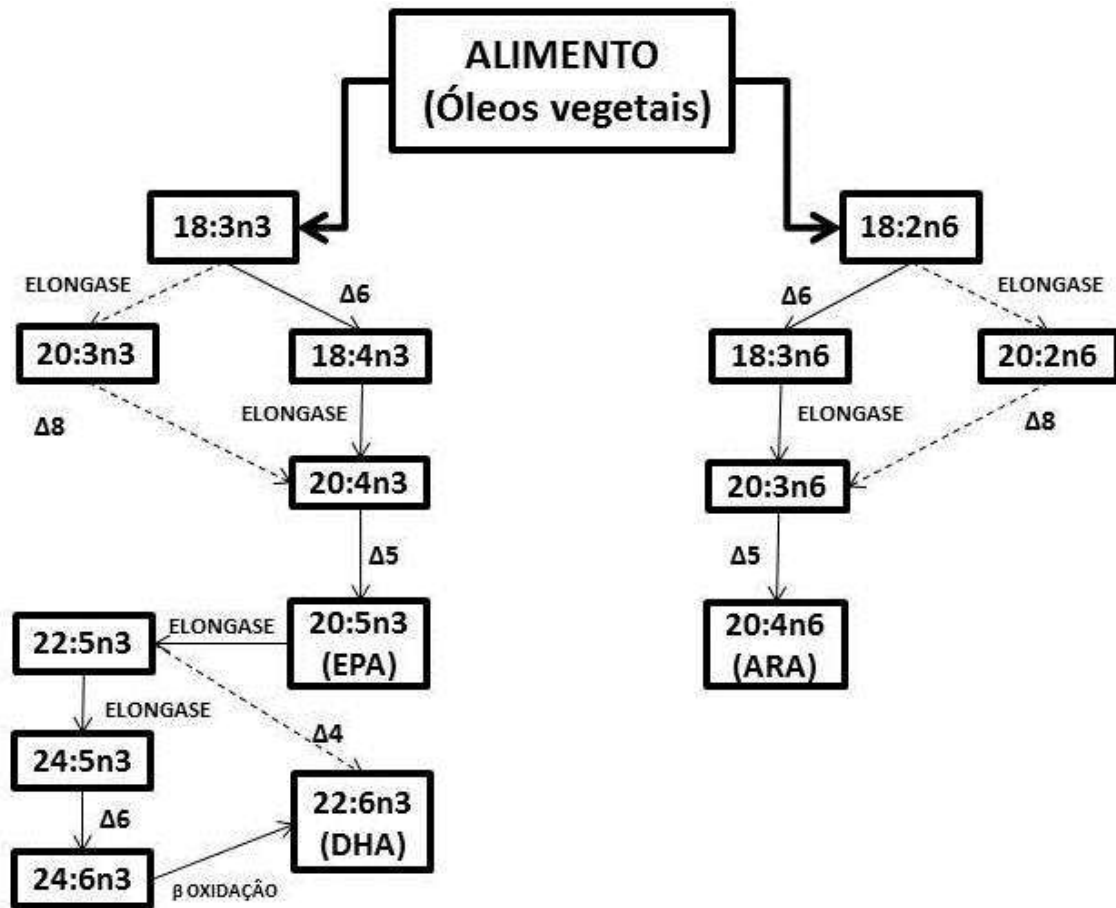


Figura 1: Biossíntese de AGAI em peixes a partir de ácidos graxos C₁₈, presentes em óleos vegetais (adaptado de Li et al., 2010). As setas contínuas indicam a rota de biossíntese do araquidônico (ARA ou 20:4n-6), o eicosapentaenóico (EPA ou 20:5n-3) e o docosahexaenóico (DHA ou 22:6n-3) (Sprecher, 2000). As setas tracejadas indicam as possíveis rotas alternativas da biossíntese dos AGAI das series n3 e n6.

Em espécies com capacidade de síntese dos AGAI o fornecimento de 18:2n6 e 18:3n3 pode suprir as exigências em AGE. Por outro lado, uma série de espécies perderam esta capacidade, provavelmente como resultado adaptativo a um ambiente rico em ARA, EPA e DHA (Sargent et al., 2002; Turchini et al., 2009), sendo assim,

necessária a suplementação da dieta também com os AGAI. A dependência de algumas espécies por AGAI se dá pela falta ou ineficiência das enzimas responsáveis pela síntese dos mesmos (Tocher, 2003, 2010). A capacidade de produção e a atividade da $\Delta 5$ e $\Delta 6$ dessaturases é variável, tanto em peixes marinhos quanto de água doce, refletindo na capacidade de produção de AGAI pelo peixe (Zheng et al., 2009). Em geral, peixes de água doce apresentam habilidade na produção de ARA, EPA e DHA por meio dos precursores C_{18} , enquanto que, espécies marinhas exigem dietas suplementadas com AGAI (Tocher, 2010).

As exigências em AGE variam de acordo com a espécie e a fase de vida do animal, bem como o ambiente em que evoluíram (Sargent et al., 2002; Turchini et al., 2009). Uma vez atendidas as exigências em AGE, são observadas melhorias no crescimento, sobrevivência e desempenho reprodutivo dos animais, prevenindo também uma série de doenças, como alguns tipos de câncer e problemas coronarianos (Connor, 2000; Tocher, 2010). Os requisitos mínimos em AGE para peixes de água doce em fase de crescimento são geralmente atendidos com aproximadamente 1% (matéria seca) de 18:3n3 e 18:2n6 na dieta. Já a exigência dos peixes marinhos geralmente não é atendida com ácidos graxos C_{18} (18:3n3 e 18:2n6), sendo necessária a suplementação direta com ARA, EPA e DHA (Tocher, 2010)

A suplementação em AGE para peixes deve atender não somente o teor de AGE em uma dieta, mas também o balanceamento entre esses ácidos graxos (Tocher, 2010). A correta relação entre os ácidos graxos das séries n3 e n6 é de extrema importância, pois a alteração na relação entre os teores de n3 e n6 tem influência direta nas proporções de EPA e ARA no tecido dos peixes (Turchini et al., 2009).

Durante a síntese de EPA e ARA, a partir seus precursores, os ácidos graxos 18:3n3 e 18:2n6, respectivamente, os dois ácidos graxos são substrato da mesma

enzima, a $\Delta 6$ dessaturase, e esta enzima tem maior afinidade por ácidos graxos n³ (Henderson & Tocher, 1987), levando à maior formação de EPA em relação ao ARA (Zheng et al., 2009), o que gera desbalanceamento entre esses AGAI. Aliado a isto, os eicosanoides derivados do ARA têm maior atividade em comparação com os eicosanoides derivados do EPA (Suárez-Mahecha et al., 2002) e a alteração das proporções de EPA e ARA no organismo pode ocasionar diferentes respostas fisiológicas resultantes da atividade destes eicosanoides (Tocher, 2003).

A elevação do teor de AGAI da serie n⁶ em relação a serie n³ em *Salmo salar*, resultou em aumento de ocorrência de lesões e diminuição da resistência a doenças bacterianas (Thompson et al. 1996). A diminuição no desempenho reprodutivo de *Diplodus sargus* quando comparado com peixes selvagens, foi atribuído a deficiência de AGAI da serie n⁶ provocada pela inadequada relação n⁶/n³ da dieta, leva (Cejas et al., 2003). A relação inadequada entre os AGAI da série n³ e n⁶, pode afetar a saúde dos peixes, alterando a síntese de eicosanóides (Sargent et al., 2002), causando reflexos direto no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

Os ácidos graxos ARA, EPA e DHA são precursores de compostos bioativos denominados eicosanóides, prostaglandinas e leucotrienos (Montero et al., 2003), os quais estão envolvidos em atividades imunes, repostas inflamatórias, desenvolvimento e reprodução (Sargent et al., 2002; Tocher, 2003; Ling et al., 2006). A oferta equilibrada na relação n⁶/n³ e o consequente balanceamento dos teores de ARA e EPA são de grande importância para o equilíbrio na formação de eicosanóides, evitando a inibição competitiva de substâncias necessárias ao desenvolvimento normal do organismo (Ling et al., 2006).

A proporção entre ácidos graxos saturados e insaturados também exerce influência na fluidez das membranas (Nelson e Cox, 2006). Os AGAI também têm

papel importante na manutenção da integridade da membrana celular (Ling et al., 2006). A estrutura dos AGAI, principalmente o DHA promove a membrana celular uma conformação rígida, porém flexível, com isso membranas celulares de locais como células do cérebro e retina de peixes são ricas em DHA, em função da necessidade da rápida e constante reorganização da conformação celular (Glencros, 2009). Portanto, durante o período de desenvolvimento larval o nível de DHA aumenta consideravelmente no sistema nervoso central de peixes (Noffs et al., 2009).

O DHA é proveniente da dieta ou da biossíntese no fígado, sendo este considerado o principal local de biossíntese do DHA (Tocher, 2003). Entretanto a biossíntese de DHA pode ocorrer no cérebro, tornando-se fonte alternativa para a deposição de DHA neste local (Noffs et al., 2009). A alteração no teor de DHA em células da retina de peixes pode provocar alterações comportamentais, como em ações ligadas a alimentação (Masuda, 2003).

Os ácidos graxos ARA, EPA e DHA desempenham importante papel na reprodução de peixes, onde a alimentação destes animais a partir de uma dieta com níveis adequados de AGAI melhora o seu desempenho reprodutivo (Izquierdo et al., 2001; Watanabe e Vassallo-Agius, 2003). O acúmulo de ARA nos tecidos reprodutivos de peixes indica a importância deste AGAI no desempenho reprodutivo (Ling et al., 2006; Norambuena et al., 2013). A comparação entre o perfil de ácidos graxos de peixes selvagens e de cativeiro mostrou grande deficiência de ARA nos peixes de cultivo, este fato pode estar associado insuficiência reprodutiva dos animais (Norambuena et al., 2013). O ARA é responsável pela produção de eicosanoides que atuam no controle da ovulação e possivelmente tem efeito na embriogênese (Bruce et al., 1999). Foi verificada a expressão de genes relacionados a produção das desaturases e enlongases no ovário de *Xiphophorus helleri* (Ling et al., 2006), indicando local de produção e acúmulo de

AGAI. Foi verificado um acúmulo significativamente maior de ARA no ovário em relação a outros tecidos (músculo e fígado) de *Anguilla anguilla* durante o período reprodutivo (Stottrup et al., 2012).

A utilização de níveis adequados de AGAI da série n3 na nutrição de reprodutores tem implicações sobre o desempenho reprodutivo, qualidade da desova e viabilidade das larvas, onde níveis baixos ou elevados podem ter efeitos sobre a produção de ovos e a qualidade da desova (Furuita et al., 2000, 2002; Li et al., 2005).

A fonte lipídica utilizada em dietas para organismos aquáticos deve atender as exigências em AGE, levando em consideração a espécie e a fase de vida do animal (Sargent et al., 2002; Peng et al., 2008). O óleo de peixe é a principal fonte lipídica em dietas para a aquicultura (Bell et al., 2002; caballero et al., 2002). No entanto, óleos vegetais tem sido utilizados como fontes lipídicas alternativas na aquicultura (Asdari et al., 2011).

Óleo de peixe

A produção de óleo de peixe, que é um subproduto da produção de farinha de peixe, produzido pelo processo denominado de redução, é realizada pelas indústrias conhecidas como indústrias de redução, ou “reduction industry” (Turchini et al., 2010).

As principais espécies utilizadas como matéria prima para produção de farinha e óleo de peixe geralmente são e considerados "peixes gordos", definidos como aqueles que possuem teor de gordura acima de 8% (Turchini et al., 2010). Em geral, 100 kg de pescado produzem 20kg e 5kg de farinha e óleo de peixe, respectivamente (Turchini et al., 2010).

A aquicultura se desenvolveu utilizando tradicionalmente produtos da pesca industrial, mais especificamente a farinha e o óleo de peixe (Bell et al., 2002), pelo fato

desses ingredientes serem ricos em ácidos graxos ARA, EPA e DHA (Ng e Wang., 2011). Assim, a utilização do óleo de peixe na aquicultura é consagrada como fonte de energia, bem como de ácidos graxos essenciais e até recentemente se mostrava viável economicamente (Bell et al., 2005).

Atualmente, a sustentabilidade dos recursos pesqueiros utilizados para a produção de farinha e óleo de peixe, bem como as oscilações nos preços e oferta de tais produtos, tem sido ponto de discussão mundial (Turchini et al., 2010). Acrescido a isso, o crescimento da aquicultura, aliada à intensificação de práticas de manejo, promoveu uma grande demanda por ingredientes para sustentar a alimentação dos sistemas aquaculturais (Turchini et al., 2010), o que tem levado à busca por fontes alternativas ao óleo de peixe (Bell et al., 2002), no intuito de manter a sustentabilidade econômica e ambiental da aquicultura (Asdari et al., 2011).

Outra razão da busca de alimentos alternativos ao óleo e farinha de peixe é a grande oscilação na sua composição, perfil de ácidos graxos e contaminantes que podem ser nocivos à saúde humana em função da procedência destes ingredientes (Bell et al., 2005).

Os óleos vegetais têm demonstrado viabilidade no uso como substitutos do óleo de peixe em dietas para organismos aquáticos (Caballero et al., 2002) e há grande interesse em reduzir parcialmente a dependência mundial da aquicultura pelo óleo de peixe (Montero et al., 2003).

Fontes lipídicas alternativas

Diversas fontes lipídicas vegetais têm sido testadas para substituir o óleo de peixe em dietas para organismos aquáticos (Sargent et al., 2002; Mourente et al., 2005; Turchini et al., 2009). Porém, para a utilização de uma fonte lipídica vegetal como

alternativa ao óleo de peixe esta deve atender às exigências nutricionais dos peixes, e apresentar preço competitivo e disponibilidade no mercado. Entretanto a substituição de ingredientes de origem animal por ingredientes vegetais deve ser testada para que a mesma não prejudique o desempenho produtivo do animal e principalmente não reduzir a qualidade nutricional do pescado destinado ao consumo humano, assim como a sua palatabilidade (Silva Junior et al., 2011).

O óleo de soja é uma fonte lipídica de grande utilização em rações para organismos aquáticos (Pastore et al., 2012), sua ampla utilização se dá pela produção em larga escala e seu preço competitivo, além da grande disponibilidade no mercado nacional e mundial. Este óleo é rico em ácidos graxos polinsaturados da série n6, principalmente o 18:2n6, representando 51,00 % do total de ácidos graxos deste óleo (TACO, 2011).

O óleo de linhaça, diferentemente dos outros óleos vegetais e animais apresenta elevado teor de 18:3 n3, com níveis acima de 50,00% dos ácidos graxos totais (Bell et al., 2003; Ng e Wang, 2011; Gunstone, 2011). Devido a sua composição de ácidos graxos o óleo de linhaça apresenta grande potencial para a utilização em rações para organismos aquáticos, sendo importante fonte de ácidos graxos da série n3 para espécies de peixes com capacidade de síntese de EPA e DHA.

A suplementação de dietas com óleos vegetais além se apresentarem como alternativa mais barata e sustentável (Ng et al., 2013), pode contribuir com a resistência do pescado a peroxidação lipídica, já que óleos vegetais como o de soja e linhaça são ricos em vitamina E, um importante antioxidante (Huang et al., 2003; Hamre, 2011).

Para peixes de água doce, a substituição da fonte lipídica (óleo de peixe) por fontes lipídicas de origem vegetal, não prejudica o desempenho produtivo de peixes, se utilizada de forma correta. Neste aspecto, a utilização de fontes lipídicas vegetais não

influenciaram o desempenho produtivo de espécies de água doce onívoras, como a carpa comum (*Cyprinos carpio*) alimentadas com dietas contendo os óleos de algodão, canola, girassol e milho (Graeff e Tomazelli, 2007). Resultados semelhantes sobre o desempenho produtivo também foram observados em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) quando da inclusão dos óleos vegetais soja, canola, girassol, linhaça, arroz e milho na dieta (Matsushita et al. 2006), para o lambari do rabo amarelo (*Astyanax altiparanae*), quando da utilização dos óleos de canola, milho, linhaça, oliva girassol e soja (Tavares, 2011) e para o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) (Ikeda et al., 2011), onde o desempenho produtivo não foi alterado com a inclusão dos óleos, quando essas espécies foram alimentadas com os óleos de canola, linhaça, oliva e soja.

O mesmo aspecto observa-se para espécies carnívoras de água doce como o surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com fontes lipídicas vegetais (soja, milho e linhaça) (Martino et al., 2002), o trairão (*Hoplias laceradae*), alimentados com dietas contendo os óleos de canola, linhaça, oliva e soja (Felipe, 2009), ou para a truta-arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*), alimentadas com óleos de soja, colza, palma e oliva (Caballero et al., 2002) onde a utilização de óleos vegetais como fontes lipídicas exclusivas não prejudicam o crescimento dos animais.

Para as espécies marinhas, respostas semelhantes de desempenho produtivo foram alcançadas somente com a substituição parcial do óleo de peixe por fontes lipídicas vegetais (Zheng et al., 2009; Bouraoui et al., 2011), uma vez que, esses animais normalmente apresentam capacidade reduzida ou incapacidade de síntese de AGAI a partir do fornecimento dos seus precursores 18:3n3 e 18:2n6, presentes em fontes lipídicas vegetais (Tocher, 2010). Assim, a inclusão de diferentes níveis de óleo de canola em substituição do óleo de peixe não influenciou o desempenho produtivo do salmão (*Salmo salar*) (Bell et al., 2003). A substituição de 60% do óleo de peixe por

óleos vegetais (oliva, linhaça e canola) também não alterou o crescimento do robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (Mourente et al., 2005). Entretanto, a utilização de óleos vegetais como o de soja e linhaça em rações para o linguado (*Psetta maxima*) levou a piora no desempenho dos peixes quando comparados com os animais alimentados com rações contendo o óleo de peixe (Regost et al., 2003). Tal efeito também foi observado por Silva Junior et al. (2011), onde substituições acima de 50% do óleo de peixe por óleo de soja prejudicaram o crescimento de juvenis de bijupirá (*Rachycentron canadum*).

As alterações provocadas nos peixes pelas diferentes fontes de óleos são normalmente observadas no perfil de ácidos graxos e não no desempenho produtivo dos mesmos, uma vez que, o perfil de ácidos graxos dos peixes esta estreitamente relacionado com o perfil de ácidos graxos da dieta. Portanto, os teores de ácidos graxos dos peixes, refletem a composição de ácidos graxos da dieta consumida (Caballero et al., 2002; Martino et al., 2002; Noffs et al., 2009).

A inclusão de óleos vegetais e a consequente alteração na relação n6/n3 podem levar a variações no metabolismo lipídico dos peixes, alterando a atividade enzimática (Tan et al., 2009). A inclusão de óleos vegetais (soja e linhaça) em dietas para a dourada (*Sparus aurata*) promoveu a diminuição da atividade hepática de enzimas ligadas a lipogênese, seguidas pela maior atividade das enzimas relacionadas à utilização de ácidos graxos como energia (Menoyo et al., 2004).

O conhecimento em relação à influência de AGAI sobre o sistema imune de peixes ainda é pequena (Montero et al., 2003), porém o atendimento às exigências em AGE da dieta devem ser atendidos para não afetar a produção de ecosanoides (Sargent et al., 2002). O não atendimento às exigências em AGE pode afetar a saúde e resistência ao estresse dos peixes (Montero et al., 2003; Mourente et al., 2005).

A substituição de 60% de óleo de peixe por óleos vegetais (soja, linhaça e colza) por 101 dias em dietas para dourada (*Spartus aurata*), não promoveu depressão da resposta imune em comparação com as dietas com 100% de óleo de peixe. Porém o arraçoamento por períodos prolongados (204 dias) com dietas contendo óleo de colza e de soja afeta as respostas imunes do peixe, em relação à dieta com óleo de peixe, afetando a atividade fagocítica dos macrófagos do rim cefálico (Montero et al., 2003). Segundo os mesmos autores, tal fato pode ser devido ao desequilíbrio entre as proporções de ácidos graxos da membrana celular, influenciando as propriedades físicas da membrana e, portanto, a atividade fagocítica de macrófagos.

O aumento nos teores de 18:3n3 na dieta de juvenis de garoupa (*Epinephelus malabaricus*) aumenta a atividade fagocítica dos macrófagos, melhorando a resposta imune não específica desses animais (Wu e Chen, 2012). A inclusão de fontes lipídicas vegetais e a consequente alteração no perfil lipídico de uma dieta pode alterar a resistência dos animais a patologias.

Lambari-do-rabo-amarelo

Dentro dos Characiformes, o gênero *Astyanax* é muito comum e diversificado, sendo facilmente encontrado em águas continentais brasileiras (Garutti e Britisk, 2000; Garutti, 2003; Suzuki & Orsi, 2008). Os peixes do gênero *Astyanax* são muito conhecidos e apreciados por pescadores, possuindo uma infinidade de nomes populares, tais como: lambari, tabuão, tambiuí, piaba, piabinha, matupiris, mojarra, entre outras. Antigamente considerada uma espécie invasora em viveiros de piscicultura, hoje, o lambari tem recebido destaque na aquicultura brasileira (Abmorad e Castellani, 2011).

A criação de lambari representa uma alternativa de geração de renda para os piscicultores (Silva et al., 2011), uma vez que este peixe tem grande aceitação como

alimento, principalmente na forma de tira-gosto. A possibilidade da produção de lambaris em conserva na forma de enlatado amplia seu mercado consumidor (Garutti, 2003). Em algumas regiões do país, como no pantanal mato-grossense, este peixe ainda é utilizado para a produção de óleo para consumo humano (Garutti, 2003).

Os lambaris têm sido descritos como peixes de crescimento precoce, alta prolificidade e ciclo de produção curto (Cotan et al., 2006). Com relação as exigências nutricionais dos lambaris, Salaro et al. (2008), verificaram que as exigências do lambari-do-rabo-vermelho (*Astyanax faciatus*) são atendidas com 26% PB e 3100 kcal/kg de ED. Cotan et al. (2006) afirmam que a exigência de energia digestível (ED) para o lambari tambuí (*Astyanax bimaculatus*) é de 2.900 kcal/kg para rações com 32 e 38% de proteína bruta (PB). As exigências em aminoácidos essenciais estimadas para o lambari (*Astyanax altiparanae*), espécie em estudo, são similares às de outras espécies de peixes (Abmorad e Castellani, 2011). Entretanto, ainda torna-se necessário o aprimoramento de estudos sobre aspectos reprodutivos, exigências nutricionais e controle de enfermidades (Cotan et al., 2006; Silva et al., 2011).

Com relação ao manejo desses animais, também poucas informações são encontradas na literatura, e, portanto, são utilizados diferentes manejos e formas de criação, que muitas vezes são adaptações de técnicas das utilizadas para outras espécies (Silva et al., 2011). Assim, Hayashi et al., (2004) observaram o melhor desempenho no cultivo de alevinos de lambari (*Astyanax bimaculatus*) com quatro arraçoamentos diários, a uma temperatura média de 25,5°C. O desenvolvimento de juvenis de lambari é afetado pela densidade de estocagem, sendo que a densidade de estocagem que proporciona maior ganho em biomassa dos juvenis de *Astyanax bimaculatus* criados em tanques-rede é de 124 peixes/m³ (Vilela e Hayashi, 2001).

Dentre os lambaris uma espécie que tem recebido destaque é o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) classificado anteriormente como *Astyanax bimaculatus*, tem despontado como atividade promissora no ponto de vista econômico e ecológico, despertando o interesse da comunidade científica e dos produtores de peixes (Garutti, 2003).

O lambari-do-rabo-amarelo é uma espécie de pequeno porte, com até 15 cm de comprimento e 60 gramas de peso vivo, hábito alimentar onívoro e rápido crescimento, atingindo a maturidade sexual, em cativeiro, com cerca de quatro meses (Porto-Foresti et al., 2010). Tais características promissoras, aliadas a fácil produção de alevinos torna a criação do lambari uma atrativa opção aos piscicultores (Gonçalves et al., 2012).

Em sistemas de criação, as fêmeas apresentam melhor desempenho produtivo em relação aos machos (Miranda et al., 2010), onde as fêmeas são maiores e de corpo mais arredondado (Porto-Foresti et al., 2010). Durante a época da reprodução, assim como diversas espécies do gênero *Astyanax*, o lambari-do-rabo-amarelo possui dimorfismo sexual aparente, onde as fêmeas apresentam o ventre abaulado pela grande produção de ovários e com forte irrigação por vasos sanguíneos na região ventral (Porto-Foresti et al., 2010) e os machos geralmente são menores e, na época da reprodução, apresentam espículas ásperas na nadadeira anal (Garutti, 2003; Porto-Foresti et al., 2010). Tais características permitem a sexagem manual dos lambaris, durante rotinas de manejo do lambaricultivo.

Portanto, com essa pesquisa objetivou-se avaliar o efeito de diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça e compará-los com a dieta contendo óleo de peixe sobre os parâmetros de desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça de fêmeas de lambaris-do-rabo-amarelo. Assim, o presente estudo será redigido com bases nas normas para publicação da revista *Aquaculture*.

Referências bibliográficas

- ABMORAD, E.G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o Lambari-do-rabo-amarelo baseada na composição da carcaça e do músculo. **Boletim do instituto de Pesca**, v.37 (1), p.31-38, 2011
- ASDARI, R.; ALIYUI-PAIKO, M.; HASHIM, R., RAMACHADRAN, S. effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. **Aquaculture nutrition**, v. 17 p. 44-53, 2011
- BELL, J.G., HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R., MCGHEE, F., DICK, J.R., PORTER, A., SMULLEN, R., SARGENT, J.R.,. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue fatty acid compositions and hepatic fatty acid metabolism. **The Journal of Nutrition**. v.132, p. 222–230. 2002
- BELL, J. G., F. MCGHEE, P. J. CAMPBELL, AND J. R. SARGENT. Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil “wash out.” **Aquaculture** v. 218. p.515–528. 2003
- BELL, J. G., F. MCGHEE, J. R. DICK, AND D. R. TOCHER.. Dioxin and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in Scottish farmed salmon (*Salmo salar*): effects of replacement of dietary marine fish oil with vegetable oils. **Aquaculture** v. 243. p.305–314. 2005
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogátricos**.Lavras, MG, Editora UFLA, 2006
- BOURAOUI, L.; SÁNCHEZ-GURMACHES, J.; CRUZ-GARCIA, L.; GUTIÉRREZ, J.; BENEDITO-PALOS, L. PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; NAVARRO, I. Effect of dietary fish meal and fish oil replacement on lipogenic and lipoprotein lipase activities and plasma insulin in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) **Aquaculture Nutrition** v.17(1), p.54–63, 2011
- BRUCE, M., OYEN, F., BELL, G., ASTURIANO, J.F., FARNDAL, B., CARRILLO, M., ZANUY, S., RAMOS, J.; BROMAGE, N. Development of broodstock diets for the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) with special emphasis on the importance of n-3 and n-6 highly unsaturated fatty acid to reproductive performance. **Aquaculture**, v.177, p.85–97. 1999
- BUREAU, D.P., KAUSHIK, S.J., CHO, C.Y.. **Bioenergetics**. in: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), Fish Nutrition, Third Edition. Academic Press, Elsevier Science USA, New York, pp. 1-59, 2002.
- CABALLERO, M. J., A. OBACH, G. ROSENLUND, D. MONTERO, M. GISVOLD, AND M. S. IZQUIERDO. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture** v.214.p.253–271.2002
- CEJAS, J.R., ALMANSA, E., VILLAMANDOS, J.E., BADÍA, P., BOLAÑOS, A., LORENZO, A., Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and

- ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus sargus*). **Aquaculture** v.216, p.299–313.2003
- CONNOR, W.E. Importance of n3 fatty acids in health and disease. **The American Journal of clinical nutrition**, 71, 171s-175s, 2000
- COTAN, J.L.V., LANNA, E.A.T., BOMFIM, M.A.D., DONZELE, J.L., RIBEIRO, F.B.; SERAFINI, M.A. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.634-640, 2006.
- FELIPE, T.R.A. **Fontes de lipídios para juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*)** dissertação (Mestrado). Viçosa, 2009
- FURUITA, H.; TAKANA, H.; YAMAMOTO, T.; SHIRAISHI, M.; TAKEUCHI, T. Effects of n3 HUFA levels in broodstock diet on the reproductive performance and egg and larval quality of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* **Aquaculture** v. 187 p.387–398, 2000
- FURUITA, H.; TAKANA, H.; YAMAMOTO, T.; SUZUKI, N.; TAKEUCHI, T. Effects of high levels of n3 HUFA in broodstock diet on egg quality and egg fatty acid composition of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture** v.210 p.323–333, 2002
- GARCIA, A.S; GONÇALVES, L.U.; CAVALLI, R.O.; VIEGAS, E.M.M. **Lipídios in: Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.** FRACALOSSO, D.M; EURICO, J. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. 375 p.
- 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**, v.13, p.65-88, 2000.
- GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica.** São Paulo, SP, Editora UNESP, 2003, 330p
- GLENCROSS, B.D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v.1, p.71–124. 2009
- GONÇALVES, L.U.; PARISI, J.; BONELLI, A.; SUSSEL, F.R.; VIEGAS, E.M.M. The fatty acid compositions of total, neutral and polar lipids in wild and farmed lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti & Britski, 2000) broodstock. **Aquaculture Research**, p.1–9, 2012
- GUNSTONE, F.D. The World's Oils and Fats in: TURCHINI, G.M.; NG, W.K.; TOCHER, D.R., **Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds**, Boca Raton: CRC Press, 2010
- GRAEFF, A.; TOMAZELLI, A. Fontes e níveis de óleos na alimentação de carpa comum (*Cyprinus carpio*.) Na fase de crescimento, **Ciências. agrotécnicas.**, v. 31, n. 5, p. 1545-1551, 2007

- HAMRE, K., Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish. **Aquaculture Nutrition** v.17,p. 98–115. 2011
- HAYASHI, C., MEURER, F., BOSCOLO, W.R., LACERDA, C.H.F. & KAVATA, L.C.B. Freqüência de Arraçamento para Alevinos de Lambari do Rabo-Amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.21-26.2004
- HENDERSON, R.J. & TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry fish. **Progress in Lipid Research**, v.26, p.281-347.1987
- HUANG, C.H., CHANG, R.J., HUANG, S.L., CHEN, W., Dietary vitamin E supplementation affects lipid peroxidation of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.134B, p.265–270. 2003
- IKEDA, A.K. ; ZUANON, J.A.S. ; SALARO, A.L.; FREITAS, M.B.D.; PONTES, M.D.; SOUZA, L.S.; SANTOS, M.V. Vegetable oil sources in diets for freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*, Cichlidae): growth and thermal tolerance. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia** v.63, n.3, p.670-677, 2011
- IZQUIERDO, M. S., A. TANDLER, M. SALHI, AND S. KOLKOVSKI. Influence of dietary polar lipids' quantity and quality on ingestion and assimilation of labeled fatty acids by larval gilthead seabream. **Aquaculture Nutrition** v.7p.153–160.2001
- LI, Y.; CHEN, W.Z.; SUN, Z.W.; CHEN, J.H.; WU, K.G. Effects of n-3 HUFA content in broodstock diet on spawning performance and fatty acid composition of eggs and larvae in *Plectorhynchus cinctus*. **Aquaculture** v.245 p.263– 272, 2005
- LI, Y., MONROIG, O., ZHANG, L., WANG, S., ZHENG, X., DICK, J.R., YOU, C., TOCHER, D.R., Vertebrate fatty acyl desaturase with $\Delta 4$ activity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** v.107, p.16840–16845, 2010
- LING, S., M.-K. KUAH, T. S. TENGGU MUHAMMAD, S. KOLKOVSKI, AND A. C. SHU-CHIEN. Effect of dietary HUFA on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs in female swordtail *Xiphophorus helleri*. **Aquaculture** v.261p.204–214.2006
- 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**, v. 209, n. 1-4, 235-248, 2002
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P. ; PORTZ, L. ; TRUGO, L. C. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels **Aquaculture Nutrition** v.11 p.131–137, 2005
- MASUDA R **The critical role of docosahexaenoic acid in marine and terrestrial ecosystems: from bacteria to human behaviour. The big fish bang.** In: Browman HI, Skiftesvik AB (eds) Proceedings of the 26th annual larval fish conference. Published by the Institute of Marine Research, Postboks 1870 Nordnes, N- 5817, Bergen, Norway., 2003

- MATSUSHITA, M.; JUSTI, K.C.; PADRE, R.G.; MILINSK, M.C.; HAYASHI, C.; GOMES, S.T.M.; VISENTAINER, V.J.; SOUZA, N.E. Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings **Acta Scenarium** v. 28, n. 2, p. 125-131, 2006
- MCGOOGAN, B.B.; GATLIN III, D.M. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus* II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. **Aquaculture** v.182. p.271–285.
- MENOYO, D., IZQUIERDO, M.S., ROBAINA, L., GINES, R., LOPEZ-BOTE, C.J. & BAUTISTA, J.M. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soyabean oils. **British Journal of Nutrition**, v.92, p.41–52.2004
- MIRANDA, L. T. V. ; MOREIRA, D. M. V. ; CAMPELO, D. A. V. ; PONTES, M. D. ; OLIVEIRA JUNIOR, J. C. ; ZUANON, J. A. S. ; SALARO, A. L. . **Produção de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*) em diferentes proporções de machos e fêmeas**. In: IV Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura, 2010, Recife. IV Congresso da Sociedade Brasileira de aquicultura, 2010.
- MONROIG, O.; LI, Y.; TOCHER, D.R. Delta-8 desaturation activity varies among fatty acyl desaturases of teleost fish: High activity in delta-6 desaturases of marine species **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**. v.159, p.206–213, 2011
- MONTERO, D.; KALINOWSKIA, T.; OBACH, A.; ROBAINA, L.; TORT, L.; CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health **Aquaculture** v.225p.353–370, 2003
- MOURA, G.S.; OLIVEIRA, M.G.A.; LANNA, E.T.A.; MACIEL JÚNIOR, A.; MACIEL, C.M.R.R. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nylo submetidas a diferentes temperaturas **Pesquisa agropecuária brasileira** v.42, n.11, p.1609-1615, 2007
- MOURENTE, G., J. E. GOOD, AND J. G. BELL. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and F2 α , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Aquaculture Nutrition**v.11:p.25–40. 2005.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2010-2011**, 2012
- NG, W.-K., P.-K. LIM,; P.-L. BOEY. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle α -tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture**v.215:p.229–243.2003
- NG, W.K.;WANG, Y.Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish feddiets with added fish oil or linseed oil**Aquaculture**v.314 p.122–131 2011

- NG, W.K.; CHONG, C.Y.; WANG, Y. ROMANO, N. Effects of dietary fish and vegetable oils on the growth, tissue fatty acid composition, oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and efficacy of using fish oil finishing diets **Aquaculture** v.372–375, p.97–110, 2013
- NOFFS, M. D., R. C. MARTINO, L. C. TRUGO, E. C. URBINATI, J. B. K. FERNANDES, AND L. S. TAKAHASHI. Dietary fish oil replacement with lard and soybean oil affects triacylglycerol and phospholipid muscle and liver docosahexaenoic acid content but not in the brain and eyes of surubim juveniles *Pseudoplatystoma sp.* **Fish Physiology and Biochemistry** v.35 p.399–412.2009
- NORAMBUENA, F.; MORAIS,S.; ESTÉVEZ, A.; BELL, J.G.; TOCHER, D.R.; NAVARRO, J.C.; CERDÀ, J.; DUNCAN, N.; Dietary modulation of arachidonic acid metabolism in senegalese sole (*Solea Senegalensis*) broodstock reared in captivity. **Aquaculture** v.372–375 p.80–88, 2013
- OLSEN, Y. HENDERSON, R.J.; RINGO, E. The digestion and selective absorption of dietary fatty acids in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* **Aquaculture Nutrition** v.4; p. 13–21, 1998
- OZOGUL, Y.; OZYURT, G.; OZOGUL, F.; KULEY, E.; POLAT, A. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods **Food Chemistry** v.92 p.745–751, 2005
- PASTORE, S.C.G.; GAIOTTO, J.R.; RIBEIRO, F.A.S.; NUNES, A.J.P. **Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes** in: Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. FRACALOSSI, D.M.; EURICO, J. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. 375 p.
- PENG, S.; CHEN, L.; QIN, J.G.; HOU, J.; YU, N.; LONG, Z.; YE, J.; SUN, X. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii* **Aquaculture** v.276 p.154–161, 2008
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutrição em peixes.** In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva et al., tecart, São Paulo, SP, 2004. 533p
- PORTO-FORESTI, F., CASTILHO-ALMEIDA, R.B., SENHORINI, J.A.; FORESTI, F. **Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*).** In: Espécies nativas para piscicultura no Brasil. (Baldisserotto, B., Gomes, L.C. ed), 2 ed, pp 101-115. UFSM, Santa Maria, RS, 2010
- REGOST, C., J. ARZEL, J. ROBIN, G. ROSENLUND, AND S. J. KAUSHIK. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*): Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. **Aquaculture** 217:465–482. 2003.
- 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-**

- rabo-vermelho, *Astyanax fasciatus***. In: Tópicos especiais em biologia aquática e aqüicultura II, cap.7, pp 87-93. Aquaciência, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Jaboticabal, SP., 2008
- SARGENT, J.R., TOCHER, D.R.; BELL, J.G. **The lipids**. In: Fish Nutrition. (Halver, J. E., ed.), 3 ed, pp 181–257, cap 4. Acadêmico Inc. Press, San Diego, CA, EUA., 2002
- SEIXAS FILHO, J. T.; OLIVEIRA M. G. A.; DONZELE.; J. L.; GOMIDE, A. T. M. e MENIN E. Avaliação da atividade de amilase em quimo de três espécies tropicais de peixes teleostei. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5 , p. 907-913. 1999
- SILVA, N.J.R.; LOPES, M.C.; FERNANDES, J.B.K.; HENRIQUES, M.B. Caracterização dos sistemas de criação e da cadeia produtiva do lambari no estado de são paulo, brasil **Informações Econômicas** v. 41, n. 9, 2011.
- SILVA JÚNIOR, R.F.; NOVA, W.V.; FARIAS, J.L.; COSTA-BOMFIM, C.N.; TESSER, M.B.; DRUZIAN, J.I.; CORREIA, E.S.; CAVALLI, R.O. Substituição do óleo de peixe por óleo de soja em dietas para beijupirá (*Rachycentron canadum*) **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.63, n.4, p.980-987, 2011
- SPRECHER, H., Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. **Biochimica et Biophysica Acta**v.1486, p.219–231.2000
- STOTTRUP, J.G.; JACOBSEN, C.; TOMKIEWICZ, J.; JARLBAEK, H. Modification of essential fatty acid composition in broodstock of cultured European eel *Anguilla anguilla* L. **Aquaculture nutrition**, DOI: 10.1111/j.1365-2095.2012.00967.x , 2012
- SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L.H. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.28, p.101-110. 2002
- 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.- 4. ed. rev. e ampl.. - Campinas: NEPAUNICAMP, 2011.161 p.
- 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
- TAVARES, M.M. **Fontes de óleos vegetais em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*): desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos**. Dissertação (Mestrado) Viçosa MG, 2011

- THOMPSON, K.D.; TATNER, M.F.; HENDERSON, R.J. Effects of dietary (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acid ratio on the immune response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Aquaculture Nutrition** v.2 (1), p 21–31, 1996
- TOCHER, D.R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.11, p.107-184, 2003
- TOCHER, D.R., Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research** v.41, p.717–732. 2010.
- TOCHER, D.R., ZHENG, X., SCHLECHTRIEM, C., HASTINGS, N., DICK, J.R., TEALE, A.J., Highly unsaturated fatty acid synthesis in marine fish: cloning, functional characterisation, and nutritional regulation of fatty acyl $\Delta 6$ desaturase of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). **Lipids** 41, 1003–1016, 2006.
- TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; NG, W.K. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**, v.1, 10-57, 2009
- TURCHINI, G.M.; NG, W.K.; TOCHER, D.R., **Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds**, Boca Raton: CRC Press, 2010
- 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, 2001
- WANG, X., STOCCO, D.M. The decline in testosterone biosynthesis during male aging: a consequence of multiple alterations. **Molecular and Cellular Endocrinology** v. 238,p. 1–7. 2005
- WATANABE, T.; VASSALLO-AGIUS, R. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan, **Aquaculture** v.227.p.35–61. 2003
- WEBSTER, C.D.; LIM, C. **Introduction to Fish Nutrition**. In: WEBSTER, C.D.; LIM, C. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture, CABI Publ, New York, 2002
- WU, F.C.; CHEN, H.Y. Effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth, tissue fatty acid profile and immune response of the juvenile grouper *Epinephelus malabaricus* **Aquaculture** v.324–325p.111–117. 2012
- 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. **Biochemistry and Molecular Biology**, v.154, p.255-263.2009

CAPITULO 1

Relação de ácidos graxos n6/n3 em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*)

Resumo: Com o presente estudo objetivou-se avaliar o efeito de diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça e compará-los com a dieta contendo óleo de peixe sobre os parâmetros de desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça de fêmeas de lambaris-do-rabo-amarelo. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos: seis proporções entre os óleos de soja e linhaça (60/0; 48/12; 36/24; 24/36; 12/48 e 0/60 de óleos de soja/linhaça) e um tratamento controle com óleo de peixe, com cinco repetições. Os maiores teores de ácidos graxos 14:0, 16:1 foram encontrados na carcaça dos peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe. O ácido graxo 18:3n3 apresentou maior concentração na carcaça dos animais que receberam dietas com os maiores proporções de óleo de linhaça. O mesmo padrão foi observado para o somatório de ácidos graxos da serie n3. Para o somatório de ácidos graxos polinsaturados os menores teores foram encontrados na carcaça dos animais alimentados com os níveis de 48 e 60 g de óleo de linhaça /kg dieta, assim como na carcaça dos animais alimentados com dietas contendo somente óleo de peixe. Os maiores valores na relação n6/n3 foram encontrados na carcaça dos peixes que receberam dietas contendo os menores níveis de óleo de linhaça (0 e 12 g de óleo de linhaça /kg dieta). Observou-se efeito da substituição do óleo de linhaça pelo óleo de soja apenas para o rendimento de carcaça e perfil de ácidos graxos. Observou-se efeito quadrático com o valor máximo estimado de 35,85 g de óleo de linhaça /kg dieta para rendimento de carcaça. Para o ácido graxo 18:3n3, somatório de n3, relação n6/n3 foram estimados os valores de 43,39, 41,57 e de 38,39 g de óleo de linhaça/kg dieta, respectivamente. Embora, os valores do ácido graxo 18:3n3, somatório de n3, relação n6/n3 sejam superiores ao nível estimado de 35,85 g/kg dieta de óleo de linhaça, indica-se a suplementação deste valor em rações para essa espécie em função do melhor rendimento de carcaça dos peixes aliado a superior deposição de ácidos graxos da série n3 na carcaça dos animais, quando comparados com os peixes alimentados com óleo de peixe.

Palavras chaves: ácidos graxos essenciais, n3, n6, ácidos graxos altamente insaturados, desempenho produtivo,

Ratio n6/n3 fatty acids in diets for lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*).

Abstract: The present study aimed to evaluate the effect of different proportions of soy and linseed oil and compare them with the diet containing fish oil on the performance parameters, chemical composition and fatty acid profile of the carcass of female the lambaris-do-rabo-amarelo. We used a completely randomized design with seven treatments: six ratios between soybean and linseed oils (60/0, 48/12, 36/24, 24/36, 12/48 and 0/60 soybean/linseed oil), and a control treatment with fish oil, with five replicates. The highest levels of fatty acids 14:0, 16:1 were found in the carcass of fish fed diets containing fish oil. The fatty acid 18:3 n3 showed a higher concentration in the carcass of fish that were fed diets with higher proportions of linseed oil. The same pattern was observed for the sum of n3 fatty acids of the series. For the sum of polyunsaturated fatty acids, the lowest levels were found in carcasses of animals fed with levels of 48 and 60 g linseed oil/kg diet, as well as the carcasses of animals fed diets containing only fish oil. The highest values were found in the ratio n6/n3 carcass of fish fed diets containing lower levels of linseed oil (0 and 12 g linseed oil/kg diet). The effect of replacing linseed oil by soybean oil was only observed for carcass yield and fatty acid profile. A quadratic effect was observed with the maximum value of 35.85 g of linseed oil/kg diet for carcass yield. For the fatty acid 18:3 n3, sum of n3, n6/n3 ratio values of 43.39, 41.57 and 38.39 g of linseed oil/kg diet, respectively, were estimated. Although the values of the fatty acid 18:3 n3, sum of n3 ratio n6/n3 outweigh the estimated level of 35.85 g/kg diet of flaxseed oil, the value of this supplementation in diets for this species is indicated with regard to the better function carcass yield of fish coupled with the higher deposition of series n3 fatty acids in the carcass of the animals, when compared to those fed fish oil.

Keywords: essential fatty acids, n3, n6, highly unsaturated fatty acids, productive performance

Introdução

O crescimento no consumo de pescado promoveu maior demanda por ingredientes para fomentar a aquicultura (Turchini et al., 2010), que tradicionalmente utilizam a farinha e o óleo de peixe (Bell et al, 2002; 2005) na confecção das dietas para organismos aquáticos, fazendo com que esta atividade consuma grande parte da produção global de tais produtos (Caballero et al., 2002; Turchini et al., 2010). No entanto, atualmente a sustentabilidade dos recursos pesqueiros utilizados para a produção de farinha e óleo de peixe, bem como as oscilações na composição, preço e oferta de tais produtos, têm sido ponto de discussão mundial (Turchini et al., 2010). Tal cenário tem levado à busca por fontes alternativas ao óleo de peixe (Bell et al., 2002), no intuito de manter a sustentabilidade econômica e ambiental da aquicultura (Asdari et al., 2011).

Diversos óleos vegetais têm sido testados e, em geral, apresentado viabilidade no uso como substitutos do óleo de peixe em dietas para organismos aquáticos. (Caballero et al., 2002; Sargent et al., 2002; Montero et al., 2003; Mourente et al., 2005; Turchini, 2009). A busca por esta alternativa deve considerar o atendimento das exigências nutricionais dos peixes, além de ter preço competitivo e disponibilidade local para ser utilizada em larga escala por empresas do setor de rações aquícolas.

Dentre as fontes lipídicas vegetais, o óleo de soja tem grande utilização em rações para organismos aquáticos (Pastore et al., 2012), em função da produção em larga escala e seu preço competitivo, além da disponibilidade no mercado nacional e mundial. Este óleo é rico em ácidos graxos polinsaturados da série n6, principalmente o 18:2n6, representando 51,00 % do total de ácidos graxos deste óleo (TACO, 2011). Entretanto, o óleo de soja, como a maioria dos óleos vegetais é pobre em ácidos graxos da série n3 (Caballero et al., 2002). Já o óleo de linhaça, diferentemente dos outros

óleos vegetais e animais apresenta elevado teor de 18:3n3, com níveis acima de 50,00% dos ácidos graxos totais (Bell et al., 2003; Ng e Wang, 2011). Devido a sua composição de ácidos graxos o óleo de linhaça apresenta grande potencial para a utilização em rações para organismos aquáticos, sendo uma importante fonte de ácidos graxos da série n3 para espécies de peixes com capacidade de síntese de ácidos graxos altamente insaturados (AGAI) (Bell et al., 2003). Na tentativa de se obter um perfil de ácidos graxos ideal para os peixes, uma opção seria a utilização de uma mistura entre óleos de soja e linhaça, em substituição ao óleo de peixe.

Os ácidos graxos linoleico (18:2n6) e linolênico (18:3n3) não são sintetizados pelos vertebrados, uma vez que estes não possuem as enzimas $\Delta 12$ e $\Delta 15$, responsáveis pela síntese dos ácidos graxos 18:2n6 e 18:3n3 (Tocher et al., 2006), sendo assim, necessário seu fornecimento via dieta. (Glencross, 2009; Turchini, 2009). Uma vez suplementados na dieta, os mamíferos e algumas espécies de peixe, principalmente de água doce podem sintetizar o ácido araquidônico (ARA ou 20:4n-6), a partir do 18:2n6 e o eicosapentaenóico (EPA ou 20:5n-3) e o docosahexaenóico (DHA ou 22:6n-3), a partir do 18:3n3 (Tapiero et al., 2002; Norambuena et al., 2013). A síntese do ARA, EPA e DHA é realizada por reações de dessaturação e alongamento, onde neste processo tanto a formação do ARA e do EPA são dependentes da mesma enzima, $\Delta 6$ dessaturase (Tocher, 2003, 2010), Portanto para que não ocorra a predominância de formação de um ácido graxo em detrimento do outro, deve-se fornecer quantidades adequadas dos ácidos graxos precursores da série n3 e n6, através de uma correta relação n6/n3 na dieta.

Os ácidos graxos essenciais biologicamente ativos são o ARA, EPA e DHA, conhecidos como AGAI, os quais desempenham uma série de funções fundamentais no organismo (Sargent et al., 2002), tendo influencia na resistência a doenças, crescimento

e reprodução (Izquierdo et al., 2001; Cejas et al., 2003; Montero et al., 2003; Tocher, 2003; Watanabe e Vassallo-Agius, 2003; Ling et al., 2006; Norambuena et al., 2013).

O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), espécie onívora de rápido crescimento, alta prolificidade, ciclo curto de produção, atingindo a maturidade sexual, em cativeiro, com cerca de quatro meses (Garutti, 2003; Porto-Foresti et al., 2010; Gonçalves et al., 2012), aliado ao pequeno porte, com até 15 cm de comprimento e 60 gramas de peso vivo (Porto-Foresti et al., 2010) pode permitir seu uso como modelos experimental (Gonçalves et al., 2012).

Com essa pesquisa objetivou-se avaliar o efeito de diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça e compará-los com a dieta contendo óleo de peixe sobre os parametros de desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça de fêmeas de lambaris-do-rabo-amarelo.

Material e métodos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética para uso de Animais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, processo nº 20/2011.

Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiam em dietas com a inclusão de 60 g/kg de dieta de diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça e uma dieta controle com a inclusão de 60 g/kg de dieta óleo de peixe.

Unidades experimentais

Foram utilizados 35 aquários circulares de polietileno (0,73x0,41m/diâmetro x altura), com 60 litros de água em sistema de recirculação, com vazão de 1 litro/min, dotado de sistema de filtragem física, biológica e esterilização ultravioleta. Cada aquário foi considerado uma unidade experimental. Os aquários constavam de sistema de aeração constante por pedras porosas ligadas a um aerador central e temperatura controlada por meio de aquecedores e termostatos. Em cada aquário foram colocados dois refúgios para minimizar brigas entre os animais: Um do tipo “kakaban”, utilizando linhas de nylon e isopor como boia, e um refúgio de fundo, feito com semicírculo de cano de PVC de 100 mm de diâmetro. Os aquários foram cobertos com tela de nylon branca (2 mm) para evitar a fuga dos peixes. O laboratório foi mantido em fotoperíodo de 12 horas.

Os aquários foram sifonados semanalmente com troca de 50%, para a retirada de fezes e renovação da água. Durante todo o período, a temperatura da água foi mantida

em $27,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, o oxigênio dissolvido entre 6,5 a 7,5mg/L, o pH entre 6,5 a 6,8 e a amônia em 0,00 a 0,03 mg/L.

Peixes

Os lambaris-do-rabo-amarelo utilizados neste estudo eram provenientes de viveiros do Setor de Piscicultura do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (DBA/UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Os peixes foram aclimatados em aquários circulares de polietileno, com 1000 litros de água, aeração constante e temperatura controlada em 27°C no laboratório de reprodução de peixes por um período de 15 dias, recebendo ração comercial (320 g proteína bruta /kg e 4000 kcal de energia bruta/kg). Após este período, os peixes foram sexados manualmente, de acordo com a aspereza da nadadeira anal (Garutti, 2003), selecionados pelo peso ($4,87 \pm 0,63$ g de peso vivo) e distribuídos nas unidades experimentais, com 27 peixes por aquário.

Dietas experimentais

Foram formuladas sete dietas isoproteicas e isoenergéticas (320 g proteína bruta /kg e 4310 kcal de energia bruta/kg) com a inclusão de 60 g/kg de dieta de diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça (60/0; 48/12; 36/24; 24/36; 12/48; 0/60 óleo de soja/linhaça), e uma dieta controle, com a inclusão de 60 g óleo de peixe /kg de dieta. As dietas-teste foram peletizadas, secas em estufa de ventilação forçada, a 50°C por 24 horas, trituradas em moinho manual e peneiradas para obter peletes de 1,0mm. Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente nos horários de 08:00; 11:00; 14:00; 17:00, por um período de 90 dias.

Amostras das dietas-teste foram selecionadas para análise da composição bromatológica (Tabela 1). Para determinação do teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), umidade (UMD) e cinzas (CZ) de acordo com protocolo descrito por Detmann et al. (2012). O teor de carboidratos (CHO), foi obtido pela diferença entre o total de amostra e os demais nutrientes calculados (Kasai et al., 2011) e a energia bruta (EB) foi calculada pela Formula: $EB = (CHO * 4,1 + PB * 5,65 + EE * 9,45)$ (Argyropolou et al., 1992).

As análises de determinação da composição de ácidos graxos das dietas experimentais (tabela 2) foram realizadas no Laboratório de Análises Laboratoriais - CBO, Campinas, São Paulo, Brasil. Os lipídios foram submetidos a saponificação com KOH (50%), esterificados com trifluoreto de boro em metanol (7%) e 10% de benzeno e submetidos a refluxo (80°C) e então extraídos com éter etílico. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGS) foram analisados através de um cromatógrafo a gás (SHIMADZU, modelo GC15-A), equipado com um detector de chama ionizado e uma coluna capilar de sílica fundida (OMEGAWAX, 320 x 30 m x 0,32mm). Os EMAGS foram identificados através de um integrador (SHIMADZU, modelo CR-8A). O hidrogênio foi utilizado como gás transportador com vazão de 40 mL min⁻¹. Temperaturas do injetor e detector foram programadas para 240 e 250 °C, respectivamente.

Análise de desempenho produtivo

Ao final do experimento todos os peixes de cada unidade experimental foram contados e pesados, para avaliação dos seguintes parâmetros zootécnicos: taxa de sobrevivência ($TS=100*(n^\circ \text{ de peixes final})/(n^\circ \text{ de peixes inicial})$), ganho de peso ($GP=(\text{Peso medio final})/(\text{Peso medio inicial})$), taxa de crescimento específico

($TCE=100*(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})/\text{tempo de experimento}$), consumo de ração ($CR=\text{Ração ofertada}/n^\circ \text{ de peixes}$) e conversão alimentar ($CA=\text{consumo de ração}/\text{ganho de peso}$). Em seguida, os animais foram eutanasiados em solução de benzocaína (100 mg/L) (Gimbo et al., 2008) posteriormente eviscerados, descamados e pesados, para avaliação do rendimento de carcaça ($RC = \text{Peso medio da carcaça}/ \text{Peso medio final}$). Foi considerado carcaça o peixe esvicerado e escamado.

Composição corporal

Amostras das carcaças foram selecionadas para determinação do teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria seca (MS) e cinzas (CZ) de acordo com protocolo descrito por Detmann et al. (2012).

Análise de composição de ácidos graxos na carcaça

As análises para a determinação da composição de ácidos graxos da carcaça foi realizada no Laboratório de Análises Laboratoriais - CBO, Campinas, São Paulo, Brasil, Campinas, São Paulo, Brasil. As carcaças foram liofilizadas e encaminhadas para a determinação da composição de ácidos graxos. Os lipídios extraídos foram submetidos a saponificação com KOH (50%), esterificados com trifluoreto de boro em metanol (7%) e 10% de benzeno e submetidos a refluxo (80°C) e então extraídos com éter etílico. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGS) foram analisados através de um cromatógrafo a gás (SHIMADZU, modelo GC15-A), equipado com um detector de chama ionizado e uma coluna capilar de sílica fundida (OMEGAWAX, 320 x 30 m x 0,32mm). Os EMAGS foram identificados através de um integrador (SHIMADZU, modelo CR-8A). O hidrogênio foi utilizado como gás transportador com vazão de 40

mL min⁻¹. Temperaturas do injetor e detector foram programadas para 240 e 250 °C, respectivamente.

Análise estatística

Para a comparação do efeito entre a dieta confeccionada a base de óleo de peixe com as dietas contendo diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça sobre desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% significância, e em caso de diferença significativa foi realizado o teste Dunnett (5% significância). Para avaliar o efeito das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% significância, e em caso de diferença significativa foi realizada análise de regressão e/ou *Linear Response Plateau* (LRP). Para escolha do modelo de regressão mais adequado foi considerado a significância dos coeficientes de regressão, a magnitude dos coeficientes de determinação bem como o comportamento das variáveis em estudo. Para realização das análises estatísticas deste parâmetro utilizou-se o programa de análise estatística SAEG 9.1.

Resultados

Desempenho produtivo

Na avaliação do efeito entre a dieta confeccionada a base de óleo de peixe com as dietas contendo diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça não foi observada influência ($p > 0,05$) sobre os parâmetros de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), taxa de sobrevivência (TS), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e rendimento de carcaça (RC) (Tabela 3).

Na avaliação das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaçanas dietas, observou-se apenas a influência dos níveis de óleo de linhaça no rendimento de carcaça (RC) dos peixes, onde o teor de óleo de linhaça que maximiza o rendimento de carcaça foi de 35,85g/kg dieta (Tabela 4).

Composição corporal

A substituição do óleo de peixe pelos diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça nas dietas, assim como o efeito das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaçanas dietas não afetaram ($p > 0,05$) os parâmetros de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas (CZ) da carcaça dos animais (Tabela 5).

Perfil de ácidos graxos na carcaça

Na avaliação do efeito entre a dieta confeccionada a base de óleo de peixe com as dietas contendo diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça foi verificado efeito ($p < 0,05$) dos tratamentos nos teores dos ácidos graxos 14:0, 16:1, 18:3n3, assim como nos somatórios de ácidos graxos polinsaturados (AGPI), ácidos graxos da série n3 e na relação n6/n3 (Tabela 6). Os maiores teores de ácidos graxos 14:0, 16:1 foram encontrados na carcaça dos peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe. O ácido graxo 18:3n3 apresentou maior concentração na carcaça dos animais que receberam dietas suplementadas com os maiores níveis de óleo de linhaça (36, 48, 60 gde óleo de linhaça/kg dieta). O mesmo comportamento foi observado para o somatório de ácidos graxos da série n3. Para o somatório de ácidos graxos polinsaturados os menores teores foram encontrados na carcaça dos animais alimentados com os níveis de 48 e 60 gde óleo de linhaça /kg dieta, assim como na carcaça dos animais alimentados com dietas contendo somente óleo de peixe. Os maiores valores na relação n6/n3 foram

encontrados na carcaça dos peixes que receberam dietas contendo os menores níveis de óleo de linhaça (0 e 12 gde óleo de linhaça /kg dieta).

Na avaliação das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça nas dietas, observou-se o efeito dos tratamentos no ácido graxo 18:3n3, somatório de n3, relação n6/n3. Para o teor de 18:3n3 pelo modelo *Linear Response Plateau* (LRP), estimou-se o ponto ótimo em 43,39 gde óleo de linhaça /kg dieta, através da equação: $Y = -0,1420 + 0,127X$ ($R^2 = 0,88$), onde o platô corresponde a 5,38 gde 18:3n3 /kg carcaça (Figura 2). Para o somatório de n3 o modelo LRP obteve a equação: $Y = 0,2840 + 0,148X$ ($R^2 = 0,85$), sendo a quantidade necessária para obtenção do máximo de ácidos graxos da série n3 na carcaça, 6,44 g de ácidos graxos da série n3/kg, de 41,57 g de óleo de linhaça /kg dieta (Figura 3). Para a relação n6/n3 o modelo LRP obteve equação: $Y = 16,9950 - 0,378X$ ($R^2 = 0,98$), onde o ponto de mínimo corresponde a 38,39 g de óleo de linhaça /kg dieta, e a menor relação n6/n3 estimada pela equação foi de 2,48 (Figura 4).

A substituição do óleo de peixe pelas diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça nas dietas, assim como na avaliação das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça nas dietas, não se observou influência ($p > 0,05$) nos teores dos ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA) nas carcaças dos animais. Não foi detectada a presença do ácido graxo araquidônico (ARA) nas carcaças dos animais de todos os tratamentos.

Discussão

A utilização do óleo de peixe ou a utilização das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça não influenciaram os parâmetros de desempenho produtivo dos animais. Tais resultados indicam que esta espécie aproveita eficientemente a energia e os AGE das fontes vegetais, não sendo necessária a suplementação com o óleo de peixes em dietas para essa espécie.

Em geral, o uso de óleos vegetais como fonte lipídica exclusiva não prejudica o desempenho produtivo de espécies de água doce, já que estas espécies em geral são capazes de sintetizar os AGAI biologicamente ativos ARA, EPA e DHA por reações de enlogação e dessaturação, desde que em sua dieta seja fornecido seus precursores, os ácidos graxos 18:2n6 e 18:3n3 (Norambuena et., 2013). O uso de diferentes fontes lipídicas vegetais também não prejudicou o desempenho produtivo do lambari-do-rabo-amarelo (Tavares, 2011), da carpa comum (*Cyprinos carpio*) (Graeff e Tomazelli, 2007), truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Caballero et al., 2002), tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Matsushita et al., 2006; Ng et al., 2013), jundiá (*Rhamdia quelen*) (Losekann et al., 2008), surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) (Martino et al., 2002), panga (*Pangasius hypophthalmus*) (AsdariI et al., 2011), trairão (*Hoplias laceradae*) (Felipe, 2009) ou acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) (Ikeda et al., 2011).

Na avaliação das diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça foi observado efeito sobre o rendimento de carcaça dos animais. Neste estudo, foram utilizadas fêmeas em maturidade sexual e as gônadas destes animais tem grande representatividade no peso total das vísceras, onde as variações no desenvolvimento gonadal pode ter influenciado o rendimento de carcaça dos peixes, e o nível de n3 da dieta pode ter alterado a produção de ovos e o tamanho do ovário, refletindo na alteração do rendimento de carcaça. Em espécies marinhas, que normalmente

apresentam dependência por AGAI na dieta, o nível de AGAI da serie n3 têm influencia sobre os parâmetros reprodutivos, alterando a produção de ovos e a qualidade da desova (Furuita et al., 2000, 2002; Li et al., 2005).

A utilização de dietas contendo óleo de peixe ou as diferentes proporções entre os óleos de soja e linhaça não alteraram a composição corporal. A utilização de diferentes fontes lipídicas pode alterar o metabolismo intermediário do peixe (Tan et al., 2009). A utilização de dietas com diferentes relações n6/n3 pode alterar a atividade hepática de enzimas ligadas a lipogênese e a atividade muscular de enzimas relacionadas à utilização de ácidos graxos como fonte de energia (Menoyo et al., 2004). Tais alterações podem influenciar a deposição e mobilização de gordura do animal e refletir na modificação da composição química da carcaça. No entanto este efeito pode ser variável com a espécie, fase de vida e fontes lipídicas utilizadas.

A utilização de óleos vegetais também não alterou a composição corporal da carne de Linguado (*Psetta maxima*) (Regost et al., 2003), da tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Ng et al., 2013) ou do panga (*Pangasius hypophthalmus*) (AsdariI et al., 2011). A utilização de fontes lipídicas vegetais (linhaça, milho e soja) também não alterou a composição de carcaças do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) (Martino et al., 2002). A inclusão de teores acima de 50% de óleo de palma em substituição ao óleo de peixe em dietas para salmão (*Salmo salar*) promoveu diminuição do teor de gordura e aumento no teor de proteína da carcaça (Bell et al., 2002).

O perfil de ácidos graxos das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo refletiu o teor de ácidos graxos das dietas. Os peixes alimentados com a dieta contendo óleo de peixe, que têm maiores teores dos ácidos graxos 14:0 e 16:1, apresentaram maiores teores destes ácidos graxos na carcaça em relação aos animais suplementados com as dietas contendo os óleos vegetais. O mesmo comportamento foi observado para o ácido

graxo 18:3n3 e os somatórios de ácidos graxos da série n3 e ácidos graxos polinsaturados, onde os maiores teores na dieta refletiram na maior deposição da carcaça. O perfil de ácidos graxos da carcaça dos peixes geralmente tem alta correlação com o perfil de ácidos graxos da dieta em que foram suplementadas (Sargent et al., 2002; Regost et al., 2003; Tocher, 2010; Asdari et al., 2011; Zakeri et al., 2011).

O teor de 18:2n6, bem como o somatório de n6 não foram influenciados pelo teor de ácidos graxos das dietas. A diminuição dos teores de ácidos graxos da série n6 com o aumento na inclusão do óleo de linhaça em substituição ao óleo de soja não refletiu no aumento dos teores de n6 na carcaça. Tal fato pode estar relacionado a um acúmulo de ácidos graxos diferenciados em alguns tecidos. O tempo necessário para a modulação do perfil de ácidos graxos dos tecidos é variável, de acordo com a espécie trabalhada e a fonte lipídica utilizada (Robin et al., 2003; Jobling, 2004). Os animais utilizados neste experimento eram fêmeas, na maturidade sexual e os ácidos graxos da série n6 podem ter sido preferencialmente depositados nos tecidos reprodutivos. Fêmeas de lambari mobilizam grande quantidade de lipídios para a maturação do ovário, e durante o período reprodutivo existe um maior acúmulo de ácidos graxos da serie n6 no ovário em relação ao músculo (Gonçalves et al., 2012), Em fêmeas de enguia européia (*Anguilla anguilla*) foi verificado acúmulo significativamente maior de ARA no ovário, em relação a outros tecidos (Stottrup et al., 2012) e foi constatada a expressão de genes relacionados a produção das desaturases e enlongases no ovário de guppy (*Xiphophorus helleri*) (Ling et al., 2006). O ARA e os ácidos graxos da série n6 podem ter sido acumulados nos tecidos reprodutivos dos lambaris, já que o ARA é precursor na produção de eicosanoides que atuam no controle da ovulação e possivelmente tem efeito na embriogênese (Bruce et al., 1999).

Não foi verificada a presença de ARA na carcaça dos peixes de nenhum tratamento. Tal fato pode ser atribuído ao seu acúmulo nas gônadas ou pela inibição competitiva entre as enzimas responsáveis pela síntese de ARA e EPA (Ling et al., 2006). Na síntese de ARA e EPA a partir de seus precursores (18:2n6 e 18:3n3) os ácidos graxos da série n6 e n3 são substratos da mesma enzima, esta enzima tem maior afinidade pelos ácidos graxos da série n3 (Tocher, 2010), levando ao maior acúmulo de EPA em detrimento de ARA (Glencross, 2009). O acúmulo na carcaça do ácido graxo 20:3n6, intermediário da síntese de ARA, pode ser evidência da síntese incompleta e da maior afinidade da enzima pelos ácidos graxos da série n3, fato também verificado nesta espécie por Tavares (2011).

Em todos os tratamentos, foi constatada a presença dos ácidos graxos EPA e DHA, mesmo nas dietas suplementadas com fontes lipídicas vegetais, isentas de tais ácidos graxos. Não foi verificada alteração significativa entre os teores de EPA e DHA entre os peixes alimentados com fontes lipídicas vegetais e os animais alimentados com as dietas suplementadas com óleo de peixe. Os lambaris têm capacidade de sintetizar os AGEI no tecido muscular (Gonçalves, 2012a), sendo capazes de satisfazer suas exigências dietéticas em AGE da série n3 a partir do fornecimento de 18:3n3 na dieta.

Embora, os valores do ácido graxo 18:3n3, somatório de n3, relação n6/n3 sejam superiores ao nível estimado de 35,85 gde óleo de linhaça/kgdieta, indica-se a suplementação deste valor em dietas para essa espécie em função do melhor rendimento de carcaça dos peixes aliado a superior deposição de ácidos graxos da série n3 na carcaça dos animais, quando comparados com os peixes alimentados com óleo de peixe.

A possibilidade de produzir um pescado rico em ácidos graxos da série n3 sem a dependência do óleo ou farinha de peixe contribui para a sustentabilidade da cadeia aquícola e pode contribuir para redução dos custos das rações, a partir do uso de uma

mistura de alimentos ricos em óleos vegetais. A ingestão de alimentos ricos em ácidos graxos polinsaturados da serie n3 pode trazer uma série de benefícios à saúde (Suárez-Mahecha et a., 2002). Neste aspecto é de interesse mundial a oferta ao consumidor de um pescado rico em ácidos graxos da serie n3 (Karakatsouli, 2012).

Referências bibliográficas

- Abmorad, E.G. e Castellani, D. 2011. Exigências nutricionais de aminoácidos para o Lambari-do-rabo-amarelo baseada na composição da carcaça e do músculo. Boletim do Instituto de Pesca, 37(1), 31-38,
- Argyropoulou, V.; Kalogeropoulos, N. e Alexis, M.N. 1992, Effect of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (*Mugil cephalus*). Comparative Biochemistry. Physiology. 101a(1), 129-135,
- Asdari, R.; Aliyui-Paiko, M.; Hashim, R., e Ramachadram, S. 2011 Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. Aquaculture nutrition, 17, 44-53,
- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., Mcghee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R., e Sargent, J.R. 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue fatty acid compositions and hepatic fatty acid metabolism. The Journal of Nutrition. 132, 222–230.
- Bell, J. G., F. Mcghee, P. J. Campbell, e J. R. Sargent. 2003 Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil “wash out.” Aquaculture, 218, 515–528.
- Bell, J. G., F. Mcghee, J. R. Dick, e D. R. Tocher. 2005 Dioxin and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in Scottish farmed salmon (*Salmo salar*): effects of replacement of dietary marine fish oil with vegetable oils. Aquaculture, 243, 305–314
- Bouraoui, L.; Sánchez-Gurmaches, J.; Cruz-García, L.; Gutiérrez, J.; Benedito-Palos, L. Pérez-Sánchez, J. e Navarro, I. 2011, Effect of dietary fish meal and fish oil replacement on lipogenic and lipoprotein lipase activities and plasma insulin in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) Aquaculture Nutrition, 17(1), 54–63,
- Bruce, M., Oyen, F., Bell, G., Asturiano, J.F., Farndale, B., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J. e Bromage, N. 1999. Development of broodstock diets for the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) with special emphasis on the importance of n-3 and n-6 highly unsaturated fatty acid to reproductive performance. Aquaculture, 177, 85–97.
- Caballero, M. J., A. Obach, G. Rosenlund, D. Montero, M. Gisvold, e Izquierdo, M. S. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 214, 253–271.
- Detmann, E.; Souza, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M. e Azevedo, J.A.G. 2012, Métodos para análise de alimentos-Instituto Nacional de Ciência e tecnologia de Ciência Animal. Suprema, 214p
- Felipe, T.R.A. 2009, Fontes de lipídios para juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) dissertação (Mestrado). Viçosa,

- Furuita, H.; Takana, H.; Yamamoto, T.; Shiraishi, M. e Takeuchi, T. 2000. Effects Of N3 Hufa levels in broodstock diet on the reproductive performance and egg and larval quality of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* Aquaculture, 187, 387–398,
- Furuita, H.; Takana, H.; Yamamoto, T.; Suzuki, N. e Takeuchi, T. 2002. Effects of high levels of n3 HUFA in broodstock diet on egg quality and egg fatty acid composition of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 210, 323–333,
- Garutti, V. 2003, Piscicultura ecológica. Editora UNESP, 330p
- Gimbo, R.Y.; Saita, M.V.; Gonçalves, A.F.N. e Takahashi, L.S. 2008 Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 9, 350-357
- Glencross, B.D. 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. Reviews in Aquaculture, 1, 71–124.
- Gonçalves, L.U.; Parisi, J.; Bonelli, A.; Sussel, F.R. e Viegas, E.M.M. 2012, The fatty acid compositions of total, neutral and polar lipids in wild and farmed lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti & Britski, 2000) broodstock. Aquaculture Research, 1–9
- Graeff, A. e Tomazelli, A. 2007 Fontes e níveis de óleos na alimentação de carpa comum (*Cyprinus carpio*.) Na fase de crescimento, Ciências. agrotécnicas. 31, 1545-1551,
- Ikeda, A.K. ; Zuanon, J.A.S. ; Salaro, A.L.; Freitas, M.B.D.; Pontes, M.D.; Souza, L.S. e Santos, M.V. 2011, Vegetable oil sources in diets for freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*, Cichlidae): growth and thermal tolerance. Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia, 63, 670-677
- Jobling, M. 2004, Are modifications in tissue fatty acid profiles following a change in diet the result of dilution? Test of a simple dilution model, Aquaculture, 232, 551–562.
- Karakatsouli, N 2012, An overview of the use of fatty acids in fish farming research during the last decade, with particular emphasis on fish quality. Journal Of The World Aquaculture Society, 43, n.3,
- Kasai, R.Y.D.; Salaro, A.L.S.; Zuanon, J.A.S. Sabarense, C.M.; Tavares, M.M. e Campelo, D.A.V. 2011, Feed training of giant trahira fingerlings fed diets containing different levels of vitamin C. Revista Brasileira Zootecnia, 40(3), 463-468.
- Li, Y.; Chen, W.Z.; Sun, Z.W.; Chen, J.H. e Wu, K.G. 2005, Effects of n-3 HUFA content in broodstock diet on spawning performance and fatty acid composition of eggs and larvae in *Plectorhynchus cinctus*. Aquaculture, 245, 263–272
- Ling, S., M.-K. Kuah, T. S. Tengku Muhammad, S. Kolkovski, e A. C. Shu-Chien. 2006, Effect of dietary HUFA on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs in female swordtail *Xiphophorus helleri*. Aquaculture, 261, 204–214.

- Losekann, M.E.; Neto, J.R.; Emanuelli, T.; Pedron, F.A.; Lazzari, R.; Bergamin, G.T.; Corrêia, V. e Simões, R.S.; Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural*, 38 (1), 2008.
- Martino, R. C.; Cyrino, J. E. P. ; Portz, L. e Trugo, L. C. 2002 Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture*, 209, 235-248,
- Matsushita, M.; Justi, K.C.; Padre, R.G.; Milinsk, M.C.; Hayashi, C.; Gomes, S.T.M.; Visentainer, V.J. and Souza, N.E , 2006 Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings *Acta Scenarium*, 28(2), 125-131
- Menoyo, D., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Gines, R., Lopez-Bote, C.J. and Bautista, J.M. 2004 Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soyabean oils. *British Journal of Nutrition*, 92, 41–52.
- Montero, D.; Kalinowskia, T.; Obach, A.; Robaina, L.; Tort, L.; Caballero, M.J. and Izquierdo, M.S. 2003. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health *Aquaculture* , 225, 353–370,
- Mourente, G., J. E. Good, and J. G. Bell. 2005. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and F2 α , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition*, 11, 25–40.
- Ng, W.K.; Chong, C.Y.; Wang, Y. and Romano, N. Effects of dietary fish and vegetable oils on the growth, tissue fatty acid composition, oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and efficacy of using fish oil finishing diets *Aquaculture*, 372–375, 97–110, 2013
- Norambuena, F.; Morais, S.; Estévez, A.; Bell, J.G.; Tocher, D.R.; Navarro, J.C.; Cerdà, J. and Duncan, N.; 2013, Dietary modulation of arachidonic acid metabolism in senegalese sole (*Solea Senegalensis*) broodstock reared in captivity. *Aquaculture*, 372–375, 80–88
- Pastore, S.C.G.; Gaiotto, J.R.; Ribeiro, F.A.S.; Nunes, A.J.P. 2012. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes in: *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. FRACALLOSSI, D.M; EURICO, J. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática., 375 p.
- Porto-Foresti, F., Castilho-Almeida, R.B., Senhorini, J.A. and Foresti, F 2010. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. (Baldisserotto, B., Gomes, L.C. ed), 2 ed, pp 101-115. UFSM, Santa Maria, RS,
- Regost, C., J. Arzel, J. Robin, G. Rosenlund, And S. J. Kaushik. 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*): Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. *Aquaculture*, 217, 465–482.

Robin J.H.; Regost, C.; Arzel, J. and Kaushik, S.J.2003, Fatty acid profile of fish following a change in dietary fatty acid source: model of fatty acid composition with a dilution hypothesis. *Aquaculture*, 225, 283–293,

Sargent, J.R., Tocher, D.R. and Bell, J.G. The lipids. In: *Fish Nutrition*. (Halver, J. E., ed.), 3 ed, 181–257, cap 4. Acadêmico Inc. Press, San Diego, CA, EUA., 2002

Silva Júnior, R.F.; Nova, W.V.; Farias, J.L.; Costa-Bomfim, C.N.; Tesser, M.B.; Druzian, J.I.; Correia, E.S. and Cavalli, R.O. 2011. Substituição do óleo de peixe por óleo de soja em dietas para beijupirá (*Rachycentron canadum*) Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 63(4), 980-987,

Stottrup, J.G.; Jacobsen, C.; Tomkiewicz, J. and Jarlbaek, H. 2012, Modification of essential fatty acid composition in broodstock of cultured European eel *Anguilla anguilla* L. *Aquaculture nutrition*, DOI: 10.1111/j.1365-2095.2012.00967.x ,

Suárez-Mahecha, H.; Francisco, A. and Beirão, L.H. 2002. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28, 101-110.

TACO - Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. - Campinas: NEPAUNICAMP, 2011.161 p.

Tan, X.Y.; Luo, Z.; Xie, P. and Liu, X.J.2009. 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,

Tapiero, H.; Nguyen, Ba, G.; Couvreur, P. and Tew, K.D. 2002 Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 215-222,

Tavares, M.M. 2011, Fontes de óleos vegetais em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*): desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos. Dissertação (Mestrado) Viçosa MG.

Tocher, D.R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*,11, 107-184,

Tocher, D.R.,2010.Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, 41, 717–732.

Tocher, D.R., Zheng, X., Schlechtriem, C., Hastings, N., Dick, J.R., Teale, A.J., 2006. Highly unsaturated fatty acid synthesis in marine fish: cloning, functional characterisation, and nutritional regulation of fatty acyl $\Delta 6$ desaturase of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). **Lipids** 41, 1003–1016,

Turchini, G.M.; Torstensen, B.E. and Ng, W.K. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1, 10-57

Turchini, G.M.; Ng, W.K.; Tocher, D.R. 2010, Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds, Boca Raton: CRC Press

Zakeri, M.; Kochanian, P.; Marammazi, J.G.; Yavari, V.; Savari, A. and Haghi, M. 2011, Effects of dietary n-3 HUFA concentrations on spawning performance and fattyacids composition of broodstock, eggs and larvae in yellowfin sea bream,*Acanthopagrus latus*Aquaculture, 310, 388–394,

Zheng, X.; Leaver, M.J. and D.R. Tocher, 2009. 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. Biochemistry and Molecular Biology, 154,255-263.

Tabela 1: Formulação, composição química (base matéria natural), e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais utilizadas na alimentação de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*).

	Tratamentos						
	COP	60/0	48/12	36/24	24/36	dez/48	0/60
Ingredientes (g/kg)							
Farelo Soja	535	535	535	535	535	535	535
Glúten de Milho	70	70	70	70	70	70	70
Fubá Milho	140,5	140,5	140,5	140,5	140,5	140,5	140,5
Farelo Trigo	145	145	145	145	145	145	145
L – Lisina	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
DL – Metionina	3	3	3	3	3	3	3
Fosfato Bicálcico	38	38	38	38	38	38	38
Sal comum	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Suplemento vit ¹	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Suplemento min ²	1	1	1	1	1	1	1
Antioxidante BHT	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Óleo Soja	0	60	48	36	24	12	0
Óleo Linhaça	0	0	12	24	36	48	60
Óleo Peixe	60	0	0	0	0	0	0
Composição química (g/kg)							
PB	324,9	322,82	314,03	320,48	311,35	317,12	328,04
EE	88,02	88,46	92,19	88,28	93,22	89,42	93
CZ	85,86	88,48	87,99	79,16	86,95	85,46	85,24
EB	4373	4353	4372	4398	4357	4362	4395
Ácido graxo*	Perfil de ácidos graxos (g/kg)						
14:0	2,5	0,1	0	0,1	0,1	0	0
16:0	15,9	11,1	10,3	9,5	8,4	5,9	4,7
18:0	2,6	3,5	3,2	0,3	3,4	2,6	2,3
22:0	0	0,5	0,6	0	0	0	0,1
14:1	0,5	0	0,4	0,6	0,4	0,2	0,3
16:1	4,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
18:1n9	16,1	26,9	23,4	22,2	23,1	16,4	13,6
20:1	2	0,3	0,3	0,2	0	0	0
18:2n6	13,5	49,9	43,6	39,5	20,4	22,6	16,8
18:3n3	1,9	5,7	13,4	18,4	29,8	29,4	32,2
20:4n6 (ARA)	0,9	0	0	0	0	0	0
20:5n3 (EPA)	6,4	0	0	0	0	0	0
22:6n3 (DHA)	19,1	0,2	0	0	0	0	0,1
ΣAGS	21,8	15,9	14,6	10,3	12,3	8,8	7,4
ΣAGMI	23,5	27,3	24,2	23,1	23,6	16,7	14
ΣAGPI	41,9	55,9	57,4	58,1	50,2	52,1	49,2
Σn6	14,5	50	43,9	39,7	20,4	22,7	16,9
Σn3	27,4	5,9	13,4	18,4	29,8	29,4	32,3
n6/n3	0,53	8,47	3,28	2,16	0,68	0,77	0,52

Tratamentos consistem nas proporções de óleo de soja/linhaça e a dieta controle, contendo óleo de peixe COP.

*Foram representados na tabela apenas os ácidos graxos que apresentaram valores superiores a 0,5g kg dieta⁻¹ em pelo menos um tratamento.

Composição química: PB (Proteína bruta); EE (extrato etéreo); CZ (cinzas); EB (energia bruta).

Perfil de ácidos graxos: ΣAGS =Somatório de ácidos graxos saturados; ΣAGMI=Somatório de ácidos graxos monoinsaturados; ΣAGPI=Somatório de ácidos graxos polinsaturados; Σn6=Somatório de ácidos graxos da série n6; Σn3 = Somatório de ácidos graxos da série n6; n6/n3= Relação entre os somatórios da serie n6 e n3

¹ Níveis de garantia (Kg produto): vit A min - 2500000 UI: vit D3 min - 600000 UI: vit E min - 37500 UI: vit K3 min - 3750 mg: vit C min - 50000 mg: tiamina(B1)min - 4000 mg: riboflavina(B2)min - 4000 mg: piridoxina(B6)min - 4000 mg: vit B12 min - 4000 mcg: niacina min - 22500 mg: biotina min - 15 mg: ácido fólico min - 1250 mg

² Níveis de garantia (Kg produto): pantotenato de cálcio min - 12000 mg: cobre min - 2500 mg: cobalto min - 125 mg: ferro min - 15 g: iodo min - 375 mg: manganês min - 12,5 g: selênio min - 87,5 mg: zinco min - 12,5 g

Tabela 2: Índices de desempenho produtivo de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe e diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça

Parâmetros	Tratamentos							
	COP	60/0	48/12	36/24	24/36	12/48	0/60	CV
GP (g)	3,03	3,27	3,29	3,12	3,15	3,35	3,50	9,51
CR (g)	7,81	8,25	7,99	8,18	8,02	8,09	8,36	5,27
CA	2,59	2,53	2,45	2,63	2,55	2,41	2,41	8,56
RC (%) ¹	74,58	71,29	73,27	73,72	75,05	73,94	73,44	2,04
TCE (%/dia)	1,52	1,55	1,55	1,53	1,53	1,56	1,57	3,83
TS (%)	97,78	100,00	98,52	95,56	97,04	97,78	98,52	3,65

Tratamentos consistem nas proporções de óleo de soja/linhaça e a dieta controle, contendo óleo de peixe(COP)

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para o teste de Dunnet a 5%..

GP = Ganho de peso ((Peso medio final)/(Peso medio inicial))

CR = Consumo de ração (Ração ofertada/ n° de peixes)

CA= Conversão alimentar (CR/GP)

RC= Rendimento de carcaça (Peso medio da carcaça/ Peso medio final)

TCE = Taxa de crescimento específico (100*(ln peso final - ln peso inicial)/tempo de experimento)

TS = taxa de sobrevivência (100*(n° de peixes final)/(n° de peixes inicial))

A análise de regressão desconsidera o tratamento controle (COP)

¹Y=71,3381+0,1721X-0,0024X² (R²=0,9205) VMAX= 35,85g de óleo de linhaça/kg de dieta

Tabela 3: Composição química da carcaça de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe e diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça.

Parâmetros	Tratamentos							CV
	60/0	48/12	36/24	24/36	12/48	0/60	COP	
MS (%)	26,59	26,19	26,25	26,04	27,35	26,24	26,26	4,14
PB (g kg ⁻¹) ¹	568,42	569,55	557,68	552,42	558,06	546,10	543,92	7,12
EE (g kg ⁻¹) ¹	238,67	206,14	208,60	193,79	197,77	196,03	218,65	12,88
CZ (g kg ⁻¹) ¹	155,56	152,76	149,52	142,95	141,53	145,19	147,47	3,49

Tratamentos consistem nas proporções de óleo de soja/linhaça e a dieta controle, contendo óleo de peixe(COP)

MS = Matéria seca

PB = proteína bruta

EE = Extrato etéreo

CZ = Cinzas

¹valores expressos com base na matéria seca

Tabela 4: Perfil de ácidos graxos na carcaça (g/kg) de fêmeas de Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe e diferentes proporções dos óleos de soja e linhaça.

Ácidos graxos*	Tratamentos							CV (%)
	COP	60/0	48/12	36/24	24/36	12/48	0/60	
14:0	1,24 ^A	0,26 ^B	0,30 ^B	0,34 ^B	0,21 ^B	0,27 ^B	0,39 ^B	26,63
16:0	17,52	13,34	16,11	15,83	11,00	13,00	15,66	17,84
17:0	0,29	0,17	0,18	0,18	0,13	0,17	0,21	22,48
18:0	4,87	4,89	5,89	6,22	4,65	5,42	6,30	15,88
16:1	3,24 ^A	0,78 ^B	0,86 ^B	1,01 ^B	0,76 ^B	0,94 ^B	1,18 ^B	21,80
18:1n9	23,90	24,45	28,73	28,34	22,04	25,95	27,56	12,47
18:2n6	10,22	15,88	12,14	11,75	15,40	15,39	10,52	33,61
20:2	0,51	0,47	0,40	0,39	0,51	0,65	0,75	32,59
18:3n3 ¹	0,54 ^A	0,59 ^A	0,83 ^A	1,78 ^A	5,44 ^B	5,92 ^B	5,38 ^B	62,58
20:5n3 (EPA)	0,27	0,07	0,08	0,08	0,12	0,07	0,16	63,72
22:6n3 (DHA)	1,95	0,48	0,42	0,46	1,38	1,01	0,66	56,43
ΣAGS	24,81	19,52	23,41	23,37	16,71	19,63	23,36	16,72
ΣAGMI	28,29	25,73	30,44	30,21	23,20	27,41	29,63	13,31
ΣAGPI	12,95 ^A	24,11 ^B	24,28 ^B	21,27 ^B	23,99 ^B	11,40 ^A	9,34 ^A	5,12
Σn6	10,62	16,56	12,57	12,19	16,20	16,08	11,02	34,18
Σn3 ²	2,79 ^A	1,16 ^A	1,36 ^A	2,39 ^A	7,11 ^B	7,17 ^B	6,44 ^B	59,54
n6/n3 ³	5,38 ^A	16,65 ^B	13,15 ^B	7,58 ^A	2,32 ^A	2,25 ^A	2,88 ^A	49,74

Tratamentos consistem nas proporções de óleo de soja/linhaça e a dieta controle, contendo óleo de peixe(COP)

*Foram representados na tabela apenas os ácidos graxos que apresentaram valores superiores a 0,5 g kg⁻¹ em pelo menos um tratamento.

ΣAGS =Somatório de ácidos graxos saturados

ΣAGMI=Somatório de ácidos graxos monoinsaturados

ΣAGPI=Somatório de ácidos graxos polinsaturados

Σn6=Somatório de ácidos graxos da série n6

Σn3 = Somatório de ácidos graxos da série n3

n6/n3= Relação entre os somatórios da serie n6 e n3

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para o teste de Dunnet a 5%.

As análises de LRP desconsideram o tratamento controle com óleo de peixe (COP)

¹Y = - 0,1420 + 0,127 X (R²= 0,88) vMAX=43,39g de óleo de linhaça/kg de dieta

²Y = 0,2840 + 0,148 X (R² = 0,84) vMAX=38,39 g de óleo de linhaça/kg de dieta

³Y = 16,9950 - 0.378 X (R² = 0,98) vMIN=41,57 g de óleo de linhaça/kg de dieta

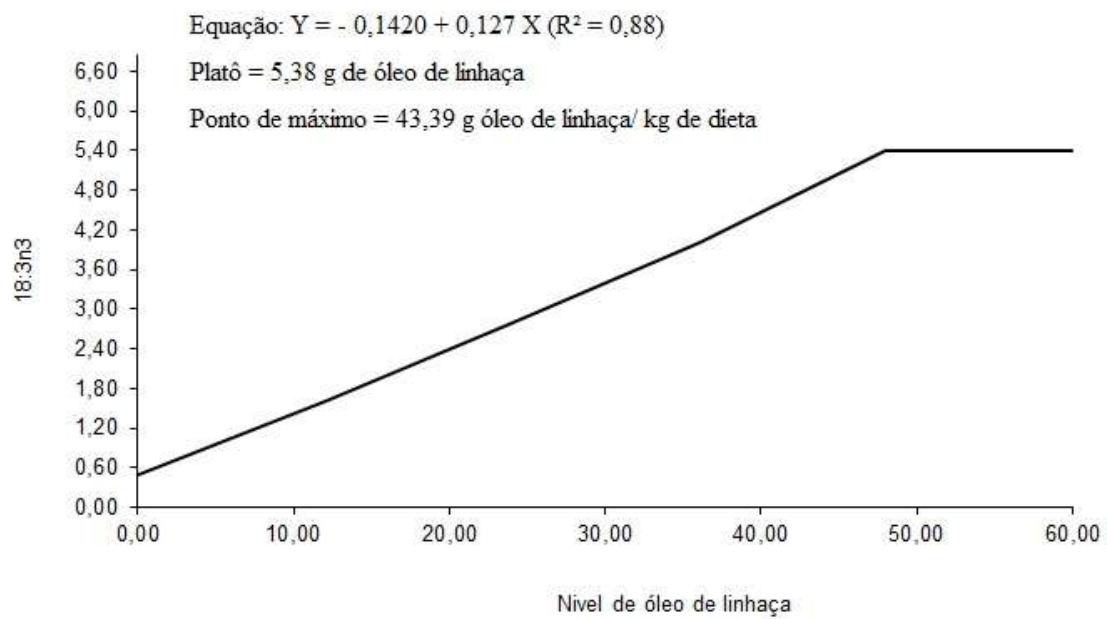


Figura 2: Teor de ácidos graxos 18:3n3 em carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com diferentes proporções de óleo de soja e linhaça na dieta

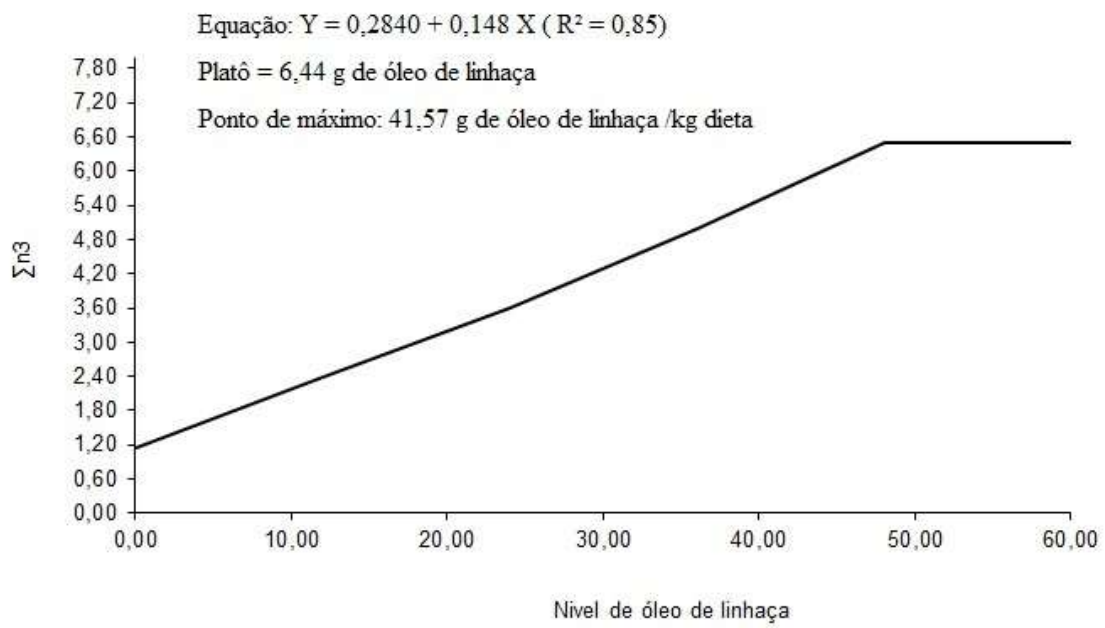


Figura 3: Somatório de ácidos graxos da série n3 em carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com diferentes proporções de óleo de soja e linhaça na dieta

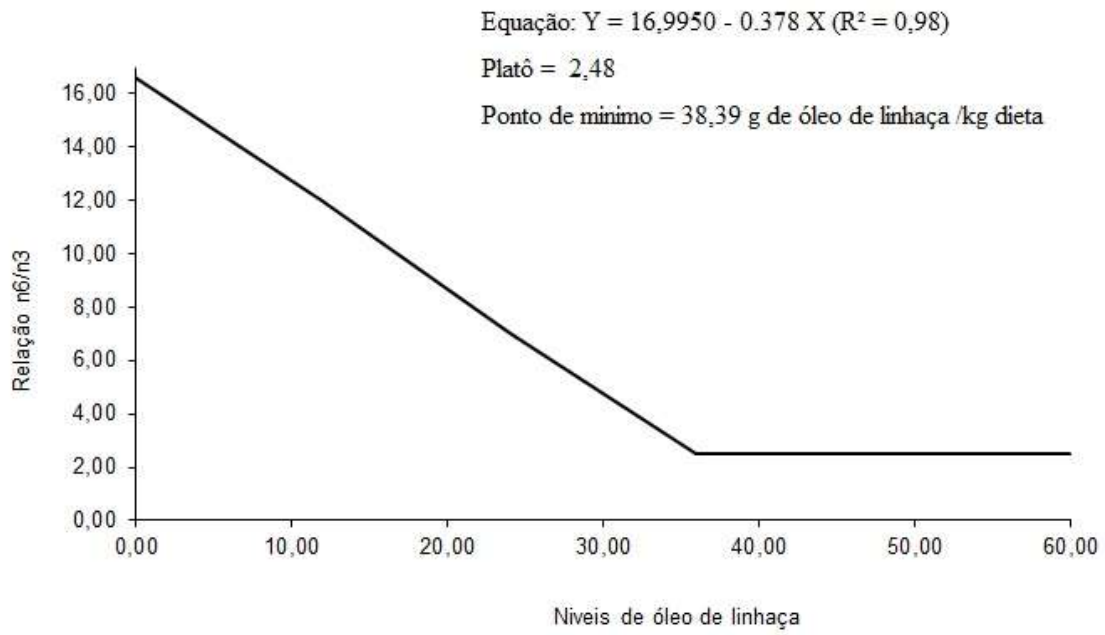


Figura 4: Relação de ácidos graxos n6/n3 em carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com diferentes proporções de óleo de soja e linhaça na dieta

Considerações Finais

O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), não tem dependência da dieta contendo óleo de peixe para a produção de ácidos graxos altamente insaturados. A utilização do óleo de peixe e de níveis de inclusão de óleo de linhaça em substituição ao óleo de soja não promovem alterações no desempenho produtivo e na composição química da carcaça.

A inclusão mínima de 36 gde óleo de linhaça /kgdieta em substituição ao óleo de soja promove deposição superior de ácidos graxos da série n3 e deposição similar de EPA e DHA na carcaça de fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), em comparação aos animais suplementados somente com óleos de peixe ou soja na dieta.

O uso de uma dieta isenta de óleo de peixe e com a inclusão de 36 gde óleo de linhaça/kgdieta pode produzir um pescado rico em ácidos graxos da serie n3.

Ainda são necessário o aprofundamento em estudos para se avaliar o efeito da utilização de diferentes fontes lipídicas vegetais e influência nos parâmetros reprodutivos ou metabolismo lipídicos do lambari-do-rabo-amarelo.