

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS**  
**PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

**RICÁCIO LUAN MARQUES GOMES**

Fontes de lipídios em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Toledo

2018

**RICÁCIO LUAN MARQUES GOMES**

Fontes de lipídios em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt

Toledo

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Gomes, Ricácio Luan Marques Gomes  
Fontes de lipídios em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) / Ricácio Luan Marques Gomes; orientador(a), Fábio Bittencourt Bittencourt, 2018.  
34 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2018.

1. Ácidos Graxos Essenciais. 2. Nutrição animal. 3. Aquicultura. 4. Saúde de peixes. I. Bittencourt, Fábio Bittencourt. II. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

**RICÁCIO LUAN MARQUES GOMES**

Fontes de lipídios em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

## COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Fábio Bittencourt  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Jackeline Dallagnol Marcante

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2018.

Local de defesa: Sala de treinamento do GEMAp/Campus de Toledo.

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais, Risaldo Gomes da Silva e Sônia Maria Marques Gomes, e a minha irmã Ryanne Carolynne Marques Gomes pelo apoio incondicional, amor e ensinamentos em toda etapa da minha vida.

## **Agradecimentos**

A Deus pelo dom da vida. Sou muito grato por tudo que Deus tem proporcionado em minha vida!

A meus pais Risaldo Gomes da Silva e Sonia Maria Marques Gomes, por todo amor, força, confiança, ensinamentos e por sempre acreditarem em mim e apoiarem minhas decisões. Muito obrigado, amo vocês!

A minha irmã Ryanne Carolynne Marques Gomes, por todo apoio e companheirismo em todas as etapas da minha vida;

Ao professor Fábio Bittencourt, pela confiança em meu trabalho, pela orientação, pela amizade, aconselhamento e todo conhecimento repassado que contribuíram para minha formação. Muito obrigado, professor Fábio Bittencourt, foi uma honra trabalharmos juntos!

Aos professores Aldi Feiden, Altevir Signor e Wilson Rogério Boscolo, pelos incentivos, pela amizade, disposição em sempre passar seus conhecimentos e por contribuir em minha formação. Muito Obrigado, professores!

Ao Grupo de Estudos e Manejo na Aquicultura (GEMAQ), pela disponibilização das estruturas para a realização de pesquisas e por contribuir na minha formação;

Aos amigos e colegas do GEMAQ, os quais eu tive prazer de conviver, pela amizade, pelo auxílio nas pesquisas e atividades do grupo, companheirismo;

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca;

Ao Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA) pela disponibilização das estruturas para realização da pesquisa;

A CAPES pelo auxílio da bolsa de estudos;

A todos demais que não citei que contribuíram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho e na minha formação.

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Composição percentual de ingredientes e nutrientes das dietas experimentais ofertadas a juvenis de jundiá <i>Rhamdia quelen</i> . .....	15
Tabela 2 - Valores de médias e desvio padrão do desempenho produtivo de juvenis de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i> alimentados com dietas contendo óleos de origem animal e vegetal.....	18
Tabela 3 - Valores de médias e desvio padrão das variáveis de composição centesimal de juvenis de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i> alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal. ....	19
Tabela 4 - Valores de média e desvio padrão das variáveis histológicas intestinal de juvenis de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i> alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal. ....	19
Tabela 5 – Valores de média e desvio padrão do número de hepatócitos em tecido hepático de juvenis de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i> alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal. ....	20
Tabela 6 - Valores de média e desvio padrão dos parâmetros bioquímicos plasmáticos de juvenis de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i> alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal. ....	20
Tabela 7 - Valores de média e desvio padrão do produto da concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBAS) e da atividade das enzimas antioxidantes glutational-S-transferase (GST) e catalase (CAT), de juvenis de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i> alimentados com dietas contendo fontes lipídicas de origem animal e vegetal. ....	21

## Lista de figuras

Figura 1 – Intestino de jundiá com as medidas realizadas: (a) altura do viló; (b) altura do total viló; (c) largura do viló; (d) espessura do epitélio; (e) espessura da túnica. Hematoxilina (HE), objetiva de 10x.....17

## FONTES DE LIPÍDIOS EM DIETAS PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

### RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar óleos de origem animal e vegetal em dietas para juvenis de jundiás. Foram utilizados 300 peixes ( $18,45 \pm 1,22$  g), distribuídos em 20 tanques-rede de  $1\text{m}^3$ , dispostos em um viveiro de alvenaria de  $200\text{m}^2$ . As dietas formuladas continham óleo de soja, girassol, peixe, canola e oliva na concentração de 3,0%. Ao final do período experimental foram analisadas as variáveis de desempenho produtivo, composição centesimal, histomorfometria intestinal, histologia do fígado, bioquímica plasmática e atividade enzimática. O índice de gordura visceral foi maior para a dieta contendo óleo de girassol ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) para as variáveis de composição centesimal, histologia intestinal e parâmetros bioquímicos. Nas avaliações histológicas hepáticas, os peixes alimentados com a dieta contendo óleo de soja, apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) número de hepatócitos. Os animais alimentados com óleo de peixe apresentaram maior lipoperoxidação TBARS e maior atividade da enzima GST ( $p < 0,05$ ). Portanto, conclui-se que os diferentes óleos podem ser utilizadas na alimentação desta espécie sem que ocorram prejuízos sobre o desempenho produtivo. Não recomenda-se a inclusão de óleo de girassol, devido ao mesmo proporcionar uma maior deposição de gordura visceral.

**Palavras-chave:** Ácidos graxos essenciais, nutrição animal, aquicultura, saúde de peixes, espécie nativa.

## LIPIDS SOURCES IN DIETS FOR JUVENILES OF SILVER CATFISH (*Rhamdia quelen*)

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate animal and vegetable oils in juvenile diets of jundiás. A total of 300 fish ( $18.45 \pm 1.22$  g) were used, distributed in 20 net tanks of 1m<sup>3</sup>, arranged in a 200m<sup>2</sup> masonry nursery. The diets formulated contained 3.0% soybean, sunflower, fish, canola and olive oil. At the end of the experimental period, the variables of productive performance, centesimal composition, intestinal histomorphometry, liver histology, plasma biochemistry and enzymatic activity were analyzed. The results were similar for the productive performance, however, the visceral fat index was higher for the diet containing sunflower oil ( $p < 0.05$ ). There was no difference ( $p > 0.05$ ) for the variables of centesimal composition, intestinal histology and biochemical parameters. In hepatic histological evaluations, the fish fed with the soybean oil diet had a higher ( $p < 0.05$ ) number of hepatocytes. The animals fed with fish oil presented higher TBARS lipoperoxidation and higher GST enzyme activity ( $p < 0.05$ ). Therefore, it can be concluded that the different oils can be used to feed this species without any damage to the productive performance. It is not recommended to include sunflower oil, because it provides greater deposition of visceral fat.

**Keywords:** Essential fatty acids, animal nutrition, aquaculture, fish health, native species.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica Boletim do Instituto de Pesca. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/publicacoes/boletim-do-instituto-de-pesca/instrucao-aos-autores>.

## Sumário

Lista de tabelas .....	6
Lista de figuras .....	7
Introdução.....	12
Material e métodos .....	13
Resultados .....	18
Discussão.....	21
Conclusão .....	26
Referências .....	26

## INTRODUÇÃO

Dentro da cadeia produtiva da aquicultura um dos principais segmentos é a fabricação de ração, sendo esta, primordial para potencializar esta atividade através de dietas balanceadas, que promovam melhor desempenho produtivo dos organismos cultivados, reduzindo o impacto ambiental e os custos de produção.

Os lipídios são moléculas orgânicas que fornecem energia e apresentam grande relevância nas dietas para peixes, por serem uma fonte de ácidos graxos essenciais (AGE's). Além disso, participam do metabolismo desses animais contribuindo para a sua saúde e sobrevivência (ADAMS, 1998) e auxiliam no transporte de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), contribuindo ainda nos processos bioquímicos, hormonais, membrana celular e no crescimento dos animais (HALILOGIU *et al.*, 2004; LEONARD *et al.*, 2004).

Os ácidos graxos linoleico (C18:2 n-6) e linolênico (C18:3 n-3), não são sintetizados pelos peixes, devido a ausência das enzimas  $\Delta 12$  e  $\Delta 15$  responsáveis pela síntese de AGE's, sendo, obrigatoriamente, fornecidos através das dietas (TOCHER *et al.*, 2006). Quando os AGE's são incluídos nas rações, alguns peixes de água doce possuem a capacidade de sintetizar ácido araquidônico (ARA ou C20:4 n-6), pelas enzimas enlogases e dessaturases no processo de bioconversão do ácido linoleico (C18:2 n-6), e o eicosapentaenóico (EPA ou C20:5 n-3) e o docosahexaenóico (DHA ou C22:6 n-3) pela bioconversão do ácido linolênico (C18:3 n-3) pelo procedimento enzimático de alongamento e dessaturação (TAPIERO *et al.*, 2002; NORAMBUENA *et al.*, 2013).

Tradicionalmente, a principal fonte lipídica utilizada em dietas para peixe é o óleo de peixe (BELL *et al.*, 2005), o qual apresenta alto valor nutricional, rico em HUFA (n-3), EPA (C20:5 n-3) e DHA (C22:6 n-6), que são benéficos para a nutrição animal e humana (WILLIAN, 2000; TOCHER, 2003). Entretanto, existem preocupações referentes à extração desta matéria-prima, pelo ponto de vista ambiental e econômico, pois a sustentabilidade da piscicultura em longo prazo exige novos ingredientes alternativos a esta fonte animal (TURCHINI; NG; TOCHER; 2010).

Neste sentido, a utilização de óleo de soja, óleo de girassol, óleo de canola e óleo de oliva apresentam em suas composições químicas alto teor de ácidos graxos linoleico (C18:2 n-3), linolênico (C18:3 n-6) e oleico (C18:1 n-9) precursores dos ácidos graxos essenciais o ARA, EPA e DHA. Os AGE's exercem diversas funções no organismo sendo fundamental no crescimento, reprodução, exercendo influência na resistência de doenças (IZQUIERDO *et al.*, 2001; CEJAS *et al.*, 2003; MONNTERO *et al.*, 2003; Tocher, 2003; WATANABE e VASSALLO-AGIUS, 2003; LING *et al.*, 2006; NORAMBUENA *et al.*, 2013).

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie que apresenta hábito alimentar onívoro, rusticidade, rápido crescimento, e boa aceitabilidade da carne pelos consumidores devido a apresentar poucas espinhas (FEIDEN *et al.*, 2010; DIEMER *et al.*, 2012; SIGNOR *et al.*, 2013). Essas características são favoráveis para a criação e produção intensiva (FRACALLOSSI *et al.*, 2004).

Desta maneira, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar óleos de origem animal e vegetal em dietas para juvenis de jundiá, analisando as respostas de desempenho zootécnico, composição centesimal, histologia intestinal, histologia hepática, bioquímica plasmática e atividade enzimática dos peixes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental - InPAA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste. Foram utilizados 300 juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) com peso médio inicial de  $18,45 \pm 1,22$  g, distribuídos em 20 tanques-rede de  $1\text{m}^3$ , dispostos em um tanque de alvenaria de  $200\text{m}^2$ , totalizando 15 peixes por unidade experimental.

Durante o experimento as variáveis físico-químicas da água foram mensuradas semanalmente com o auxílio de uma sonda multiparâmetro (YSI, Pro Plus, Yellow Springs-Ohio, USA), sendo eles: oxigênio dissolvido ( $6,0 \pm 0,8$  mg.L<sup>-1</sup>), pH ( $6,7 \pm 0,2$ ) e condutividade elétrica ( $36,1 \pm 1,5$  µS.cm<sup>-1</sup>). A temperatura da água ( $23,6 \pm 2,1$ °C) foi aferida diariamente pela manhã e tarde, mantendo-se na faixa ideal para o desempenho produtivo da espécie (BALDISSEROTTO & NETO, 2004).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram formuladas dietas experimentais (Tabela 1), isoproteicas (29,09% de proteína digestível) e isoenergéticas (3.250 kcal de energia digestível), contendo

diferentes óleos em sua composição (óleos de soja, girassol, peixe, canola e oliva - na concentração de 3,0%). Para a elaboração das rações, os ingredientes foram triturados em um moinho tipo martelo (Vieira, MCS 280, Tatuí - São Paulo, Brasil), pesados, misturados manualmente e submetidos ao processo de extrusão (Extec®, Ex-Micro, Ribeirão Preto - São Paulo, Brasil). Em seguida, foram colocadas em estufa de ventilação forçada (55 °C) durante o período de 24 horas. A alimentação dos peixes foi realizada até a saciedade aparente, quatro vezes ao dia (08h30, 11h30, 14h30 e 17h30), por um período de 90 dias.

Após o período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas até esvaziamento do trato gastrointestinal e, posteriormente foram insensibilizados com solução contendo benzocaína, na dose de 100 mg.L<sup>-1</sup> (GOMES *et al.*, 2001), para a realização das medidas individuais de peso (g) e comprimento (cm).

As variáveis de desempenho produtivo analisadas foram: ganho em peso (g) (peso corporal final - peso corporal inicial); sobrevivência (%) [(número de peixes final/número de peixes inicial)] \*100; conversão alimentar aparente (dieta consumida / ganho em peso); taxa de crescimento específico (%dia<sup>-1</sup>) [(ln (peso final) - ln (peso inicial)) / dias de experimento] \*100; taxa de eficiência proteica [ganho em peso (g) / consumo de proteína bruta na matéria seca (g)]; índice hepatossomático (%) [peso do fígado (g) \*100/peso final (g)]; e gordura visceral (%) [peso da gordura visceral (g) \*100/peso final (g)].

**Tabela 1-** Composição percentual de ingredientes e nutrientes das dietas experimentais ofertadas a juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*).

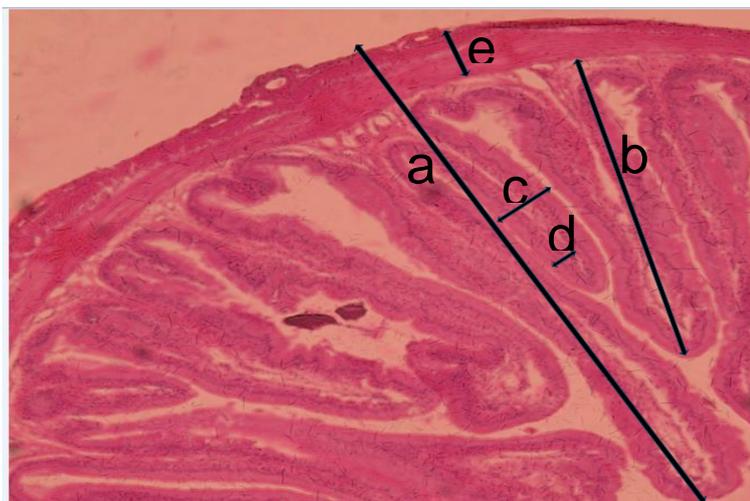
Ingredientes (%)	Fontes lipídicas				
	Óleo de soja	Óleo de girassol	Óleo de peixe	Óleo de canola	Óleo de oliva
Farinha de peixe	33,30	33,30	33,30	33,30	33,30
Milho grão	18,89	18,89	18,89	18,89	18,89
Arroz quirera	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65
Farinha de vísceras de aves	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55
Farelo de soja 45%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo de trigo	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Óleo de soja	3,00	-	-	-	-
Óleo de girassol	-	3,00	-	-	-
Óleo de peixe (tilápia)	-	-	3,00	-	-
Óleo de canola	-	-	-	3,00	-
Óleo de oliva	-	-	-	-	3,00
Premix	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal comum	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cloreto de colina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antifúngico	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100	100	100	100	100
<b>Nutrientes (%)</b>					
Proteína Digestível	29,09	29,09	29,09	29,09	29,09
Ácido linoleico	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
Amido	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Arginina total	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
Cálcio	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Energia digestível (kcal)	3250	3250	3250	3250	3250
Fibra bruta	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Fósforo total	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Gordura	9,36	9,36	9,36	9,36	9,36
Lisina total	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
Metionina total	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
<b>Composição química (Matéria natural %)</b>					
Energia bruta (Kcal)	4540,00	4480,00	4500,00	4480,00	4480,00
Proteína Bruta	38,43	39,06	39,08	38,28	39,47
Gordura	8,60	8,03	8,68	8,79	8,84
Matéria mineral	3,84	4,05	3,64	4,23	4,05

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500.000 UI; vit. D3 - 250.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K3 - 500 mg; vit. B1 - 1.500 mg; vit. B2 - 1.500 mg; vit. B6 - 1.500 mg; vit. B12 - 4.000 mg; ácido fólico - 500 mg; pantotenato de cálcio - 4.000 mg; vit. C - 10.000 mg; biotina - 10 mg; Inositol - 1.000; nicotinamida - 7.000; colina - 10.000 mg; Cobalto - 10 mg; Cobre - 1.000 mg; Ferro - 5.000 mg; Iodo - 200 mg; Manganês - 1500 mg; Selênio - 30 mg; Zinco - 9.000 mg.

Simultaneamente a coleta das variáveis de desempenho produtivo, três peixes de cada unidade experimental foram utilizados para a análise bioquímica sanguínea. O sangue dos peixes foi coletado por punção do vaso caudal, utilizando seringas (3ml) e agulhas descartáveis contendo solução de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) a 10%. Para obtenção do plasma, as amostras foram centrifugadas a 2.500 rpm, por cinco minutos. Foram analisadas as variáveis: proteína total, colesterol total, glicose e triglicerídeos, realizadas a partir de kits comerciais (Gold Analisa), e posterior leitura em espectrofotômetro.

A avaliação da composição centesimal dos peixes foi realizada segundo metodologia proposta pela AOAC (1995) para análises de umidade (pré-secagem a 55 °C por 72 horas seguida de secagem a 105 °C por oito horas), proteínas (método de Kjeldhal; Modle MA-036, Piracicaba - São Paulo, Brasil), extrato etéreo (extrator de Soxhlet com éter como solvente; Modle TE-0,44, Piracicaba - São Paulo, Brasil), e matéria mineral (calcinação das amostras a 550 °C por 6 horas; Modle 2000B, Belo Horizonte - Minas Gerais, Brasil).

Para a análise de histologia intestinal, foi coletada a porção do intestino médio, fixada em solução de alfac por 24 horas, lavada e conservada em álcool 70%. As amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de álcool, clarificadas em xilol e em seguida realizada a inclusão em parafina, posteriormente foram realizados os cortes dos blocos de parafina por meio de um micrótomo (MICROM, InternationalGmbh 69190, Walldorf, Alemanha). Os cortes foram realizados em seções seriadas de 7 µm espessura, e fixados em lâmina, em seguida submetidas à coloração Hematoxilina - Eosina (HE) conforme descrito (Bancroft e Stevens, 1982). Posteriormente, foi realizada a foto documentação (captura de imagens), por meio de um microscópio óptico (P1 Olympus BX 50 - Manila, Filipinas) acoplado a uma câmera (Olympus PMC 35 B - Berlim, Alemanha), através de uma objetiva de 10X, com um auxílio de um sistema de análise de imagem (Software Cell Sens Satandard 1.15®). Foram analisados 10 vilos por animal mensurando a altura do vilos, altura total do vilos, largura do vilos, espessura do vilos e espessura da túnica (Figura 1).



**Figura 1.** Parede do intestino medial do jundiá com as indicações das medidas realizadas. Altura total do vilão(a); Altura do vilão (b);Largura do vilão(c); Espessura do epitélio(d); Espessura da túnica(e). Hematoxilina (HE), objetiva 10x.

Para a quantificação de hepatócitos no fígado, foram cortados em seções de 7  $\mu\text{m}$ . Para a determinação do número de hepatócitos por área (área útil de contagem:  $20000,0000\mu\text{m}^2$ ), as lâminas foram coradas pelo método de Hematoxilina - Eosina (HE) pela metodologia proposta por conforme descrito (Bancroft e Stevens, 1982). As análises histológicas do fígado, foram realizadas a partir de imagens capturadas em microscópio óptico (P1 Olympus BX 50 - Manila, Filipinas) acoplado a uma câmera (Olympus PMC 35 B -Berlim, Alemanha), utilizando-se objetiva de 40x, com um auxílio de software de análise de imagem (Cell Sens Standard 1.15®).

Em relação às análises de estresse oxidativo, foram realizadas análises referentes a substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), Glutathione-S-transferase (GST) e a catalase (CAT). Para essas análises, foram utilizados dois peixes de cada unidade experimental, onde foram acondicionados em gelo, e posteriormente, retirou-se uma amostra de fígado, armazenando-a em nitrogênio líquido para posterior análises.

As amostras de fígado foram homogeneizadas em 9 ml de tampão fosfato de sódio com 0,3M (KCl 140mM, pH 7,4). Em seguida, as amostras foram centrifugadas a  $10000 \times g$  por 10 minutos a  $4^\circ\text{C}$ . O sobrenadante do fígado foi utilizado para realizar as análises de TBARS, GST e CAT.

Para a determinação do TBARS, foi usada a metodologia conforme BUEGE e

AUST (1978). Os resultados foram expressos em n mol MDA/mg proteína. Para a avaliação da atividade da catalase (CAT), foi determinada de acordo com NELSON *et al.* (1982), em um comprimento de onda de 240 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol/mg proteína/min}$ . Em relação a atividade da glutathione S- Transferase (GST) foi medida em 412 nm em um espectrofotômetro de acordo com o método de ELLMAN (1959), utilizando Ácido Tricloroacético 20% (TCA 20% = 20g de TCA em 100mL de água destilada) na proporção de 0,2g de tecido:1 ml de TCA. A atividade foi expressa em  $\mu\text{moles/mg proteína}$ .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade e homocedasticidade, atendendo a esses pressupostos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando apresentaram diferenças significativas foi realizado o teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de significância.

## RESULTADOS

Os peixes alimentados com dieta contendo óleos de origem animal e vegetal apresentaram resultados semelhantes ( $p>0,05$ ) para o ganho em peso, sobrevivência, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e índice hepatossômico (Tabela 2). O índice de gordura visceral apresentou-se maior em peixes alimentados com dietas contendo óleo de girassol ( $p<0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores de médias e desvio padrão do desempenho produtivo de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo óleos de origem animal e vegetal.

Variáveis*	Óleos					P
	Soja	Girassol	Peixe	Canola	Oliva	
GP (g)	104,83±10,54	106,12±5,31	100,84±8,00	106,62±9,97	102,21±13,61	NS
SO (%)	98,33±3,33	100±0,00	93,33±0,00	95,00±6,38	95,00±6,38	NS
CAA	1,38±0,20	1,37±0,08	1,53±0,11	1,42±0,15	1,4±0,25	NS
TCE (%/dia)	2,28±0,12	2,28±0,06	2,03±0,05	2,20±0,09	2,16±0,16	NS
TEP	2,07±0,32	2,08±0,13	1,97±0,15	2,14±0,23	2,00±0,38	NS
IHS (%)	2,21±0,46	2,07±0,36	2,44±0,28	2,20±0,34	2,28±0,40	NS
IGVS (%)	2,24±0,40a	3,26±0,58b	2,38±0,50a	2,35±0,54a	2,42±0,57a	S

GP = Ganho em Peso (g); SO = Sobrevivência (%); CAA = Conversão Alimentar Aparente; TCE= Taxa de Crescimento Específico (% / dia); TEP = Taxa de Eficiência Proteica; IHS = Índice Hepatossômico(%); IGVS =Índice de Gordura Visceral (%). \*Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Os dados de composição centesimal dos peixes, não diferiram ( $p>0,05$ ) para as variáveis de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral (Tabela 3).

**Tabela 3** - Valores de médias e desvio padrão das variáveis de composição centesimal de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal.

Variáveis*	Óleos					P
	Soja	Girassol	Peixe	Canola	Oliva	
UMI (%)	71,32 ± 0,96	70,65 ± 0,83	70,93 ± 0,52	72,76 ± 5,15	71,06 ± 0,76	NS
PB (%)	15,80 ± 1,45	16,03 ± 0,58	15,72 ± 0,70	18,17 ± 3,28	16,33 ± 1,10	NS
EE (%)	10,30 ± 0,78	10,03 ± 0,77	10,07 ± 0,49	9,45 ± 2,48	9,64 ± 0,54	NS
MM (%)	3,22 ± 0,06	3,48 ± 0,39	3,34 ± 0,21	2,93 ± 0,71	3,57 ± 0,12	NS

UM= Umidade (%); PB= Proteína Bruta (%); EE= Extrato Etéreo (%); MM= Matéria Mineral (%).  
\*Não significativo ( $p>0,05$ ).

A análise histomorfométrica do intestino de jundiás demonstrou semelhança ( $p>0,05$ ) para as variáveis de altura do vilão, altura total do vilão, largura do vilão, espessura do vilão e túnica (Tabela 4).

**Tabela 4** - Valores de média e desvio padrão das variáveis histológicas intestinal de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal.

Variáveis*	Óleos					P
	Soja	Girassol	Peixe	Canola	Oliva	
AV	810,35±54,66	713,11±130,74	851,14±136,60	687,01±181,70	757,68±120,78	NS
ATV	913,01±73,16	801,79±118,64	989,66±195,79	769,32±173,43	845,63±124,11	NS
LV	106,88±18,50	104,45±13,43	105,67±24,29	105,74±13,54	100,06±9,42	NS
EV	46,69±5,65	50,56±9,85	47,77±16,30	51,46±12,21	48,71±5,08	NS
TV	136,39±27,01	110,55±22,53	124,11±42,00	108,17±14,43	108,00±29,13	NS

AV= Altura do vilão ( $\mu\text{m}$ ); ATV= Altura total do vilão ( $\mu\text{m}$ ); LV= Largura do vilão ( $\mu\text{m}$ ); EV= Espessura do vilão ( $\mu\text{m}$ ); TV= Túnica do vilão ( $\mu\text{m}$ ).

\*Não significativo ( $p>0,05$ ).

As diferentes fontes lipídicas nas dietas promoveram diferenças ( $p<0,05$ ) no número de células hepáticas (Tabela 5). Foi observado um maior número de hepatócitos nos peixes que se alimentaram com dietas contendo óleo de soja, contudo, não diferindo dos peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe.

**Tabela 5**– Valores de média e desvio padrão do número de hepatócitos em tecido hepático de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal.

Variável*	Óleos					P
	Soja	Girassol	Peixe	Canola	Oliva	
HE*	172,00±50,29b	115,91±32,97a	146,08±14,62ab	131,69±17,35a	123,70±19,35a	0,00

HE= Hepatócitos.

\*Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Nas variáveis de bioquímica plasmática, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para triglicerídeos, colesterol total, proteína total e glicose (Tabela 6) nos jundiás alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

**Tabela 6** - Valores de média e desvio padrão dos parâmetros bioquímicos plasmáticos de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo óleo de origem animal e vegetal.

Variáveis*	Óleos					P
	Soja	Girassol	Peixe	Canola	Oliva	
TRIG	533,23±110,42	492,77±164,30	518,60±200,54	504,52±145,93	383,78±63,07	NS
COLE	332,68±140,25	368,25±75,24	332,16±44,65	354,22±82,63	324,47±44,87	NS
PROT	4,91±1,37	4,83±0,92	5,45±0,69	5,24±0,78	6,08±1,49	NS
GLIC	78,53±14,99	88,41±50,19	102,07±25,91	68,46±26,55	96,95±20,72	NS

TRIG= Triglicerídeos ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ); COLE= Colesterol total ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ); PROT= Proteínas totais ( $\text{g.dL}^{-1}$ ); GLIC= Glicose ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ).

\*Não significativo ( $p > 0,05$ ).

Em relação ao estresse oxidativo, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a peroxidação lipídica por meio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), onde os peixes alimentados com dieta contendo óleo de peixe apresentaram uma maior peroxidação lipídica quando comparados com os peixes alimentados com dietas contendo óleo de girassol, óleo de canola e óleo de oliva, entretanto, não diferiu dos peixes alimentados com óleo de soja (Tabela 8). Observou-se diferença ( $p < 0,05$ ) para a atividade da enzima glutathione S-transferase (GST), onde os peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe apresentaram maior atividade desta enzima quando comparados com aqueles alimentados com óleo de soja e oliva, contudo, não houve diferença para a atividade da GST dos peixes alimentados com óleo de girassol e canola (Tabela 8). Não foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para a atividade da enzima catalase para todos os tratamentos (Tabela 7).

**Tabela 7-** Valores de média e desvio padrão do produto da concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e da atividade das enzimas antioxidantes glutationa-S-transferase (GST) e catalase (CAT), de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo fontes lipídicas de origem animal e vegetal.

Variáveis*	Óleos					P
	Soja	Girassol	Peixe	Canola	Oliva	
TBARS*	3,36±0,30bc	2,75±0,36ab	4,27±0,82c	2,20±0,36ab	1,77±0,83a	S
GST*	0,73±0,08a	0,91±0,18ab	1,08±0,10b	0,94±0,04ab	0,74±0,09a	S
CAT	0,68±0,23	0,82±0,24	0,72±0,15	0,39±0,17	0,61±0,40	NS

TBARS= Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (n mol MDA/ mg proteína); GST= Glutathione S-Transferase (µmoles/mg proteína); CAT= Catalase (µmol/mg proteína/min).

\*Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

## DISCUSSÃO

As dietas contendo as diferentes fontes de óleos de origem animal e vegetal não resultaram em diferenças significativas para o ganho em peso, sobrevivência, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e índice hepatossomático dos peixes. Possivelmente devido às dietas apresentarem valores nutricionais energéticos constantes na base da ração. Estes resultados indicam que tenham atendido as exigências nutricionais da espécie, pois os peixes foram capazes de aproveitar eficientemente a energia e os ácidos graxos provenientes dos óleos avaliados.

As diferentes fontes lipídicas não influenciaram os parâmetros de desempenho produtivo dos animais, pois esta espécie possui maior capacidade de sintetizar esses ácidos graxos essenciais (ARA, EPA e DHA) pelas enzimas enlongases e dessaturases, desde que as mesmas sejam fornecidas por dietas através do ácido linoleico 18:2 n-6 e ácido linolênico 18:3 n-3 (MOREIRA *et al.*, 2001).

Os valores de CAA (1,37-1,53) desta pesquisa são semelhantes aos obtidos por LOSEKANN *et al.* (2008), que avaliaram a inclusão de 5 e 10% de óleo de arroz, canola e soja em dietas para jundiás. Esses valores são considerados satisfatórios para espécies que apresentam hábito alimentar onívoro. Uma das razões para os valores interessantes de CAA no experimento está relacionada com a capacidade do jundiá em poupar o uso da proteína na produção de energia, isso se deve ao fato de a dieta

oferecida aos peixes estar com o balanceamento energético adequado (MEYER; FRACALOSSO, 2004).

Observou-se diferença significativa para o índice de gordura visceral dos jundiás alimentados com diferentes fontes lipídicas de origem animal e vegetal. Em geral, uma das formas de armazenamento de energia é na deposição de gordura, onde são acondicionados principalmente em células do tecido adiposo, devido a essas moléculas de triacilglicerídeos serem hidrofóbicas (LEHNINGER; NELSON; COX, 2004).

Nesse estudo foi possível verificar que os jundiás apresentaram índices de gordura visceral que variaram de 2,24 a 3,26%. A maior deposição de gordura visceral encontrada nos peixes alimentados com as dietas contendo o óleo de girassol, contudo, essa diferença não refletiu em maior crescimento dos animais. Tal fato pode estar relacionado com a sua constituição química, onde o mesmo apresenta um percentual de 71,17% de ácido linoleico (ZAMBIAZI *et al.* 2007). Possivelmente, essa quantidade de ácidos graxos poli-insaturados da família n-6 estava acima da capacidade dos jundiás utilizarem como energia, sendo que provavelmente tenha ocorrido uma maior atividade das enzimas na lipogênese, favorecendo o armazenamento na forma de gordura visceral.

A composição centesimal dos peixes não diferiu entre os tratamentos. Os animais quando são alimentados com dietas isoproteicas, isoenergéticas e apresentando os mesmos níveis de inclusão de lipídios, geralmente não apresentam diferenças na composição química básica (MENOYO *et al.*, 2003). As diferentes fontes de ácidos graxos participam e podem alterar o metabolismo intermediário dos peixes (TAN *et al.*, 2009). Porém, os resultados obtidos neste estudo não apresentaram diferenças devido às dietas serem elaboradas para permanecerem isoenergéticas, evitando alterar a deposição de gordura do animal e representar na modificação da composição química de extrato etéreo da carcaça dos peixes.

A utilização de fontes lipídicas pode modificar a atividade hepática de enzimas ligadas a lipogênese, entretanto, o nível dessa alteração/influência irá depender da espécie, da fase de vida e das fontes de lipídios utilizadas (MENOYO *et al.*, 2003). Uma das possibilidades para que não tenha ocorrido alteração na deposição

de gordura do animal pode estar relacionada à baixa atividade das enzimas lipogênicas favorecida pela composição dos ácidos graxos presentes nas rações.

A altura das vilosidades e a espessura da camada muscular intestinal não diferiram entre as dietas avaliadas. Não foi possível observar modificação na altura dos vilos, possivelmente não ocorreu um desequilíbrio no turnover promovido pelo decréscimo da taxa de extrusão, originando em um acréscimo no número de células e consequentemente aumento na altura dos vilos (PLUSKE; HAMPSON; WILLIAMS, 1997).

Não houve diferença entre os valores bioquímicos plasmáticos dos jundiás alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídicas de óleos de origem animal para as variáveis de proteínas totais, glicose, triglicerídeos e colesterol total.

Existem poucos estudos com relação aos parâmetros bioquímicos e hematológicos dos peixes com potencial para o cultivo. Esses estudos são importantes para se ter o conhecimento sobre a saúde e o sistema imunológico dos peixes. Para machos de jundiás, BORGES *et al.* (2004) determinaram a média de concentração de proteína total, glicose, triglicerídeos e colesterol forma de: 3,5 a 4,9 g.dL<sup>-1</sup>; 43 a 78 mg.dL<sup>-1</sup>; 138 a 546 mg.dL<sup>-1</sup>; e 110 a 240 mg.dL<sup>-1</sup>, respectivamente. Os peixes quando são alimentados com fontes energéticas com maior nível calórico podem apresentar variações nos valores bioquímicos sanguíneos.

Para as proteínas plasmáticas totais foram observados que os peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe, óleo de canola e óleo de oliva apresentaram valores maiores, isso pode estar relacionado com as fontes lipídicas e o teor de lipídios inserido nas dietas para os peixes. (GBORE *et al.*, 2010).

Para a glicose plasmática, não foram observadas diferenças entre os tratamentos, contudo, para os peixes alimentados com dietas contendo óleo de soja, óleo de girassol, óleo de peixe e óleo de oliva, apresentaram valores acima do normal para a espécie (BORGES *et al.*, 2004). Provavelmente, estes altos valores mostram que os jundiás estavam em estresse, possivelmente estimulando a liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) que liberam os corticoides, onde está presente o cortisol (IWAMA *et al.*, 1997; MOMMSEM *et al.*, 1999; URBINATI; CARNEIRO, 2001; INOUE *et al.*, 2004; INOUE *et al.*, 2005). Quando ocorre o aumento do cortisol, o mesmo estimula a gliconeogênese no fígado para que os níveis de glicose

plasmática aumentem, promovendo o aumento de energia para os tecidos do animal, esse processo ocorre através da degradação de lipídios transformando em substâncias orgânicas denominadas de ácidos graxos, por meio da ação da lipólise (SHERINDAN, 1994).

Os teores dos triglicerídeos servem para interpretar o bem-estar dos peixes, bem como entender o metabolismo do peixe (TOLUSSI *et al.*, 2010). Uma alta concentração deste composto pode afetar a saúde do animal, ocorrendo um acúmulo de gordura. Os peixes alimentados com as dietas contendo óleo de origem animal e vegetal, não promoveram modificação no metabolismo lipídico, sendo este parâmetro um indicador destas reações químicas que ocorrem no interior da célula do organismo. No presente estudo, os valores de triglicerídeos estão de acordo com a faixa de tolerância para esta espécie (BORGES *et al.*, 2004).

Não se observou diferença entre os tratamentos para o teor de colesterol nos juvenis de jundiás, entretanto, os valores encontrados não estão dentro da faixa considerada normal para a espécie (BORGES *et al.*, 2004), podendo ser indício de que as fontes energéticas utilizadas nas dietas experimentais podem estar afetando o teor de colesterol, seja pelo perfil lipídico que elas possuem ou pelo nível de inclusão utilizado.

De acordo com BALDISSEROTTO (2002), o colesterol tem papel primordial na formação de hormônios esteroides, contribuindo para o crescimento dos peixes, contudo, quando o peixe deixa de crescer, ocasiona maior concentração sanguínea deste elemento. Neste estudo, não ocorreu esse processo, pois o peixe continuou ganhando peso até a fase de juvenil.

Em estudo realizado por RICHARD *et al.* (2006a), com *Dicentrarchus labrax*, observou-se que os peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe apresentaram um maior nível de colesterol total em relação as demais fontes de óleos vegetais. No atual estudo, ocorreu o processo inverso sendo que as fontes lipídicas de origem vegetal apresentaram maiores teores de colesterol total sobre os peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe, apesar desses óleos de origem vegetal possuírem fitoesteróis que induzem a diminuição de colesterol total, reduzindo assim sua absorção intestinal (GILMAN *et al.*, 2003).

No presente estudo, os peixes alimentados com dietas contendo óleo de soja, apresentaram uma maior quantidade de células hepáticas. Provavelmente, tenha

ocorrido uma menor atividade das enzimas que participam do processo da lipogênese, isso devido em sua composição química conter ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-3 em sua composição, que reduz esse processo no tecido hepático, bem como, o armazenamento lipídico. Os processos lipogênicos são realizados no fígado. Pesquisas realizadas com a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) comprovam que dietas ricas em PUFAs da família w-3 diminuem o processo lipogênico nos tecidos hepático e adiposos (NIELSEN et al., 2005).

Nesse presente estudo foram realizadas análises enzimáticas para verificar a saúde dos peixes alimentados com fontes lipídicas de origem animal e vegetal. Essa análise bioquímica por meio de sistema antioxidante tem como função retirar das espécies reativas de oxigênio (EROS) e desintoxicar através de um sistema de defesa, fazendo com que não danifiquem as macromoléculas e comprometam as estruturas biológicas e membranas celulares (JACOB *et al.*, 2003; HALLIWELL e GUTTERIDGE 2007; RAMAKRISHNAN *et al.*, 2007).

No presente estudo foi verificada uma maior formação de malonaldeído no fígado dos peixes alimentados com óleo de peixe. Provavelmente possa ter ocorrido a liberação de metabólitos tóxicos, causando danos oxidativos, consequentemente, comprometendo as células hepáticas dos peixes (EDWIN *et al.*, 2013). Isso implica em alterações estruturais das membranas celulares, o que ocasiona também desestruturação das membranas biológicas, comprometendo a própria célula, consequentemente, aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e maior estresse oxidativo (KUNH e BORCHERT, 2002; BARREIROS *et al.*, 2006).

Os peixes alimentados com óleo de peixe apresentaram uma maior atividade de glutatona-S-transferase (GST) quando comparadas com aqueles alimentados com óleo de girassol e canola, possivelmente este aumento pode estar relacionado à presença de compostos químicos estranhos presentes no produto da lipoperoxidação lipídica, promovidos pelo estímulo deste óleo pelos seus metabólitos lipídicos ao organismo, causando efeito nocivo nos peixes. Com isso, essa pode ser controlada por essa enzima, de modo que, reduz estes compostos através do processo de metabólico que deixa as substâncias mais hidrossolúveis, para que a mesma seja excretada (HERMES-LIMA, 2004).

A catalase é uma enzima que converte o peróxido de hidrogênio em oxigênio e água. Esta é uma enzima intracelular, que se localiza nos peroxissomos (NELSON e COX, 2005). Os peroxissomos têm a capacidade de degradar os ácidos graxos por meio da  $\beta$ -oxidação (NELSON e COX, 2005; MOTTA, 2011). Neste trabalho, a atividade enzimática da catalase não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, devido a não liberação de peróxido de hidrogênio pelo processo de  $\beta$ -oxidação.

## CONCLUSÃO

As suplementações de fontes lipídicas de origem animal e vegetal proporcionam desempenho similar para os juvenis de jundiá *Rhamdia quelen*. Não recomenda-se o óleo de girassol, devido a proporcionar uma maior deposição de gordura visceral nos peixes.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, S. M. 1998 Ecological role of lipids in the health and success of fish populations. In: ARTS, M. T.; WAINMAN, B. C. Lipids in freshwater ecosystems. New York : Springer-Verlag, 7: 132-160.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18.ed. Gaithersburg, Maryland.

BALDISSEROTTO, B.; NETO, J. Criação de Jundiá. Santa Maria: Editora UFSM. 232p.

BALDISSEROTTO, B. 2002. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 211p.

BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. 2006 Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa de organismo. *Química Nova* 29: 113-123.

BELL, J. G.; MCGHEE, F.; DICK, J. R.; TOCHER, D. R. 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 (1): 305-314.

- BERNET, D.; SCMIDT, H.; MEIER, W.; BURHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. 1999 Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases*, 22: 25-34.
- BOLLA, S.; NICOLAISEN, O.; AMIN, A. 2011 Liver alterations induced by long term feeding on commercial diets in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) FEMALES. Histological and biochemical aspects. *Aquaculture*, 312:117-125.
- BORGES, A.; SCOTTI, L. V.; SIQUEIRA, D. R.; JURINITZ, D.; WASSERMANN, G. F. 2004 Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 30 (1): 21-25.
- BUEGE, J.A; AUST, S. D. 1978 Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, 52: 302-309.
- Brancroft, J. D., Gramble, M. 2002. *Theory and practice of histological techniques*. New York: Churchill Livingstone, 796p.
- CABALLERO, M. J.; IZQUIERDO, M. S.; KJØRSVIK, E.; FERNANDEZ, A. J.; ROSENLUND, G. 2004. Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus aurata* L., caused by short-or long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *Journal of Fish Diseases*, 27(9): 531-541.
- CABALLERO, M. J.; IZQUIERDO, M. S.; KJØRSVIK, E.; MONTERO, D.; SOCORRO, J.; FERNÁNDEZ, A. J.; ROSENLUND, G. 2003 Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, 225(1-4): 325-340.
- CAULA, F. C. B.; OLIVEIRA, M. P.; MAIA, E. L. 2008 Teor de colesterol e composição centesimal de algumas espécies de peixes do estado do Ceará. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(4).
- CEJAS, J. R.; ALMANSA, E.; VILLAMANDOS, J. E.; BADIÑA, P.; BOLAÑOS, A.; LORENZO, A. 2003 Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus argus*). *Aquaculture*, 216(1-4): 299-313.

DIEMER, O.; NEU, D. H.; SARY, C.; FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. 2012 *Artemia* sp. na alimentação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Animal Brasileira*, 13(2): 175-179.

EDWIN, H. O.; GALOUGAHI, K.K.; LIU, C.; BHINDI, R.; GEMMA, A. F. 2013, Biological markers of oxidative stress: Applications to cardiovascular research and practice. *Redox biology*, 1 (1): 483-491.

ELLMAN, G. L. 1959 Tissue sulfhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82 (1):70-77.

FEIDEN, A.; SIGNOR, A. A.; DIEMER, O.; SARY, C.; BOSCOLO, W. R., NEU, D. H. 2017 Desempenho de juvenis de jundiás (*Rhamdia voulezi*) submetidos à alimentação com ração orgânica certificada e comercial. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, 8(4): 381-387.

FRACALOSI, D. M.; MEYER, G.; SANTAMARIA, F. M.; WEINGARTNER, M.; FILHO, E. Z. 2004. Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(3): 345-352.

GBORE, F. A.; ADEWOLE, A. M.; OGinni, O.; OGUNTOLU, M. F.; BADA, A. M.; AKELE, O. 2010 Growth performance, haematology and serum biochemistry of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings fed graded levels of dietary fumonisin B 1. *Mycotoxin research*, 26(4): 221-227.

GILMAN, C. I.; LEUSCH, F. D.; BRECKENRIDGE, W. C.; MACLATCHY, D. L. 2003 Effects of a phytosterol mixture on male fish plasma lipoprotein fractions and testis P450scc activity. *General and Comparative Endocrinology*, 130(2): 172-184.

GOMES, L. C.; GOMES, A. R. C.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; LIMA, C. A. 2001 Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture society*, 32(4): 426-431.

HALILOĞLU, H. İ.; BAYIR, A.; SIRKECIOĞLU, A. N.; ARAS, N. M.; ATAMANALP, M. 2004 Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chemistry*, 86(1): 55-59.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. 2007 Free Radicals in Biology and Medicine. Nova York: Oxford University Press, 1: 851.

HERMES-LIMA, M. 2004 Oxygen in Biology and Biochemistry: Role of Free Radicals. In: Wiley-Liss, NY Jonh Wiley & Sons. Functional Metabolism: *Regulation and Adaptacion*. 1: 213-368.

INOUE, L. A. K. A.; AFONSO, L. O. B.; IWAMA, G. K.; Moraes, G. 2005. Effects of clove oil on the stress response of matrinxã (*Bryconcephalus*) subjected to transport. *Acta Amazonica*, 35(2): 289-295.

INOUE, L. A. K. A.; HACKBARTH, A.; MORAES, G. 2004 Avaliação dos anestésicos 2-phenoxyethanol e benzocaína no manejo do matrinxã *Bryconcephalus* (Günther, 1869). *Biodiversidade Pampeana*, 2(1).

IZQUIERDO, M. S.; TANDLER, A.; SALHI, M.; KOLKOVSKI, S. 2001 Influence of dietary polar lipids' quantity and quality of ingestion and assimilation of labelled fatty acids by larval gilthead seabream. *Aquaculture Nutrition*, 7(3), 153-160.

IWAMA, G. K.; PICKERING, A. D.; SUMPTER, J. P. 1997 Fish stress and health in aquaculture. Cambridge University Press. 7

JACOB, C.; GILES, G. I.; GILES, N.M.; SIES, H. 2003 Sulfur and selenium: the role of oxidation state in protein structure and function. *Angewandte Chemie (International Ed. in English)*, 42(39): 4742-58.

KENNEDY, A.; MARTINEZ, K.; SCHMIDT, S.; MANDRUP, S.; LAPOINT, K.; MCINTOSH, M. 2010 Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. *The Journal of nutritional biochemistry*, 21(3): 171-179.

KUHN, H.; BORCHET, A. 2002 Regulation of enzymatic lipid peroxidation: the interplay of peroxidizing and peroxide reducing enzymes. *Free Radical Biology & Medicine*, 33 (2): 154-172.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. 2004 **Principles of biochemistry**. 4. Ed. New York: Freeman, W. H.& Company. 1100p

LEONARD, A. E.; PEREIRA, S. L.; SPRECHER, H.; HUANG, Y. S. 2004 Elongation of long-chain fatty acids. *Progress in lipid research*, 43(1): 36-54.

LING, S.; KUAH, M. K.; MUHAMMAD, T. S. T.; KOLKOVSKI, S.; SHU-CHIEN, A. C. 2006 Effect of dietary HUFA on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs in female swordtail *Xiphophorus helleri*. *Aquaculture*, 261(1): 204-214.

LOSEKANN, M. E.; RADÜNZ, N. J.; EMANUELLI, T.; ARAÚJO P. F.; LAZZARI, R.; TAFFAREL Bergamin, G.; SIMÕES, R. S. 2008 Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural*, 38(1).

MAKOL, A.; TORRECILLAS, S.; FERNÁNDEZ-VAQUERO, A.; ROBAINA, L.; MONTERO, D.; CABALLERO, M. J.; IZQUIERDO, M. 2009 Effect of conjugated linoleic acid on dietary lipids utilization, liver morphology and selected immune parameters in sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 154(2):179-187.

MENOYO, D.; LOPEZ-BOTE, C. J.; BAUTISTA, J. M.; OBACH, A. 2003 Growth, digestibility and fatty acid utilization in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids. *Aquaculture*, 225(1-4): 295-307.

MEYER, G.; FRACALOSI, D. M. 2004 Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture* 240(1): 331-343.

MOMMSEN, T. P.; VIJAYAN, M. M.; MOON, T. W. 1999 Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9(3): 211-268.

MONTERO, D.; KALINOWSKI, T.; OBACH, A.; ROBAINA, L.; TORT, L.; CABALLERO, M. J.; IZQUIERDO, M. S. 2003 Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. *Aquaculture*, 225(1-4): 353-370.

MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. 2001 Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian Brycon freshwater fishes. *Journal of food composition and analysis*, 14(6): 565-574.

MORETTO, E.; FEET, R. 1998 Tecnologia de Óleos e Gorduras vegetais na Indústria de Alimentos. São Paulo: Varela Editora e Livraria.

MOTTA, V. T. 2011 Bioquímica Básica. 2ª Edição, Rio de Janeiro. ED. Medbook.

MOURENTE, G.; GOOD, J. E.; BELL, J. G. 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 $\alpha$ , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition* 11 (1): 25-40.

NELSON, D.P.; KIESOW, L.A. 1972 Enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide by catalase at 25 degrees C (with molar extinction coefficients of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solutions in the UV). *Analytical Biochemistry*, 49 (2):474-478.

NELSON, D. L.; COX, M. M. 2005 Lehninger Principles of Biochemistry, 4<sup>a</sup> edição, W. H. Freeman.

NIELSEN, N.S.; GOTTSCHKE, J.R.; HOLM, J. ET AL. 2005 Effect of structured lipids based on fish oil on the growth fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v.250, p. 411-423, 2005.

NORAMBUENA, F.; MORAIS, S.; ESTÉVEZ, A.; BELL, J. G.; TOCHER, D. R.; NAVARRO, J. C. Duncan, N. 2013 Dietary modulation of arachidonic acid metabolism in senegalese sole (*Solea Senegalensis*) broodstock reared in captivity. *Aquaculture*, 372: 80-88.

PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J.; WILLIAMS, I. H. 1997 Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock production science*, 51 (1): 215-236.

RAMAKRISHANAN, S.; RAJES, M.; SULOCHANA, K.N. 2007 Eales' disease: oxidant stress and weak antioxidant defense. *Indian Journal Ophthalmol*, 55 (2): 95-102.

REBOLLO, A. G.; BOTEJARA, E. M.; CANSADO, A. O.; MORALES, P. J.; BELLIDO, M. M.; SÁNCHEZ, A. F.; ALVAREZ, J. C. 1998 Effects of consumption of meat product rich in monounsaturated fatty acids (the ham from the Iberian pig) on plasma lipids. *Nutrition Research*, 18(4): 743-750.

RICHARD, N.; KAUSHIK, S.; LARROQUET, L.; PANSERAT, S.; Corraze, G. 2006 Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 96(2): 299-309.

SANTOS, J. 2008 Derivados da extração do óleo de girassol para vacas leiteiras. São Paulo, Brasil. Jaboticabal. 95f (Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista). Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/104908>> Acesso em: 10 de outubro de 2017.

SARGENT, J. R.; TOCHER, D. R; BELL, J.G. 2002 The lipidis. In: HALVER, J. E. Fish Nutrition. Acadêmico Inc. Press, San Diego, CA, EUA. p. 181-257.

SARGENT, J.; BELL, G.; MCEVOY, L.; TOCHER, D.; Estevez, A. 1999 Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177(1-4): 191-199.

SHERIDAN, M. A. 1994 Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: *Comparative Biochemistry*, 107(4): 495-508.

SIGNOR, A.;FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.;SIGNOR, A. A.;GONÇALVES, G. S.;SARY, C.;KLEIN, S. 2013Eventosreprodutivos do jundiá*Rhamdiavoulezic*cultivadoemtanques-rede. *RevistaBrasileira de Reprodução Animal*, 37(3): 272-277.

TAN, X. Y.; LUO, Z.; XIE, P.; 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 *Pelteobagrusfulvidraco*. *Aquaculture*, 296(1-2): 96-101.

TAPIERO, H.; BA, G. N.; COUVREUR, P.; TEW, K. D. 2002 Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 56(5): 215-222.

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 characterization, and nutritional regulation of fatty acyl  $\Delta 6$  desaturase of Atlantic cod (*Gadusmorhua* L.). *Lipids*, 41(11): 1003-1016.

TOCHER, D. R. 2003 Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in fisheries science*, 11(2): 107-184.

TOLUSSI, C. E.; HILSDORF, A. W. S.; CANEPPELE, D.; Moreira, R. G. 2010 The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). *Aquaculture*, 310(1-2): 221-228.

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

TURCHINI, G. M.; NG, W.; TOCHER, D. R. 2010 Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. CRC Press.

URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. 2001 Metabolic and hormonal responses of the matrinxã *Bryconcephalus* (Teleostei: *Characidae*) to the stress of transport under the influence of benzocaine. *Journal Aquaculture*, 16: 75-85.

ZAMBIAZI, R.C.; PRZYBYLSKI, R.; ZAMBIAZI, M.W.; MENDONÇA, C.B. 2007 Fatty acid composition of vegetable oils and fats. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 25 (1): 111-120.

ZAMPELAS, A.; MORGAN, L.M.; FURLONGER, N. 1995 Effects of dietary fatty acid composition on basal and hormone-stimulated hepatic lipogenesis and on circulating lipids in the rat. *British Journal of Nutrition*, 74: 381-392.

WATANABE, T.; VASSALLO-AGIUS, R. 2003 Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture*, 227(1): 35-61.

WILLIAMS, C. M. 2000 Dietary fatty acids and human health. In: *Annales de Zootechnie. EDP Sciences*: 165-180.

.