

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

KAREN DAIANNY MACEDO MELO

**DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS E FONTES LIPÍDICAS PARA JUVENIS
DE PACAMÃ *Lophiosilurus alexandri***

**Belo Horizonte-MG
2015**

KAREN DAIANNY MACEDO MELO

**DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS E FONTES LIPÍDICAS PARA JUVENIS
DE PACAMÃ *Lophiosilurus alexandri***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Produção animal

Orientador: Edgar de Alencar Teixeira

**Belo Horizonte-MG
2015**

Ficha Catalográfica

M528d Melo, Karen Daianny Macedo, 1983-
Digestibilidade de alimentos e fontes lipídicas para juvenis de Pacamã
Lophiosilurus alexandri / Karen Daianny Macedo Melo. – 2015.
96 p. : il.

Orientador: Edgar de Alencar Teixeira
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Peixe – Alimentação e rações – Teses. 2. Pacamã (Peixe) – Alimentação e rações – Teses. 3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Desempenho produtivo – Teses. 5. Digestibilidade – Teses. I. Teixeira, Edgar de Alencar. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 639.3

Tese defendida e aprovada no dia 26 de fevereiro de 2015, pela Comissão Examinadora constituída por:

Prof^o. Dr. Edgar de Alencar Teixeira
Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

Prof^o. Dr. Paulo Mario Carvalho de Faria
Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN

Prof^o Dr. Felipe Shindy Aiura
Universidade Estadual de Montes Claros -UNIMONTES

Prof^o Dr. Leonardo Boscoli Lara
Univeridade Federal de Minas Gerais-UFMG

Dra. Érika Ramos de Alvarenga
Univeridade Federal de Minas Gerais-UFMG

A Deus pelo amparo e fé,
aos meus pais, esposo, irmãos,
familiares e amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a realização dessa etapa na minha vida. Por me amparar nos momentos difíceis e de desânimo, me mostrando que a fé em ti sempre foi maior.

À Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária e Laboratório de Aquicultura-Laqua, pela oportunidade da realização dessa pós-graduação.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela oportunidade e apoio financeiro.

Ao Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária, ao Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias - Codevasf, e ao Convênio Cemig GT/Codevasf (Cv 4020000357), pelo auxílio na execução das análises laboratoriais.

Em especial, ao meu orientador professor Edgar de Alencar Teixeira pela dedicação, orientação, paciência nesses quatro anos.

Aos professores do laboratório de Aquicultura pelo aprendizado e técnicos administrativos pelo auxílio na execução das pesquisas.

Aos membros da banca, Prof^o. Felipe Shindy Aiura-Unimontes, Prof^o. Paulo Mario Carvalho de Faria-UFRN, Prof^o Dr. Leonardo Boscoli Lara-UFMG e Érika Ramos de Alvarenga-UFMG, por aceitarem meu convite e pela contribuição no meu aprendizado.

Aos colegas e alunos de iniciação científica pela ajuda na execução das pesquisas, sem vocês o trabalho seria mais cansativo.

Aos amigos que adquiri durante esses quatro anos no Laqua, em especial a Deliane, Amanda, Laura, Welliene, Débora, Wallison, Cristiano, Edenilce, Giovanni, Marcos, Nilda. Obrigada pelo ombro amigo nos momentos difíceis, pelas conversas boas, risadas sem fim e cafés da tarde saborosos.

Às amigas de república que em nosso cantinho de descanso e estudos compartilhei alegrias e tristezas. A Thasia prima e amiga inseparável, a Bárbara mocinha mais amável e gentil, a Welliene amiga guerreira e dócil.

Ao meu amado esposo Antonio, pelo amor, incentivo, companheirismo, pela ajuda constante, pelo apoio nos momentos difíceis, principalmente aqueles que chorei e perdi a paciência. Por esperar a conclusão desse meu sonho para podermos seguir os nossos sonhos planejados. Você me faz muito feliz em todos os momentos. Te amo!

Aos meus pais, Vera e Alúcio, por compreender a minha ausência em datas especiais. Por me incentivar a nunca desistir dos meus objetivos, mesmo que apareçam várias pedras no meio do caminho.

Aos meus irmãos Thais, Rúbia e Reimáculo; e cunhados Alex, Thais e Virgínia por vibrar comigo a cada vitória conquistada.

A minha sogra Maria Helena e meu sogro Antonio (*in memória*) por sempre perguntarem pelos meus peixinhos e torcerem junto comigo.

Aos meus sobrinhos, Gabriel, Júlia, Beatriz e Enzo, por fazer das minhas férias e feriados mais divertidos.

Ao meu vovô Reimáculo, minha tia Dioclidia pelo carinho e vibrações positivas.

Aos meus parentes, que torceram por mim e pelos momentos de alegria nos encontros de família.

A todos que passaram pela minha vida acadêmica ao longo dessa caminhada me ajudando de alguma forma.

Muito obrigada!

SUMÁRIO		Pág.
RESUMO GERAL.....		1
ABSTRACT		3
INTRODUÇÃO GERAL.....		5
CAPÍTULO I		
1. REVISÃO DE LITERATURA.....		7
1.1. O Pacamã <i>Lophiosilurus alexandri</i> (Steindachner, 1877).....		7
1.2. Metodologia para determinação da digestibilidade.....		8
1.3. Formulação de dietas experimentais.....		14
1.4. Lipídios na nutrição e metabolismo de peixes.....		17
1.5. Principais fontes de ácidos graxos em dietas para peixes.....		21
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		24
CAPÍTULO II		
DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS PARA JUVENIS DE PACAMÃ (<i>Lophiosilurus alexandri</i>).....		
RESUMO.....		32
ABSTRACT.....		34
1. INTRODUÇÃO		36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....		37
2.1. Local e Delineamento experimental.....		37
2.2. Dietas experimentais e alimentos avaliados.....		38
2.3. Coleta fecal e manejo alimentar.....		39
2.4. Métodos analíticos.....		40
2.5. Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs).....		40
2.6. Análises estatísticas.....		41
3. RESULTADOS.....		42
4. DISCUSSÃO.....		44
5. CONCLUSÕES.....		48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		49
CAPÍTULO III		
FONTES LIPÍDICAS PARA ALIMENTAÇÃO EM JUVENIS DE PACAMÃ (<i>Lophiosilurus alexandri</i>).....		
RESUMO.....		52
ABSTRACT.....		54
1. INTRODUÇÃO.....		56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....		57
2.1. Local e animais experimentais.....		57
2.2. Dietas experimentais.....		57
2.3. Métodos analíticos.....		61
2.4. Desempenho.....		62
2.5. Composição do músculo e fígado.....		63
2.6. Variáveis do sangue e do plasma.....		63
2.7. Histologia e morfometria hepática.....		64
2.8. Análises estatísticas.....		65
3. RESULTADOS.....		66
4. DISCUSSÃO.....		79
5. CONCLUSÕES.....		88
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		89
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		96

LISTA DE TABELAS

	Pag.
CAPÍTULO I	
Tabela 1. Perfil de ácidos graxos de algumas fontes de óleos de interesse para peixe.....	22
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Composição nutricional da dieta referência prática.....	39
Tabela 2. Composição nutricional da dieta referência purificada.....	39
Tabela 3. Composição bromatológica analisada dos alimentos avaliados.....	42
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), da matéria seca (CDAMS) e energia bruta (CDAEN) na dieta referência prática (1) e dieta referência purificada (2) de alimentos para juvenis de pacamã.....	43
CAPÍTULO III	
Tabela 1. Formulação e composição centesimal das dietas experimentais formuladas para juvenis de pacamã.....	58
Tabela 2. Composição de ácidos graxos das dietas experimentais para juvenis de pacamã.....	59
Tabela 3. Composição de ácidos graxos das fontes de lipídios utilizadas nas dietas experimentais para juvenis de pacamã.....	60
Tabela 4. Desempenho de juvenis de pacamãs alimentados com diferentes fontes de lipídios.....	66
Tabela 5. Composição centesimal do músculo e fígado de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios.....	67
Tabela 6. Perfil de ácidos graxos do músculo de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios.....	68
Tabela 7. Perfil de ácidos graxos do fígado de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios.....	72
Tabela 8. Concentração de glicose, proteína plasmática, hematócrito em juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios.....	75
Tabela 9. Concentração de triglicérido, colesterol total, lipoproteínas LDL, HDL e VLDL sérica em juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios.....	76
Tabela 10. Análise morfométrica dos tamanhos médios dos hepatócitos dos pacamãs alimentados com diferentes fontes de lipídio.....	76

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1. Bioconversão do ácido linolênico (LNA) esquerda e linoleico (LA) direita em EPA, DHA e AA pelas enzimas elongases e dessaturases. Adaptado de Garcia *et al.*, (2012)..... 20

CAPÍTULO III

- Figura 1. Percentual de ácidos graxos saturados no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 69
- Figura 2. Percentual de ácidos graxos monoinsaturados no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 69
- Figura 3. Percentual de ácidos graxos n-6 PUFA no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 70
- Figura 4. Percentual de ácidos graxos n-3 PUFA (linolênico, eicosapentaenoico EPA e docosahexaenoico DHA) no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 70
- Figura 5. Percentual de ácidos graxos total (Poliinsaturados, monoinsaturados, saturados, n-3 e n-6 PUFA) no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 71
- Figura 6. Percentual de ácidos graxos saturados no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 73
- Figura 7. Percentual de ácidos graxos monoinsaturados no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 73
- Figura 8. Percentual de ácidos graxos n-6 PUFA (linoleico e araquidônico) no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 74
- Figura 9. Percentual de ácidos graxos n-3 PUFA (linolênico, eicosapentaenoico-EPA e docosapentaenoico-DHA) no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 74
- Figura 10. Percentual de ácidos graxos total (poliinsaturado- PUFA, monoinsaturados-MUFA, saturado, n-3 PUFA e n-6 PUFA) no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios..... 75
- Figura 11. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de peixe (50µm). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 82,31 µm..... 77
- Figura 12. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de soja (50µm). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 94,05 µm..... 77
- Figura 13. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de canola (50µm). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 81,43 µm..... 78
- Figura 14. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de milho (50µm). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 74,71 µm..... 78
-

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARA ou AA	Ácido graxo araquidônico
CA	Conversão alimentar
CDA	Coefficiente de digestibilidade aparente
CAD	Consumo alimentar diário
CDAEN	Coefficiente de digestibilidade aparente da energia bruta
CDAMS	Coefficiente de digestibilidade aparente da matéria seca
CDAPB	Coefficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta
DHA	Ácido docosahexaenoico
EE	Extrato etéreo
EN	Energia bruta
EPA	Ácido eicosapentaenoico
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
GP	Ganho de peso
GPD	Ganho de peso diário
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HUFA	Ácido graxo altamente insaturado
Id	Ingestão alimentar em peso vivo ao dia
IHP	Índice hepatossomático
IVS	Índice viscerossomático
LA	Ácido graxo linoleico
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LNA	Ácido graxo linolênico
MS	Matéria seca
MUFA	Ácido graxo monoinsaturado
n-3	Ácido graxo ômega 3
n-6	Ácido graxo ômega 6
n-9	Ácido graxo ômega 9
PB	Proteína bruta
PUFA	Ácidos graxos poliinsaturados
TAG	Triglicerídeos
TCE	Taxa de crescimento específico
TEP	Taxa de eficiência proteica
VLDL	Lipoproteína de densidade muito baixa
α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
ω	Ômega

RESUMO GERAL

O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) é uma espécie nativa do Rio São Francisco que tem despertado o interesse dos pesquisadores, por apresenta características favoráveis para sua criação em cativeiro. No primeiro estudo, objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca, proteína e energia para farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farelo de soja, farelo de trigo, soja integral tostada e glutenose para juvenis de pacamã (*L. alexandri*). Foram utilizadas duas dietas referência: dieta prática e dieta purificada. Os CDAs apresentaram interação significativa ($P < 0,05$) entre os alimentos e dietas referência. A interferência da dieta referência nos CDAPB foi observada para farinha de peixe, farinha de carne e ossos e farelo de trigo, onde a dieta referência purificada proporcionou maiores coeficientes. No CDAMS a dieta prática promoveu maior resultado para soja integral tostada e novamente ao farelo de trigo. Para o CDAEB apenas o farelo de soja apresentou influência das dietas referência, onde maior valor foi obtido na dieta purificada, semelhante ao CDAPB. Quanto a avaliação dos alimentos, o menor CDAMS e do CDAEB foi observado no farelo de soja, enquanto os maiores resultados foram apresentados na farinha de peixe, farinha de carne e osso e glutenose. Conclui-se que a dieta purificada promoveu maiores CDAPB e CDAEB nos alimentos avaliados e os juvenis de pacamã apresentaram bom aproveitamento dos alimentos proteicos de origem vegetal. No segundo trabalho, o objetivo foi avaliar a utilização de quatro fontes lipídicas: óleo de peixe, óleo de soja, óleo de canola e óleo de milho sobre o desempenho, composição muscular, perfil de ácidos graxos, índice hematológico e morfologia hepática em juvenis de pacamã (*L. alexandri*). As diferentes fontes lipídicas não afetaram o desempenho dos peixes, assim como, não influenciaram a composição nutricional do músculo e fígado ($P > 0,05$), exceto para o perfil de ácidos graxos. O perfil lipídico no músculo refletiu a composição das dietas e foi observada uma elevação nos teores de EPA e DHA na musculatura dos pacamãs alimentados com as fontes lipídicas de origem vegetal. Já no fígado, alguns ácidos graxos não refletiram a composição das dietas, resultado observado para ácidos graxos saturados e o ácido graxo linoleico (C18:2 n-6). A proteína total e hematócrito não foram afetados pela composição das fontes de lipídios, enquanto os triglicerídeos e colesterol total tiveram maior concentração no plasma dos pacamãs alimentados com óleo de peixe. As lipoproteínas

HDL, LDL e VLDL mantiveram inalteradas, assim como, o parênquima hepático dos pacamãs não apresentaram hepatócitos aumentados. Conclui-se que as fontes de lipídios, óleo de peixe, óleo de soja, óleo de milho e óleo de canola, podem ser fornecidos aos juvenis de pacamã. Proporcionando adequado desempenho, aumento dos ácidos graxos EPA e DHA na musculatura, sem causar alterações nas células do fígado. No entanto, o óleo de peixe aumenta os teores de triglicerídeos e colesterol circulantes nesta espécie.

Palavras-chave: ácidos graxos, coeficiente de digestibilidade, desempenho.

GENERAL ABSTRACT

The pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) is a native fish of the San Francisco River that has aroused the interest of researchers because presents favorable characteristics for its captive breeding. The first study aimed to determine the coefficient of apparent digestibility (CAD) of dry matter, protein and energy for fish meal, meat and bone meal, soybean meal, wheat bran, roasted whole soybean and corn gluten meal for pacamã juveniles (*L. alexandri*). Two reference diets were used: practical diet and purified diet. CDA have significant interaction ($P < 0.05$) between foods and diets reference. The interference of the reference diet in CADCP was observed for fish meal, meat and bone meal and wheat bran, where the purified reference diet provided higher rates. In practice CADDM diet promoted a higher result for roasted whole soybean and again the wheat bran. For CADGE only the soybean meal diets presented influence of the reference, where higher value was obtained in purified diet similar to CADCP. As the evaluation of food, the lowest CADDM and CADGE was observed in soybean meal, while the greatest results were presented at the fish meal, meat and bone meal and corn gluten meal. Purified diet that conclusion promoted greater CADCP and CADGE the assessed food and pacamã juveniles showed good use of protein foods of plant origin. In the second study, the objective was to evaluate the use of four lipid sources: fish oil, soybean oil, canola oil and corn oil on performance, muscle composition, fatty acid composition, hematological index and liver morphology juveniles of pacamã (*L. alexandri*). Different lipid sources do not affect fish performance, and did not affect the nutritional composition of muscle and liver ($P > 0.05$) except for the fatty acid profile. The lipid profile reflected in the muscle of the diets was observed and an increase in EPA and DHA content in the muscles of pacamãs fed with lipid sources of vegetable origin. Since the liver, fatty acids did not reflect some of the diets, the result observed for saturated fatty acids and linoleic fatty acid (C18: 2 n-6). The total protein and hematocrit were not affected by the composition of lipid sources, while triglycerides and total cholesterol had higher plasma concentration of pacamãs fed fish oil. HDL lipoproteins, LDL and VLDL remained unchanged as well as the hepatic parenchyma did not show increased pacamãs of hepatocytes. It follows that the sources of fat, fish oil, soybean oil, corn oil and canola oil can be supplied to juvenile pacamã. Providing adequate performance, higher fatty acids EPA and DHA in the musculature, without

causing alterations in liver cells. However, fish oil increases the levels of triglycerides and cholesterol circulating in this species.

Keywords: fatty acids, digestibility, performance.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a aquicultura é umas das atividades zootécnicas com grande potencial para desenvolvimento. O clima favorável, a diversidade ictiofaunística, a disponibilidade de águas interiores e mão de obra abundante, contribuíram para alavancar a produção de pescado no nosso país e destacá-lo na aquicultura mundial.

Dentre suas espécies nativas pesquisadas, o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) vem chamando a atenção, devido a importância comercial na região onde é nativo e também pelo alto valor de mercado como peixe ornamental, despertando o interesse dos pesquisadores em definir um pacote tecnológico para sua produção em cativeiro.

É uma espécie que apresenta desova parcelada e em cativeiro o período de desova pode ser manipulado através da alimentação e temperatura da água (SANTOS et al., 2012), podendo-se obter taxa de fertilização com média de 90%. Na larvicultura apresenta uma aceitação fácil do alimento inerte quando utiliza condicionamento alimentar, obtendo sobrevivência superior a 60% (LUZ et al., 2011). Como produto final possui alto rendimento de carcaça com média de 84% e carne muito apreciada pelo sabor e textura (MEURER et al., 2010).

No entanto, como qualquer outra espécie carnívora, o pacamã tem uma exigência por proteína elevada, o que aumenta os custos de produção. Que podem ser reduzidos com fornecimento de alimento adequado, realizando estudos baseados na capacidade de aproveitamento do alimento e na resposta metabólica, viabilizando dietas mais econômicas e ecológicas. Podendo assim, atender aos anseios do mercado por pescado de custo acessível e com alta qualidade.

A carne de peixe traz benefícios de proteção à saúde humana atribuídos à presença de ômega 3, preferencialmente ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA). Os peixes apresentam altos teores desses HUFAs por viverem em ambientes ricos nesses ácidos graxos e também por terem a capacidade de bioconversão dos ácidos graxos da família n-3 e n-6 em ácidos graxos poliinsaturados, mecanismo realizado principalmente pelas espécies de água doce (GARCIA et al., 2013).

Em função da importância das características nutricionais dos peixes para a saúde humana, principalmente com relação ao perfil lipídico, a obtenção de informações mais precisas sobre como a alimentação das diferentes espécies pode influenciar na sua

composição, se torna fundamental para a aquacultura ofertar produtos de qualidade. Podendo, desta forma, apresentar produtos aquícolas com maior valor comercial.

Para gerar informações que possam contribuir com o desenvolvimento de uma aquacultura que atenda às necessidades do consumidor, objetivou-se com essa tese produzir informações preliminares que possam contribuir para a formulação de dietas mais precisas e eficazes para o pacamã. Nesse âmbito, relacionam-se três objetivos específicos: avaliar o valor nutritivo de alimentos proteicos e energéticos; comparar dois métodos na determinação da digestibilidade dos alimentos e; avaliar diferentes fontes de lipídios na alimentação de juvenis de pacamã.

Essa tese se organiza em três capítulos, os quais atendem a momentos específicos da pesquisa. No primeiro capítulo, é realizada uma revisão de literatura, a qual oferece os subsídios teóricos para as demais etapas pesquisadas. O segundo capítulo trata da avaliação de alimentos para juvenis de pacamã através da determinação da digestibilidade da matéria seca, proteína e energia destes por meio de duas formulações de dieta referência. O terceiro capítulo, por sua vez, volta-se para a avaliação de diferentes fontes lipídicas na alimentação de juvenis de pacamã. Finalmente são feitas considerações finais, as quais buscam sintetizar a contextualização e os resultados deste trabalho.

CAPÍTULO I

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 O Pacamã *Lophiosilurus alexandri* (Steindachner, 1877)

O pacamã é uma espécie endêmica do Rio São Francisco (TENÓRIO et al., 2006), sedentária, de hábito alimentar carnívoro, pertencente à Classe Actinopterygii; Ordem Siluriformes; família Pseudopimelodide; Gênero *Lophiosilurus*. Conhecido também como pocomã, pacamão, niqim ou ainda, linguado-do-são-francisco (BRITSKI et al., 1986).

Tem como características cabeça achatada, olhos pequenos e voltados para cima, mandíbula que ultrapassa o maxilar superior, pele cor de areia ou pedra (BRITSKI et al., 1986; TENÓRIO, 2003).

É um peixe de alto valor comercial e apreciado pela população do Vale do São Francisco pelo excelente sabor da carne e não apresentar ‘espinhos’ em forma de ‘y’ (COSTA-NETO et al., 2002; SANTOS et al., 2012). Por sua aparência exótica é comercializado como peixe ornamental em diversos países, sendo conhecido na localidade como pagamon cat e pac man (LUCANUS, MISCHOOK, 1997).

O pacamã pode se reproduzir várias vezes por ano (desova parcelada), com estação reprodutiva normalmente nos meses mais quentes do ano. Em cativeiro esse período pode ser alterado, iniciando em julho pela manipulação da temperatura da água e alimentação (SANTOS et al., 2012).

Seus ovos são adesivos e na natureza desova em fundos de areia formando ninhos, classificando-os como psamófilos (GODINHO et al., 2007). O cuidado parental normalmente é característica do macho, que cuida da massa de ovos e, posteriormente das larvas recém-eclodidas (SATO et al., 2003).

Na larvicultura caracteriza-se por canibalismo na fase inicial de desenvolvimento, sendo uma das principais dificuldades encontradas no período larval (SATO et al., 2003). O sucesso na criação dessa espécie vai depender principalmente da qualidade e quantidade de alimento vivo consumido após as larvas iniciarem a

alimentação exógena, sendo um fator determinante para obtenção de animais de qualidade e em quantidade para fases posteriores da criação (HAYASHI et al., 2002).

As pesquisas mostram que esta espécie pode ser produzida em cativeiro, com taxas de sobrevivências de até 85% em uma densidade de até 60 larvas L⁻¹ (LUZ, SANTOS, 2008). Aceitam uma variedade de alimentos da fase inicial, como náuplios de *Artemia* (LUZ et al., 2011), branchoneta (*Dendrocephalus brasiliensis*) (LOPES et al., 2007; TENÓRIO et al., 2006) e zooplâncton natural (LÓPEZ, SAMPAIO, 2000). O canibalismo é presente na fase de alimentação com zooplâncton e na transição do alimento vivo para o inerte. Mesmo assim, bons resultados são obtidos com a prática de o condicionamento alimentar, através da substituição da dieta semiúmida, pela dieta seca com taxas de sobrevivência superiores a 60% (LUZ et al., 2011).

Sua exigência proteica em trabalhos realizados por Souza et al., (2014) e (2013) encontram entre 38% e 36,2% PB, com uma relação energia:proteína (E:P) de 8,57 kcal EB g⁻¹ PB, valor semelhante ao relatado para juvenis de *Rhamdia quelen* (MEYER, FRACALOSI, 2004) e menor que juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) (TEIXEIRA et al., 2013). Esses resultados são satisfatórios, no entanto, os autores enfatizam a importância da necessidade de mais estudos desta espécie, para se conhecer melhor suas exigências nutricionais e, assim, obter uma produção mais econômica e sustentável (SOUZA et al., 2014).

1.2 Metodologias para determinação da digestibilidade de nutrientes

A determinação da digestibilidade dos nutrientes é o primeiro passo para avaliar o potencial de um ingrediente na alimentação animal (ALLAN et al., 2000). Com essas informações, os nutricionistas obtêm formulações de menor custo e que atendam as exigências dos nutrientes para cada espécie (LUPATSCHE et al., 1997).

Para determinar a digestibilidade de alimentos e dietas em animais é necessária a coleta do material fecal. Na aquicultura, a grande dificuldade na mensuração da digestibilidade dos nutrientes e energia dos alimentos está no ambiente aquático, que pode causar lixiviação dos nutrientes e superestimar os valores dos coeficientes de digestibilidade (NRC, 2011).

Em peixes são usadas duas metodologias para a coleta fecal *in vivo*: método direto e o indireto (MAYNARD, LOOSLI, 1969; NRC, 2011). Ambos envolvem ingredientes testes isolados da dieta ou como um componente da dieta, sendo o último mais comumente usado. Os dados obtidos em ambos são definidos como digestibilidade aparente, pois nenhum dos métodos consideram a presença de material de origem metabólica ou endógena nas fezes (NRC, 2011).

No método direto ou técnica de coleta total é fornecido uma determinada quantidade de alimento e o total das fezes produzidas dessa alimentação são recolhidas. Este método apresenta grandes dificuldades e erros, que estão associados à dificuldade da coleta total das fezes (GLENCROSS et al., 2007; NRC, 2011).

Para realizar os cálculos da digestibilidade desse método é utilizada a fórmula proposta por Belal (2005):

$$CDA = \frac{(I - F)}{I} \times 100$$

Onde: CDA representa o coeficiente de digestibilidade aparente expresso em porcentagem;

I representa a quantidade de nutriente ou energia ingerida;

F representa a quantidade de nutriente ou energia defecada.

A técnica de coleta total das fezes tem princípio semelhante à aplicada em animais terrestres (FRACALOSSO et al., 2013). O animal alimenta-se de uma quantidade determinada da dieta teste ou alimento e, posteriormente é feita a coleta total. O primeiro trabalho realizado com esse método foi por Smith (1971), que produziu uma câmara metabólica para peixes. No entanto, a utilização desse sistema é considerada estressante, por submeter os animais à imobilização e alimentação forçada, inviabilizando o seu emprego (NRC, 2011).

No método indireto, o animal é alimentado à vontade com recolhimento parcial das fezes. Com uso obrigatório de um indicador inerte na dieta (MAYNARD, LOOSLI, 1969; FRACALOSSO et al., 2013). A razão do indicador na dieta e fezes determina a digestibilidade da matéria seca que é usada para calcular a digestibilidade aparente dos nutrientes e energia (GLENCROSS et al., 2007).

O método parte do princípio, que a quantidade do indicador na dieta e fezes permaneça constante durante todo o processo de digestão, não sendo absorvido, onde toda a quantidade de indicador ingerido estará nas fezes (NRC, 2011).

As principais vantagens do método indireto são: não mensurar o consumo da dieta e da produção fecal, além de reduzir a contaminação das fezes recolhidas para análises (SAKAMURA, ROSTAGNO, 2007).

Na nutrição de peixes os indicadores mais empregados são os adicionados à dieta, conhecidos como marcadores externos. O mais utilizado nas pesquisas de digestibilidade em peixes é o óxido de cromo III, adicionado na dieta em concentrações de 0,01% a 0,5 (BREMER NETO et al., 2003). Sua maior utilização é devida sua inércia química pelo trato digestório, não afetando a digestão ou palatabilidade da dieta teste e sua determinação química ser fácil (BELAL, 2005). Outros marcadores externos podem ser usados como: areia lavada em ácido, polietileno, carbonato de bário, óxido de ítio, óxido de itérbio, LIPE® (TACON, RODRIGUES, 1984; RICHE et al., 1995; CARTER et al., 2003; WARD et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2008).

Além dessas alternativas de indicadores, existe o grupo dos indicadores internos, que são definidos como um componente naturalmente presente nos alimentos ou dieta (FRACALOSSO et al., 2013). Para que seja utilizado como indicador interno é necessário que o composto seja totalmente indigestível, não seja endógeno ao peixe e esteja presente no alimento em quantidades que permita sua identificação e quantificação pelos métodos analíticos (VIDAL JUNIOR et al., 2004). Destacam-se como indicadores internos: cinza insolúvel em detergente ácido, fibra bruta e fibra em detergente ácido (LIED et al., 1982; NORDRUM et al., 2000).

A concentração do indicador na dieta e fezes que é utilizada para determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia (NRC, 2011). Os cálculos são realizados com base na equação (1) desenvolvida pelos pesquisadores Cho, Slinger (1979), os primeiros a trabalharem com digestibilidade na aquicultura.

$$CDA_{\text{nutriente}} (\%) = 100 - \left\{ 100 \times \left[\frac{\text{Indicador}_{\text{dieta}}}{\text{Indicador}_{\text{fezes}}} \times \frac{\text{nutriente ou energia}_{\text{fezes}}}{\text{nutriente ou energia}_{\text{dieta}}} \right] \right\} \quad (1)$$

Nesta equação (1), os termos $\text{indicador}_{\text{dieta}}$ e $\text{indicador}_{\text{fezes}}$ representam o teor do indicador da dieta e das fezes, respectivamente, e $\text{nutriente}_{\text{dieta}}$ e $\text{nutriente}_{\text{fezes}}$

representam a concentração do parâmetro nutricional de interesse (por exemplo, proteína ou energia) na dieta e fezes, respectivamente. Para atingir um percentual de digestibilidade aparente, a equação deve ser multiplicado por 100.

Para o cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente teste, Cho, Slinger (1979) sugerem a equação:

$$CDA_{\text{nutr. ingrediente}} = \frac{\{CDAN_{\text{teste}} - (CDAN_{\text{ref.}} \times \% \text{ dieta refer\^encia})\}}{(\% \text{ alimento teste})} \quad (2)$$

Nesta equação (2), $CDA_{\text{nutr. ingrediente}}$ é a digestibilidade do nutriente ou energia do ingrediente teste incluído na dieta de teste em 30%. $CDAN_{\text{teste}}$ é a digestibilidade aparente do nutriente de interesse na dieta teste. $CDAN_{\text{ref.}}$ é a digestibilidade aparente do nutriente de interesse da dieta referência, o que representa 70% da dieta de teste.

Sugiura et al., (1998) progrediram a equação acima (2) disponibilizando a seguinte equação:

$$CDA_{\text{nutr. ingrediente}} = \frac{\{CDA_{\text{teste}} \times \text{Nutr.}_{\text{teste}} - (CDA_{\text{ref.}} \times \text{Nutr.}_{\text{ref.}} \times 70\%)\}}{(30\% \times \text{Nutr.}_{\text{ingrediente}})} \quad (3)$$

Nesta equação (3), $CDA_{\text{nutr. ingredient}}$ é a digestibilidade de um nutriente do ingrediente teste incluído em 30% na dieta teste. CDA_{teste} é a digestibilidade aparente da dieta teste. $CDA_{\text{ref.}}$ é a digestibilidade aparente da dieta referência, que constitui 70% da dieta teste. $\text{Nutr.}_{\text{ingrediente}}$, $\text{Nutr.}_{\text{teste}}$ e $\text{Nutr.}_{\text{ref.}}$ são os nutrientes de interesse no ingrediente, dieta teste e dieta referência, respectivamente.

As equações (2) e (3) são mais apropriadas para determinar a digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes por representarem a contribuição do ingrediente teste e dieta referência para a energia ou a digestibilidade do nutriente que está sendo estimado (GLENCROSS et al., 2007).

Nas fórmulas apresentadas por Cho, Slinger (1979) os autores sugerem que as formulações apresentem a proporção de 70% da dieta referência e 30% do ingrediente

teste, simulando o fornecimento prático da alimentação. A diferença entre as dietas referência e a dieta teste está na presença do ingrediente teste, sendo estimado no cálculo da digestibilidade do ingrediente teste.

Nos resultados dos coeficientes de digestibilidade presume-se que estes são aditivos, onde a soma da digestibilidade dos valores de cada ingrediente em uma dieta deverá ser igual a digestibilidade medida na dieta. Admitindo que não há nenhuma interação entre os ingredientes que pode afetar de forma diferenciada a digestibilidade e que o teor de inclusão de um determinado ingrediente não muda sua digestibilidade (GLENCROSS et al., 2007).

Alguns estudos foram realizados para confirmar essa hipótese de aditividade, no entanto, nem sempre a regra é válida (CHO et al., 1982; WATANABE et al., 1996; WILSON, POE, 1985). Resultados têm demonstrado que a digestibilidade de alguns ingredientes, particularmente ingredientes combinados a fontes de carboidratos, varia consideravelmente (STONE et al., 2003). Para minimizar essas variações, recomenda-se que a determinação da digestibilidade das fontes de carboidratos seja realizada em vários níveis de inclusão para melhorar sua avaliação (GLENCROSS et al., 2007).

Outro ponto primordial que assegura resultados satisfatórios da digestibilidade dos nutrientes é a escolha da metodologia para coleta das fezes dos peixes. Pelo método indireto a coleta pode ocorrer de duas formas: ativa (diretamente no peixe) ou passiva (sedimentação na água) (NRC, 2011). Os métodos de coleta de fezes de forma ativa incluem extrusão manual, dissecação e sucção anal. O ponto negativo desses três métodos estão no material fecal coletado, que pode ser removido antes da completa digestão dos nutrientes e conterem material endógeno em quantidade significativa, obtendo resultados de digestibilidade subestimados (AUSTRENG, 1978; GLENCROSS et al., 2007).

A extrusão manual consiste em aplicar pressão suave a parede celomática do peixe anestesiado, aproximadamente ao longo do intestino distal para expelir o conteúdo fecal (GLENCROSS et al., 2007). Nesse método nem sempre é possível coletar em todas espécies de peixe. Outro inconveniente é a contaminação das fezes por fluidos corporais como, urina, muco e sêmen, além do estresse provocado pela manipulação excessiva (NOSE, 1960; NRC, 2011).

Para o método dissecação, o animal é sacrificado e o material fecal é recolhido do intestino distal através de um corte longitudinal, e com auxílio de uma espátula o conteúdo fecal é retirado. Neste caso, a maior desvantagem é perda do animal

(ABIMORAD, CARNEIRO, 2004). Já na técnica da sucção anal, uma cânula é introduzida no ânus do peixe previamente anestesiado, e uma leve sucção é empregada com o auxílio de uma seringa para coleta fecal na região posterior do intestino, podendo causar estresse provocado pela manipulação excessiva do peixe, coleta dos fluidos e/ou epitélio intestinal e material não digerido ou absorvido (NRC, 2011).

Nos métodos passivos de coleta fecal (sedimentação na água) o material fecal é naturalmente proveniente da ingestão do animal, onde o animal permanece no seu ambiente e as fezes são recolhidas após sedimentação na água (NRC, 2011).

Dentre as metodologias para coleta de fezes por sedimentação destacam-se pela praticidade e pela rápida sedimentação das fezes, o sistema de Guelf e suas adaptações (FRACALOSSO et al., 2013). O sistema de Guelf foi desenvolvido por Cho, Slinger (1979), composto por aquários retangulares e inclinados, equipados por um dreno superior que elimina a água sobrenadante e por um tubo de drenagem em comum, no qual as fezes e demais efluentes são levados para uma tubulação externa composta por um tubo coletor inferior. As fezes ficam retidas por decantação e recolhidas por drenagem.

No sistema de Guelf modificado que diferencia por utilizar tanques cilíndricos com fundo cônico que permite sedimentação rápida das fezes, o sistema de escoamento da água passa a ser realizado através de um cano lateral dentro do aquário coletor, que funciona como sifão. Desse modo, as fezes são depositadas na extremidade inferior dos aquários, que é acoplado a registros de esfera, onde é colocado tubo coletor que geralmente fica imerso em gelo para redução da atividade microbiana (SAKAMURA, ROSTAGNO, 2007; FRACALOSSO et al., 2013).

No geral, o sistema de Guelf e adaptações as principais vantagens são: aplicar o método em qualquer espécie, conseguir uma quantidade suficiente de fezes, reduzido estresse aos peixes e a não subestimação da digestibilidade dos nutrientes, especialmente da proteína pela contaminação das fezes por material endógeno (CHO, SLINGER, 1979; HAJEN et al., 1993).

Como principal fonte de erro do sistema, pode-se destacar a lixiviação ou lavagem do material fecal, por ser um método de coleta com o peixe dentro da água. As consequências são superestimação dos valores dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e ingredientes. Outras desvantagens são também a contaminação das fezes por muco, escamas e resto de dietas deixadas por uma má limpeza dos tanques (ABIMORAD, CARNEIRO, 2004; NRC, 2011).

Com o intuito de reduzir as falhas do sistema de Guelf e adaptações, os pesquisadores Abimorad, Carneiro (2004), sugerem algumas melhorias, tais como: alimentar os peixes em tanques de alimentação dias antes da coleta e realizar a transferência dos peixes para os tanques do sistema de Guelf somente nos dias de coleta das fezes; e realizar a coleta das fezes em intervalos de 30 minutos, pois acima desse período pode promover maiores valores de coeficientes de digestibilidade.

Mesmo tendo possibilidade de obter resultados superestimados, o método passivo (sedimentação na água) é o que determina resultados de coeficientes de digestibilidade com maior acurácia e confiança, podendo ser adotado com segurança, desde que usado de forma criteriosa. Alguns trabalhos mostram essas vantagens em comparação aos métodos ativos (diretamente no peixe), como o realizado por Allan et al., (2000) que comparam a digestibilidade da matéria seca, proteína e energia dos ingredientes e dieta de juvenis de *Bidyanus bidyanus*, onde o método de coleta fecal por sedimentação (Guelf) mostrou melhores coeficientes de digestibilidade aparente para essa espécie.

Pezzato et al., (2002) também encontraram melhores resultados para os coeficientes de digestibilidade aparente da dieta (MS 63,99; PB 85,62 e EE 73,60%) no sistema de Guelf quando comparado ao método de dissecação (MS 41,79; PB 48,98 e EE 35,10%) para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Assim como, Silva et al., (1999) não encontraram diferenças significativa entre os métodos de dissecação e Guelf, na determinação da digestibilidade de alguns alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*).

1.3. Formulação de dietas experimentais

A formulação de dietas é um processo que visa combinar ingredientes que atendem as necessidades nutricionais da espécie de peixe, produzindo uma mistura que pode ser peletizada ou extrusada (NRC, 2011). Para dietas experimentais, o princípio da formulação é a mesma, entretanto, deve-se ter um conhecimento mais preciso da exigência nutricional da espécie pesquisada.

Em algumas espécies, principalmente as nativas do Brasil, esse tipo de formulação ainda não é possível, sendo são baseadas em uma espécie semelhante em

hábito alimentar, fisiologia digestiva, família ou gênero, habitat natural, etc (CHO et al., 1985; NRC, 2011). Atendendo as exigências nutricionais apenas das espécies de peixes mais estudadas que possuem suas exigências conhecidas, como salmão do Atlântico (*Salmo salar*), truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), “silver perch” (*Bidyanus bidyanus*) (NRC, 2011).

As dietas empregadas em pesquisas de digestibilidade devem possuir uma formulação completa, contendo todos os nutrientes essenciais, sem a obrigatoriedade de serem balanceadas, pelo motivo de conterem um excesso do ingrediente teste (FRACALOSSO et al., 2013).

O ingrediente teste nas dietas para digestibilidade é adicionado a uma formulação basal que é chamada dieta referência, que deve atender as exigências nutricionais da espécie estudada, formando então as dietas testes. Estas devem possuir a mesma porcentagem de micronutrientes que a dieta referência, substituindo apenas a fração de macronutriente da dieta (SAKAMURA, ROSTAGNO, 2007).

Na literatura basicamente existem dois métodos de inclusão do ingrediente teste para avaliação específica da sua digestibilidade, denominados como método de substituição do ingrediente e o método de substituição da dieta. No método de substituição do ingrediente é utilizada uma dieta referência e a inclusão do ingrediente testado deve ocorrer através da substituição de um ingrediente inerte pelo ingrediente a ser testado. A premissa básica desta metodologia é a substituição de um ingrediente inerte pelo ingrediente testado, sem alterar os valores da digestibilidade dos nutrientes da dieta (AKSNES et al., 1996; GLENCROSS et al., 2007).

Já no método de substituição da dieta, o ingrediente teste é adicionado a uma porção da dieta referência produzindo a dieta teste (GLENCROSS et al., 2007). O nível de inclusão mais usual é de 20 a 30%, simulando a quantidade mais empregada em dietas práticas (NRC, 2011). O correto seria a avaliação de cada alimento em diferentes níveis de substituição na dieta referência, abrangendo desde níveis mínimos até máximos.

Dessa forma, seria possível prever equações dos nutrientes e energia em qualquer porcentagem de inclusão, mas como não é executável em experimentos com peixes é necessário determinar qual proporção adequada cada circunstância (GLENCROSS et al., 2007).

A escolha da proporção da dieta referência e ingrediente deve ser criteriosa, pois à medida que diminui o nível de inclusão do ingrediente teste na dieta referência, ocorre

o aumento do desvio padrão nos resultados dos coeficientes de digestibilidade. Para contrabalançar o erro, aumenta-se o número de repetições, como no caso de substituições de óleos, que utiliza níveis entre 7 a 12% nas dietas referências (SAKAMURA, ROSTAGNO, 2007).

Usualmente nos estudos de digestibilidade nas formulações das dietas referência são utilizados ingredientes práticos, comumente empregados na alimentação de peixes. A farinha de peixe é um dos ingredientes mais empregados como fonte de proteína e energia, no entanto, também têm sido utilizados outros, como o farelo de soja e o farelo de trigo (GLENCROSS et al., 2007).

A utilização de ingredientes práticos pode influenciar os resultados dos ingredientes teste, pois seu uso garante o alto consumo da dieta teste, a digestão normal dos ingredientes e uma quantidade suficiente de produção fecal, importante para as análises de determinação dos nutrientes. Também é recomendado em situações de baixa porcentagem ou quantidade desigual de algum nutriente presente na dieta referência e ingrediente teste, reduzindo os erros associados com determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes (NRC, 2011).

Podem ser utilizadas também dietas purificadas, nas quais são escolhidos ingredientes considerados puros, conhecidos e padronizados, como a albumina, caseína, amido, sacarina, óleos, vitaminas e minerais. Seu emprego possibilita a incorporação ou retirada de um nutriente com interferência mínima nos outros nutrientes presentes na dieta. O uso de dietas purificadas é mais comum quando o objetivo é avaliar a digestibilidade dos aminoácidos para peixe (MAYNARD, LOOSLI, 1974; NRC, 2011).

A crítica mais relevante às dietas purificadas está relacionada ao efeito associativo entre os nutrientes dos ingredientes. Fato que é possível nas dietas práticas por causa dos diferentes ingredientes e nas purificadas é reduzido ou eliminado, esse efeito de interação entre os ingredientes causa mudanças, principalmente nos resultados de digestibilidade dos nutrientes (MAYNARD, LOOSLI, 1974).

Como o emprego de dietas purificadas é difícil, devido ao baixo consumo associado à palatabilidade dos alimentos e à redução de ganho de peso, são usadas as dietas semipurificadas, definidas como dietas formuladas com ingredientes purificados e ingredientes menos padronizados, como farinha de peixe ou óleo de peixe. Pode utilizar também ingredientes deficientes em algum nutriente, por exemplo, os glutens que são deficientes em lisina. São dietas que apresentam um maior consumo, pela maior palatabilidade causada pela adição de algum alimento (NRC, 2011).

As dietas purificadas e semipurificadas são mais utilizadas em pesquisas para determinação de aminoácidos, e as dietas práticas em estudos de digestibilidade, por utilizar ingredientes que são empregados em dietas comerciais, retratando a realidade do oferecido aos peixes nos sistemas de produção (MAYNARD, LOOSLI, 1974).

1.4. Lipídios na nutrição e metabolismo de peixes

Os lipídios, também chamados de gorduras, são biomoléculas orgânicas compostas, principalmente, por moléculas de hidrogênio, oxigênio e carbono. Têm como característica principal ser hidrofóbica ou insolúvel em água e solúveis em solventes orgânicos, como éter, benzina, álcool e etc (RODRÍGUEZ et al., 2009).

São responsáveis por desempenhar funções importantes, dentre as quais podem citar: fonte de ácidos graxos, fonte de energia metabólica, componente de membranas celulares, transportadores em forma de vitaminas lipossolúveis, precursores de hormônios e eicosanóides, entre outras (VOET et al., 2000; HALILOGLU et al., 2004; NRC,2011).

Podem ser classificados em dois grupos: (1) lipídios polares, incluem os fosfolipídeos, que desempenham papel estrutural participando como componente de membranas celulares, lipossomas, lipoproteínas, dentre outros; e os glicolipídeos, mais abundantes em vegetais do que animais, nos quais têm funções especializadas; (2) lipídios neutros, no músculo da maioria das espécies de peixes somam cerca de 90% dos lipídios totais. Incluem os triglicerídeos (TAG ou triacilgliceróis) que apresentam funções de componente celular e principalmente fonte de energia gerada na forma de ATP via β -oxidação mitocondrial; os hidrocarbonetos que são a porção não saponificável dos lipídios neutros; esteróis; ceras; éter-acilgliceróis e álcoois graxos (NELSON, COX, 2010; NRC, 2011).

Nos peixes, os lipídios polares atuam como componentes estruturais responsáveis pela manutenção da fluidez da membrana plasmática; enquanto os lipídios neutros, como os triglicerídeos, atuam como fornecedores e armazenadores da energia, podendo ser utilizados para a realização das funções fisiológicas básicas (BROWN, MURPHY, 1995).

Os lipídios desempenham um importante papel na vida e na fisiologia dos peixes. Os ácidos graxos, junto com as proteínas, são geralmente os constituintes orgânicos majoritários na composição nutricional de peixes e também na formulação de dietas para peixes carnívoros, sendo os carboidratos, quantitativamente, de menor importância (TOCHER, 2003).

As moléculas de lipídios são compostas basicamente por ácidos graxos que são formados por uma longa cadeia carbônica e um grupo carboxílico terminal. Suas cadeias carbônicas variam, geralmente, entre 4 e 20 átomos de carbono. Os ácidos graxos com 2 e 4 átomos de carbono são denominados de cadeia curta ou voláteis, os de 6 a 12 átomos são de cadeia média e os de 14 a 26 átomos são chamados ácidos graxos de cadeia longa. A presença de duplas ligações nesta cadeia permite separá-los em saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (mais de uma dupla ligação) (NELSON, COX, 2010; NRC, 2011).

Os ácidos graxos saturados são caracterizados por não apresentarem insaturações em sua cadeia (exemplo, 18:0), os ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) por apresentarem apenas uma única insaturação (exemplo, 18:1 n-9) e os poliinsaturados (PUFA) são ácidos graxos com duas ou mais insaturações (GLENCROSS, 2009).

Os ácidos graxos são representados normalmente por símbolos numéricos, tendo como exemplos, ácido palmítico (C16:0), ácido oléico (C18:1n-9), ácido linoleico (C18:2 n-6) e ácido linolênico (C18:3 n-3), onde o número justaposto ao símbolo C indica o número de átomos de carbono e o segundo número a quantidade de duplas ligações (RODRÍGUEZ et al., 2009).

Quando o ácido graxo recebe numeração a partir do grupamento metil terminal, a numeração descritiva é ômega (ω), terminologia proposta primeiramente por Holman, (1964). Assim, o primeiro carbono da cadeia a partir da carboxila é chamado de carbono α (alfa), o segundo β (beta), o terceiro γ (gama), e assim por diante, sendo o último carbono chamado de ω . Dessa forma, os ácidos graxos que exibem a terminologia “n-9, n-6 e n-3” como os exemplos citados acima, o número representa a distância em carbonos da insaturação até o CH_3 .

Os ácidos graxos ω -3 ou n-3 são caracterizados como compostos poliinsaturados, que possuem a primeira ligação dupla localizada entre os carbonos 3 e 4 da cadeia alifática. Os principais são o ácido linolênico-18:3, o ácido eicosapentaenóico-20:5 (EPA) e o ácido docosahexaenóico-22:6 (DHA). Os da série ω -6 ou n-6 apresentam a primeira insaturação entre os carbonos 6 e 7 e seus principais

representantes são o ácido linoléico (18:2) e o ácido araquidônico (20:4). Já os ácidos graxos ω -9 ou n-9 têm a primeira insaturação localizada entre os carbonos 9 e 10 da cadeia alifática, representado pelo ácido oleico (18:1) (CAMPBELL, 2000).

Os ácidos graxos da série ômega 3 e 6 apresentam diferentes funções fisiológicas, por estarem relacionadas às suas propriedades físicas e químicas determinadas pelo número e posições de duplas ligações. No entanto, atuam em conjunto para regular os processos biológicos, podendo ser considerados essenciais para os animais por não serem convertidos em um ácido graxo de outra família (NRC, 2011).

Nesse sentido, surge a essencialidade dos ácidos graxos n-3 e n-6, pois os vertebrados, incluindo os peixes, não conseguem realizar a síntese dos ácidos graxos linoleico (18:2 n-6) e linolênico (18:3 n-3) *de novo*, devido à ausência de dessaturases específicas, tornando-os como ácidos graxos nutricionalmente essenciais. Estes devem ser fornecidos na dieta para evitar deficiências nutricionais, podendo afetar o desempenho do animal, reprodução e causar mortes (GLENCROSS, 2009).

Os ácidos graxos linoleico (18:2 n-6) e o linolênico (18:3 n-3) são necessários também por serem precursores de ácidos graxos HUFAs, como o ácido araquidônico – ARA (20:4 n-6), ácido eicosapentaenoico-EPA (20:5 n-3) e o ácido docosahexaenoico-DHA (22:6 n-3). Esse processo de biossíntese varia entre as espécies de peixes e pode ser regulado pela qualidade dos lipídios disponíveis na dieta natural, pela temperatura e também a salinidade do ambiente (ZENG et al., 2004).

Acreditava-se que o processo de biossíntese em peixes era semelhante ao dos mamíferos. No entanto, através de pesquisas observou-se que os peixes marinhos não possuíam a capacidade de realizar tal processo tão eficientemente como a maioria das espécies de água doce, diferenciando a exigência nutricional de ácidos graxos entre espécies marinhas e de água doce (TOCHER, 2003).

As espécies marinhas por viverem em uma cadeia alimentar formada por seres ricos em ômega-3, como EPA e DHA, perderam aparentemente a capacidade de alongamento e dessaturação de ácidos graxos. Enquanto, os peixes de água doce, geralmente, possuem as duas enzimas Δ 6 e Δ 5 dessaturases, capazes de modificar um determinado ácido graxo em seu correspondente de cadeia mais longa (Figura 1) (ZENG et al., 2004; GARCIA et al., 2013).

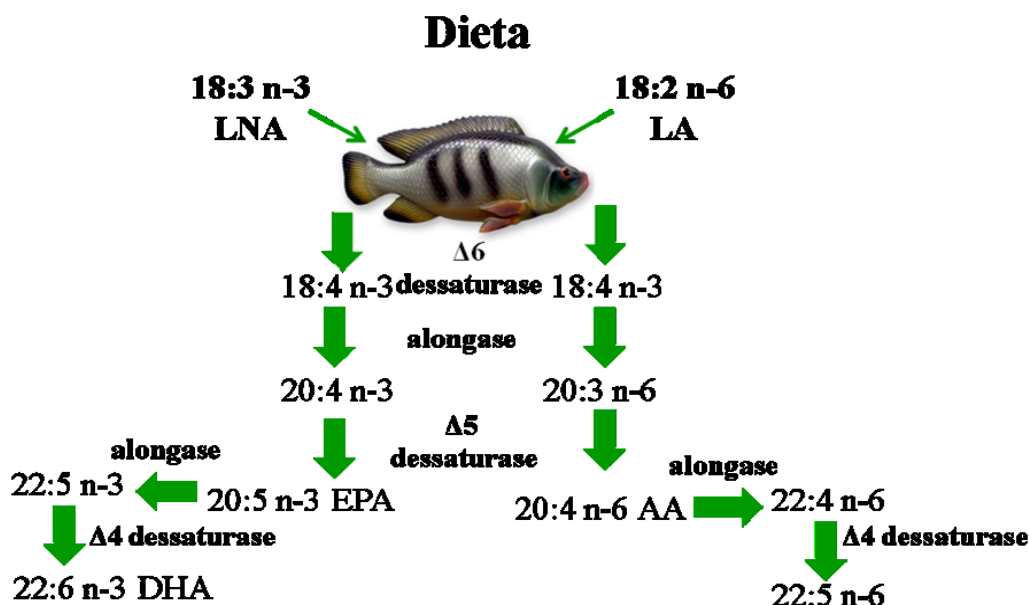


Figura 1. Bioconversão do ácido linolênico (LNA) esquerda e linoleico (LA) direita em EPA, DHA e AA pelas enzimas alongases e dessaturases. Adaptado de Garcia et al., (2013).

Dessa forma, a exigência nutricional dos ácidos graxos n-3 e n-6 das espécies marinhas e água doce é diferenciada, sendo influenciada por fatores genéticos (espécie, etapa de desenvolvimento), ambientais (temperatura e salinidade) e nutricionais (JUSTI et al., 2003).

Geralmente, os peixes marinhos são caracterizados por apresentar uma relação n-3/n-6 alta, fator que está relacionado ao alto consumo de PUFAs de cadeia longa n-3 presente em algumas espécies de fitoplâncton marinho (STEFFENS, 1997). Onde a dominância de n-3 sobre n-6 nos fitoplânctons marinhos é de 5 a 20, explicando a dependência dos peixes marinhos carnívoros por uma dieta rica em ácidos graxos HUFA n-3, principalmente EPA e DHA para seu desenvolvimento satisfatório (SARGENT et al., 2002).

No sentido contrário, nos peixes de água doce a composição de ácidos graxos é caracterizada por altas proporções de PUFA n-6, especialmente ácido linoleico e ácido araquidônico, com proporção total menor de n-3 para n-6 para peixes de água doce comparado aos marinhos (NRC, 2011).

A grande importância de obter melhores relações dos ácidos graxos n-3 e n-6 está relacionada ao fato de desempenharem diversas funções no metabolismo. Na

família do ômega 3 destacam-se os ácidos graxos EPA e DHA que apresentam função leucocitária, atuando nas respostas inflamatórias e imunitárias (CALDER, 1996).

O DHA é um ácido graxo que está presente em diversos tecidos corporais, como o maior constituinte da porção fosfolipídica das células receptoras (VISENTAINER et al., 2000). Enquanto o EPA tem papel importante sobre as ações vasculares e hemostáticas, com a produção de prostaglandinas trombóticas e tromboxanos. Onde o tromboxano formado a partir do ARA (TXA₂) é um vasoconstritor e promove aumento da agregação plaquetária e o formado pelo EPA (TXA₃) atua como vasodilatador diminuindo a agregação plaquetária (TOCHER, 2003; SCHMITZ, ECKER, 2008).

O EPA e DHA atuam também reduzindo os níveis de colesterol LDL e triglicerídeos no sangue, e aumentando os níveis de colesterol HDL, favorecendo dessa maneira a prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares (UGOALA, 2009).

Além disso, atuam como sinalizadores intracelulares, combatendo a expressão de genes na lipogênese e induzindo genes envolvidos na oxidação lipídica e termogênese (GRIMM et al., 2002). Este mecanismo de inibição de lipogênese já foi verificado em espécies como a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e em salmão (*Salmo salar*) (ALVARES et al., 2000; MENOYO et al., 2006).

1.5. Principais fontes de ácidos graxos em dietas para peixes

A utilização de fontes de óleos nas dietas apresenta duas funções importantes, (1) ser fonte de energia promovendo melhor desempenho, conversão alimentar e (2) influenciar a composição corporal, principalmente no perfil de ácidos graxos.

A fonte óleo de peixe é a mais difundida, no entanto, a sua oferta tornou-se limitada devido ao aumento na procura para suplementação em dietas para peixes carnívoros (GLENCROSS, 2009). Dessa forma, muitos fabricantes estão substituindo parcialmente o óleo de peixe por fontes alternativas de lipídio, com a utilização de óleos vegetais reconhecidos como fontes potenciais para a aquicultura (WATANABE, 2002).

Os tipos de óleos são divididos em: óleos vegetais que são geralmente provenientes de sementes oleaginosas, como milho, canola, linhaça, girassol, soja, dentre outras; e os óleos animais, como óleo de peixe que são provenientes de graxarias de abatedouros. Os óleos vegetais possuem preços mais acessíveis, quando comparado

ao óleo de animal, além de apresentarem maior estabilidade de oxidação proporcionando maior vida útil (NRC, 2011).

O óleo de peixe comercial é obtido geralmente de espécies marinhas, por prensagem e refinação. A fonte desse óleo garante o seu alto valor nutricional, possuindo principalmente HUFA n-3 como os ácidos EPA (C20:5 n-3) e o DHA (C22:6 n-3), que apresentam papel nutricional tanto nos peixes, como nos humanos (TOCHER, 2003; WILLIANS, 2000).

Os óleos vegetais apresentam a característica de serem ricos em ácidos graxos insaturados com 18 carbonos, como o linoleico (C18:2 n-6), o linolênico (C18:3 n-3) e o oleico (C18:1n-9), porém fontes pobres de HUFAs n-3 (NASOPOULOU, ZABETAKIS, 2012). Esses ácidos graxos com 18 carbonos são considerados essenciais, por serem precursores dos HUFAs EPA, DHA e ARA.

O óleo de soja, consumido em larga escala mundialmente, apresenta baixo preço com excelente qualidade para humanos, permitindo seu uso não só na alimentação humana como na nutrição animal. Trabalhos mostram ser uma fonte lipídica alternativa para peixes de água doce e marinhos, uma vez que são fontes de ácidos graxos PUFAs como linoleico (C18:2 n-6) e oleico (C18:1 n-9) (MONTERO et al., 2005; IZQUIERDO et al., 2005).

O óleo de milho é obtido a partir de grãos que contêm apenas de 3 a 5% de óleo. Apresenta elevado teor de ácido linoleico (C18:2 n-6) e baixos de ácidos graxos saturados e linolênico (C18:3 n-3) (MOREAU, 2002). Outras fontes de óleos também são utilizadas em dietas para peixes, como óleo de canola, linhaça e oliva. A Tabela 1 apresenta a composição dos ácidos graxos dos principais óleos utilizados em dietas experimentais para peixes.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos de algumas fontes de óleos

Fontes comerciais	Ácidos graxos (%)						
	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C20:5	C22:6
Óleo de peixe ¹	10,28	17,34	1,86	2,54	nd	8,66	8,9
Óleo de milho ²	4,00	24,00	44,40	1,96	1,00	nd	nd
Óleo de soja ³	5,06	22,37	43,14	11,25	0,65	nd	nd
Óleo de canola ³	2,42	60,32	15,02	13,17	0,50	nd	nd

nd-não determinado; dados expressos em porcentagens de ácidos graxos;

¹Chee et al., (1990); ²Moreau, (2002); ³Almeida, (2004).

Os benefícios dessas fontes de óleos nas dietas de peixes são mostrados em pesquisas como a realizada com “red seabream” (*Pagrus auratus*), nas quais a suplementação de fontes de óleo de canola e soja ocasionaram diminuição nos níveis dos PUFAs (ácido linoleico e linolênico) e aumento dos ácidos graxos HUFAs (EPA e DHA) (GLENCROSS et al., 2003). Em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) a capacidade de síntese de HUFA a partir do ácido linolênico (18:3 n-3) aumentou em três vezes em resposta ao aumento dos teores de óleo de palma (FONSECA-MADRIGAL et al., 2005).

Teores crescentes de óleo de linhaça em substituição ao óleo de peixe em “Atlantic halibut” (*Hippoglossus hippoglossus*) refletiram nos perfis de ácidos graxos do músculo, fígado e coração. A substituição do óleo de peixe levou a maior retenção de ácidos graxos DHA (C22:6 n-3) no coração e EPA (C20:5 n-3) no músculo (MARTINS et al., 2011). Outros trabalhos com salmonídeos também apresentaram bons resultados com óleos vegetais, sem quaisquer efeitos adversos sobre o crescimento e o consumo de dieta (TORSTENSEN et al., 2005; TURCHINI et al., 2009; FARRELL et al., 2010).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.5, p. 1101–1109, 2004.
- AKSNES, A.; HJERTNES, T.; OPSTVEDT, J. Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. **Aquaculture**, v. 140, p. 343–359, 1996.
- ALLAN, G.L., PARKINSON, S., BOOTH, M.A., STONE, D.A.J., ROWLAND, S.J., FRANCES, J., WARNER-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, p.293– 310, 2000.
- ALMEIDA, E.G. de. **Avaliação de diferentes óleos e do ácido linoleico conjugado sobre o desempenho, perfil lipídico e parâmetros ósseos de frangos de corte**. 2004. 29f. Relatório Iniciação Científica- Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo, 2004.
- ALVAREZ, M. J.; DÍEZ, A.; LÓPEZ-BOTE, C.; GALLEGO, M.; BAUTISTA, J.M. Short-term modulation lipogenesis by macronutrients in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. **British Journal of Nutrition**, v.84, n. 5, p. 619-628, 2000.
- AUTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of different segments of the gastrointestinal tract. **Aquaculture**, v. 13, p. 265–272, 1978.
- BELAL, I.E.H. A review of some fish nutrition methodologies. **Bioresource Technology**, v.96, p.395-402, 2005.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C. A. F.; PEZZATO, L. E.; PADOVANI, C. P.; CANTELMO, O. A. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.2, p.249-255, 2003.
- BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco**. 2. ed. Brasília: Codevasf, 1986.
- BROWN, M. L.; MURPHY, B. R. Effects of season, maturity, and sex on lipid class dynamics in largemouth bass (*Micropterus salmoides* Lacepede). **Ecology of Freshwater Fish**, v. 4, p. 124-130, 1995.
- CALDER, P.C. Immunomodulatory and anti-inflammatory effects n-3 polyunsaturated fatty acids. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.55, p. 737-774, 1996.
- CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 752p.

CARTER, C.G.; LEWIS, T.E.; NICHOLS, P.D. Comparison of cholestane and yttrium oxide as digestibility markers for lipid components in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) diets. **Aquaculture**, 225, 341–351, 2003.

CHEE, K.M.; GONG, J.X.; REES, D.M.; MEYDANI, M.; AUSMAN, L.; JONHSON, J.; SIQUEL, E.N.; SCHAEFER, E.J. Fatty acid content of marine oil capsules. *Lipids*, v.25, issue 9, sep. , 523-528, 1990.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: **Finfish Nutrition and Fishfood Technology**. (Halver, J.E. & Tiews, K. eds), Berlin : Heenemann GmbH, 1979, vol. 2, p. 239–247.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J.; BAYLEY, H.S. Bioenergetics of Salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 73B, p. 25–41, 1982.

CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. Methodological approaches to research and development. In: CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. (Eds.), **Finfish Nutrition in Asia**. IDRC, Ottawa, Canadá, 1985. p. 10–80.

COSTA-NETO, E.M.; DIAS, C.V.; MELO, M.N. O conhecimento ictiológico tradicional dos pescadores da cidade de Barra, região do médio São Francisco, Estado da Bahia, Brasil. **Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v.24, p.561-572, 2002.

FARRELL, A.P.; FRIESEN, E.N.; HIGGS, D.A.; IKONOMOU, M.G. Toward improved public confidence in farmed fish quality: a Canadian perspective on the consequences of diet selection. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, p. 207–224, 2010.

FONSECA-MADRIGAL, J.; KARALAZOS, V.; CAMPBELL, P. J.; BELL, J. G.; TCHER, D. R. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 241–250, 2005.

FRACALOSSI, D.M.; RODRIGUES, A.P.O.; SILVA, T.S.C.; CYRINO, J.E.P. Técnicas experimentais em nutrição de peixe. In: FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1ª ed. ampliada, Florianópolis: Copiart, 2013, cap. 3, p. 53-58.

GARCIA, A.S.; GONÇALVES, L.U.; CAVALLI, R.O.; VIEGAS, E.M.M. Lipídios. In: FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1ª ed. ampliada, Florianópolis: Copiart, 2013, cap. 5, p. 79-95.

GLENCROSS, B.D.; HAWKINS, W.E.; CURNOW, J.G. Restoration of the fatty acid composition of red seabream (*Pagrus auratus*) after grow-out on plant oil based diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 9, p. 409–418, 2003.

GLENCROSS, B.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture nutrition**, v. 13, issue 1, fev., p. 17-34, 2007.

GLENCROSS, B. D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v. 1, p. 71-124, 2009.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B.; GODINHO, H. P. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, Heidelberg, Alemanha, n. 80, p. 421-433, 2007.

GRIMM, H.; MAYER, K.; MAYER, S.; EIGENBRODT, E. Regulatory potencial n3 fatty acids in immunological and inflammatory processes. **British Journal Nutrition**, v.87, n. 1, p. 59-67, 2002.

HAJEN, W.E.; HIGGS, D.A.; BEAMES, R.M.; DOSANJH, B.S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. **Aquaculture**, v. 112, p. 333–348, 1993.

HALILOGLU, H.I.; BAYIR, A.; SIRKECIOGLU, A. N.; ARAS, N. M.; ATAMANALP, M. Comparisons of fatty acid composition in some tissues of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. **Food Chemistry**, v.86, p.55-59, 2004.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M.; MEURER, F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31 (suplemento), p.823-828, 2002.

HOLMAN, R. T. Nutritional and metabolic interrelationships between fatty acids. **Federation Proceedings**, v. 23, p. 1062-1067, 1964.

IZQUIERDO, M.; MONTERO, D.; ROBAINA, L.; CABALLERO, M.; ROSENLUND, G.; GINES, R. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. **Aquaculture**, v. 250, p. 431–444, 2005.

JUSTI, K. C.; HAYASHI, C.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v. 80, p. 489-493, 2003.

LIED, E.; JULSHAMN, K.; BRAEKKAN, O.R. Determination of protein digestibility in atlantic cod (*Gadus morhua*) with internal and external indicators. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39, n. 6, p.854-861, 1982.

LÓPEZ, C.M.; SAMPAIO, V.S. Sobrevivência e crescimento larval do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner 1876 (Siluriformes, Pimelodidae), em três

densidades de estocagem em laboratório. **Acta Scientiarum**, Maringá, PR v.22, n.2, p.491-494, 2000.

LOPES, J. P.; SILVA, T. A.; GOMES, D. S.; RANGEL, A.C.M. Utilização do anelideo enquitríea, na alimentação de alevinos de niquim. **Revista Brasileira Engenharia de Pesca**, v.2, n.1, jan., 2007.

LUCANUS, O.; MISCHOOK, S.N. Interesting imports. **Tropical Fish Hobbyist**, Neptune, v. XLV, n. 11, p. 24-28, jul., 1997.

LUPATSCH, I.; KISSIL, G.W.M. SKLAN,D.; PFEFFER, E. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream, *Sparus aurata* L. **Aquaculture nutrition**, v.3, p. 81-89, 1997.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB**, Brasília, DF, v.43, p.903-909, jul., 2008.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; TEIXEIRA, E.A. Effect of water flow rate and feed training on “pacamã” (Siluriforme: Pseudopimelodidae) juvenile production. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v.63, n.4, p.973-979, aug., 2011.

MARTINS, D.A.; VALENTE, L.M.P. LALL, S.P. Partial replacement of fish oil by flassed oil in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) diets: effects on growth, nutritional and sensory quality. **Aquaculture Nutrition**, v. 17; p.671–684, may, 2011.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K. **Animal Nutrition**, 6th ed. McGraw-Hill Book Co, New York, NY, 1969, 50p.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K. **Nutrição animal**. Trad. GREEN, C., 2 ed., em português. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974.

MENOYO, D.; DIEZ, A.; LOPEZ-BOTE, C.J.; CASADO, S.; OBACH, A.; BAUTISTA, J.M. Dietary fat type affects lipid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and diferentially regulates glucose transport GLUT4 expression in muscle. **Aquaculture**, v.261, n.1, p. 294-304, nov., 2006.

MEURER, F.; OLIVEIRA, S.T.L.; DOS SANTOS, L.; De OLIVEIRA, J.S.; COLPINI, L.M.S. Níveis de oferta de alimento vivo para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.111-116, 2010.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v.240, p.331-343, 2004.

MONTERO, D.; ROBAINA, L.; CABALLERO, M.; GINÉS, R.; IZQUIERDO, M. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: a time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. **Aquaculture**, v. 248, p. 121–134, 2005.

MOREAU, R. A. Corn oil. In: GUNSTONE, F.D. (Ed). **Vegetable oils in food technology: composition, properties, and uses**. Boca Raton: CRC Press, 2002, p. 278-296.

NASOPOULOU, C.; ZABETAKIS, I. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. **LWT- Food Science and Technology**, London, v.47, n.2, p.217-224, july, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2011. 360p.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5ª ed. São Paulo: Artmed, 2010, 1304p.

NORDRUM, S.; KROGDAHL, A.; ROSJO, C.; OLLI, J.J.;HOLM, H. Effects of methionine, cysteine and medium chain triglycerides on nutrient digestibility, absorption of amino acids along the intestinal tract and nutrient retention in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under pair-feeding regime. **Aquaculture**, v.186, issue 3-4, p.341-360, june, 2000.

NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin Freshwater Fish**, v.10, p.11-12, 1960.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; PINTO, L. G. Q.FURUYA, W. M.; BARROS, M. M.; ROSA, G. J. M.; LANNA, E. A. T. Avaliação de dois métodos de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.4, p.965-971, 2002.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.Q.Q.; FURUYA, M.W.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

SAKAMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: _____. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. Cap. 2, p. 41-86.

SANTOS, L. D.; SILVA, L. C. R.; AMORIN, J. V. O.; BALEN, R. E.; MEURER, F. Effect of food processing on the development of pacamã fingerlings (*Lophiosilurus alexandri*). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, PR, v.15, n.2, p.115-120, jul/dez, 2012.

SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. The lipids. In: **Fish Nutrition** (Halver, J.E. & Hardy, R. eds), San Diego, USA: Academic Press, 2002. p. 182–246.

SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; NUÑER, A. P. O.; GODINHO, H. P.; VERANI, J. R. Padrões reprodutivos de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H. P.;

GODINHO, A. L. (Org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 229-274.

SCHMITZ, G.; ECKER, J. The opposing effects of n-3 and n-6 fatty acids. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v.47, n. 2, p.147-155, mar, 2008.

SILVA, J.A.M.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA PEREIRA, M.I. Digestibility of seeds consumed by tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818): na experimental approach. In: VAL, A.L.; ALMEIDA VAL, V.M.F. (Eds.). **Biology of tropical fishes**. Manaus: INPA, 1999. p.137- 148.

SMITH, R.S. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of feeds. **Progressive Fish-Culture**, v. 33, p. 132–134, 1971.

SOUZA, M.G.; SEABRA, A.G.L; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; BALEN, R.E.; MEURER, F. Exigência de proteína bruta para juvenis de pacamã. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, Ba, v.14, n.2, p.362-370 abr./jun., 2013.

SOUZA, M.G.; SEABRA, A.G.L; BALEN, R.E.; COSTA, M.M.; SANTOS, L.D.; MEURER, F. Avaliação da exigência de proteína bruta para alevinos de pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v.9, n.2, p.264-268, 2014.

STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, v. 15, p. 97– 119, 1997.

STONE, D.A.J. Dietary carbohydrate utilization by fish. **Reviews in Fisheries Sciences**, v. 11, p. 337-369, 2003.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v. 159, p. 177–202, 1998.

RICHE, M.;WHITE, M.R.; BROWN, P.B. Barium carbonate as an alternative indicator to chromic oxide for use in digestibility experiments with Rainbow trout. **Nutrition Research**, v.15, p.1323–1331,1995.

RODRIGUEZ, C.; LORENZO, A.; MARTÍN, V. Nutrición Lipídica. In: SANZ, F. ed. **La Nutrición y Alimentación em Piscicultura**. Madrid, España: CSIC, 2009. p. 153-274.

TACON, A.G.J.; RODRIGUES, A.M.P. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. **Aquaculture**, v. 43, p. 391-399, 1984.

TEIXEIRA, E.A. **Avaliação de alimentos e exigências de energia e proteína para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma spp*)**. 2008. 88f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

TEIXEIRA, E. A.; EULER, A. C. C.; FARIA, P. M. C.; TURRA, E. M.; LUZ, R. K.; PRADO, S. A.; TAKATA, R.; RIBEIRO, P. A. P.; FONTES, D. O.; RIBEIRO, L. P.; SALIBA, E. O. S. Performance and nutrient utilization in South American juvenile catfish *Pseudoplatystoma* spp. weighting 89 - 170g, fed at different energy and protein levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.5, p.1500-1508, 2013.

TENÓRIO, R. A. **Aspectos da biologia reprodutiva do niquim *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Actinopterygii, Pimelodidae) e crescimento da progênie em diferentes condições ambientais**. 2003. 57 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

TENÓRIO, R.A.; SANTOS, A.J.G.; LOPES, J.P.; NOGUEIRA, M.S. Crescimento do niquim (*Lophiosilurus alexandri* Steindachner 1876), em diferentes condições de luminosidade e tipos de alimento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 305-309, oct./dez., 2006.

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

TORSTENSEN, B.E.; BELL, J.G.; ROSENLUND, G.; HENDERSON, R.J.; GRAFF, I.E.; TOCHER, D.R.; LIE, O.; SARGENT, J.R. Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 10166–10178, 2005.

TURCHINI, G.M.; FRANCIS, D.S. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and β -oxidation) in rainbow trout fed fish oil- or linseed oil-based diets. **British Journal of Nutrition**, v. 102, p. 60–68, 2009.

UGOALA, C.; NDUKWE, G.I.; AUDU, T.O. Fatty acids composition and nutritional quality of some freshwater fishes. **Nature Precedings**, p. 1-10, 2009.

VIDAL JUNIOR, M. V.; DONZELE, J. L.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, L.C. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.6, supl. 3, p. 2193-2200, 2004.

VISENTAINER, J. V.; CARVALHO, P. O.; IKEGAKI, M.; PARK, Y. K. Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 90-93, 2000.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 931p.

ZHENG, X.; TOCHER, D.R.; DICKSON,C.A.; BELL,J.G.;TEALE, A.J. Effects of diets containing vegetable oil on expression of genes involved in highly unsaturated fatty acid biosynthesis in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 236, p.467-483, 2004.

WARD, D. A.; CARTER, C.G.; TOWNSEND, A. T. The use of yttrium oxide and the effect of faecal collection timing for determining the apparent digestibility of minerals and trace elements in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) feeds. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, issue 1, p.49–59, 2005.

WATANABE, T.; TAKEUCHI, T.; SATOH, S.; KIRON, V. Digestible energy: methodological influences and mode of calculation. **Fisheries Science**, v.62, p. 288–292, 1996.

WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. **Fisheries Science**, v. 68, p. 242–252, 2002.

WILLIAMS, C. M. Dietary fatty acids and human health. **Annales de Zootechnie**, v. 49, p. 165-180, 2000.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. **Progress Fish-Culture**, v. 47, p. 154, 1985.

CAPÍTULO II

DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS PARA JUVENIS DE PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*)

RESUMO

O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) é uma espécie nativa que apresenta grande potencial para criação comercial, no entanto, apresenta pouco conhecimento sobre seu cultivo nas diferentes fases de criação, manejo alimentar e exigências nutricionais. O conhecimento da digestibilidade dos alimentos é primordial para formulação de dietas que atendam as exigências nutricionais das espécies. Assim, objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) para farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farelo de soja, farelo de trigo, soja integral tostada e glutenose para juvenis de pacamã, comparando duas dietas referência: dieta referência prática e dieta referência purificada. Os CDAs foram avaliados utilizando-se 0,1% de óxido de cromo III como indicador. Um total de 336 juvenis de pacamã com peso médio inicial de $256 \pm 1,41$ g, foram distribuídos em 24 tanques, modelo de Guelf modificado, ligados a um sistema de recirculação de água. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com doze tratamentos em esquema fatorial (6x2) com seis alimentos testes na parcela e duas dietas referências nas subparcelas, em duas etapas de coleta fecal (blocos). Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições, onde a unidade experimental foi composta por um tanque com sete peixes. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostram que os coeficientes de digestibilidade aparente foram influenciados significativamente pelas dietas referência. A dieta referência purificada proporcionou maiores CDAPB para a farinha de peixe, farinha de carne e ossos e farelo de trigo, enquanto os CDAMS para soja integral tostada e o farelo de trigo os maiores valores foram observados na dieta referência prática. O CDAEB apenas o farelo soja foi influenciado e seu maior CDA foi proporcionado pela referência purificada. Quanto a avaliação dos alimentos, o menor

CDAMS e do CDAEB foi observado no farelo de soja, enquanto os maiores resultados foram apresentados na farinha de peixe, farinha de carne e osso e glutenose. Para CDAPB os melhores alimentos foram a soja integral tostada, glutenose, farelo de soja e farinha de peixe. Conclui-se que os juvenis de pacamã apresentam bom aproveitamento de alimentos proteicos de origem vegetal e os maiores CDAPB e CDAEB foram encontrados utilizando a dieta referência purificada.

Palavras-chave: óxido de cromo, coeficiente de digestibilidade, carnívoro.

DIGESTIBILITY OF FEED TO JUVENILES OF PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*)

ABSTRACT

The pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) is a native fish that has great potential for commercial breeding, however, has little knowledge about its culture in many stages of production, food handling and nutritional requirements. Knowledge of digestibility of foods is essential to formulate diets that meet the nutritional requirements of the species. Thus aimed to determine the coefficient of apparent digestibility (CAD) of dry matter (DM), crude protein (CP) and gross energy (GE) for fish meal, meat and bone meal, soybean meal, wheat bran, roasted whole soybean and corn gluten meal to pacamã juveniles, comparing two reference diets: reference diet practice and purified diet reference. The CDA were carried out using 0.1% chromium oxide III as an indicator. A total of 336 pacamã juveniles with initial average weight of 256 ± 1.41 g, were distributed in 24 tanks, Guelf model modified, linked to a water recirculation system. The experimental design was adopted in a randomized block design with twelve treatments in a factorial arrangement (6x2) with six food testing in the parcel and two diets references in the subplots, in two stages of fecal collection (blocks). For each treatment, four replicates, where the experimental unit consisted of a tank with seven fish. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and Tukey test at 5% probability. The results show that the apparent digestibility was significantly influenced by the diets reference. The purified diet provided higher CADCP reference to fish meal, meat and bone meal and wheat bran, while CADDM for toasted whole soy and wheat bran the highest values were observed in the diet practical reference. The CADGE only soybean meal was influenced and its largest CDA was provided by the purified reference. As the evaluation of food, the lowest CADDM and CADGE was observed in soybean meal, while the greatest results were presented at the fish meal, meat and bone meal and corn gluten meal. To CADCP the best foods were roasted whole soybean, corn gluten meal, soybean meal and fish meal. We conclude that the pacamã juveniles have good use of protein foods of plant origin and the largest CADCP and CADGE were found using the purified diet reference.

Keywords: chromium oxide, coefficient of digestibility, carnivore.

1. INTRODUÇÃO

O pacamã *Lophiosilurus alexandri* é uma espécie de hábito alimentar carnívora, endêmico da bacia do Rio São Francisco. Pertence a Classe Actinopterygii; Ordem Siluriformes; família Pseudopimelodide; Gênero *Lophiosilurus* (BRITSKI et al., 1986; REIS et al., 2003).

É uma espécie muito apreciada pela população local, tem carne saborosa e valor comercial alto (LUZ, SANTOS, 2008). Apresenta grande potencial para criação comercial, no entanto, possui pouco conhecimento sobre seu cultivo nas diferentes fases de criação, manejo alimentar e exigências nutricionais.

Um grande aliado para atender as exigências nutricionais de uma espécie são estudos que buscam o conhecimento dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos, pois somente o conhecimento do hábito alimentar e o fornecimento de uma dieta equilibrada não são suficientes para obter bom desempenho produtivo do animal (SOUZA, 1989).

A estimativa dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos permite a escolha de ingredientes com maior digestibilidade, possibilitando melhores resultados de desempenho e contribuindo para o desenvolvimento da aquicultura econômica e ambientalmente viável.

Existem dois métodos *in vivo* para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes e energia, o método direto e indireto, ambos quantificam a fração do nutriente ou energia ingerida que não foi perdida nas fezes (CHOUBERT et al., 1979; NRC, 2011). O método indireto com coleta parcial é o mais usual e envolve o uso de um indicador na dieta (MAYNARD, LOOSLI, 1969).

O alimento teste é incorporado junto a uma dieta referência em uma proporção de 30%, simulação mais próxima das condições práticas de alimentação e das formulações encontradas nas dietas comerciais (CHO, SLINGER, 1979). A dieta referência pode ser formulada com ingredientes práticos que são encontrados nas dietas para peixe e também ingredientes purificados que são considerados puros e padrozinados, como a albumina, glúten e gelatina.

Para os estudos de digestibilidade, esses dois tipos de ingredientes apresentam críticas quanto ao seu uso, por poderem interferir nos resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente. A teoria que mais se destaca está relacionada ao efeito

associativo entre os nutrientes e os ingredientes, podendo ser mais presente em dietas práticas pelo uso dos variados ingredientes na formulação. Enquanto nas dietas purificadas, esse efeito de interação pode ser reduzido ou eliminado (MAYNARD, LOOSLI, 1974).

Em alguns casos, as dietas purificadas por serem pouco palatáveis pelos peixes, podem interferir no consumo, levando a menor produção fecal e dificultando sua coleta. Enquanto nas dietas práticas o consumo é alto com digestão normal da dieta teste e, conseqüentemente maior produção fecal.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi determinar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta da farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farelo de soja, farelo de trigo, soja integral tostada e glutenose, comparando duas dietas referência (prática e purificada) para juvenis de pacamã.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquacultura da Universidade Federal de Minas Gerais – Laqua/UFMG. Foram utilizados 24 tanques de fibra de vidro com volume de 100 litros, adaptados para coleta de fezes, semelhantes ao modelo de Guelf modificado, descrito por Sakamura e Rostagno (2007). Os tanques eram ligados a um sistema recirculação de água composto por filtro mecânico, filtro biológico, aeração e aquecimento.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com doze tratamentos em esquema fatorial (6x2) com seis alimentos testes na parcela e duas dietas referência nas subparcelas, em duas etapas de coleta fecal (blocos).

Os tratamentos foram constituídos com quatro repetições, totalizando 48 parcelas distribuídas em duas etapas de coleta fecal. Cada unidade experimental foi composta por um tanque com sete peixes. As duas dietas referência foram avaliadas, no entanto, não foram consideradas como tratamento.

O total de 336 juvenis de pacamã com peso médio inicial de $256 \pm 1,41$ g, foram randomicamente distribuídos nos 24 tanques (modelo de Guelf modificado) em duas etapas, com 30 dias cada, totalizando 60 dias de período experimental e 10 dias de adaptação em cada etapa às instalações, ao manejo e as dietas peletizadas.

2.2 Dietas experimentais e alimentos avaliados

Foram utilizadas duas dietas referência (prática e purificada) e doze dietas testes, sendo seis dietas testes com formulação prática e seis com formulação purificada. Todas continham aproximadamente 40% PB, 8% lipídios, 4.000 kcal/kg de energia, 0,1% do marcador inerte (óxido de cromo III), 30% do ingrediente teste e 69,9% da dieta referência, conforme metodologia proposta por Cho, Slinger, (1979). A dieta referência prática foi formulada contendo ingredientes comumente utilizados em dietas comerciais e a dieta referência purificada com ingredientes purificados.

A composição analisada da dieta referência prática, dieta referência purificada e dietas testes com seus valores nutricionais estão apresentados na Tabela 01 e 02.

Avaliaram-se no total seis alimentos testes, sendo dois proteicos de origem animal: farinha de peixe e farinha de carne e ossos; três de origem vegetal: farelo de soja, glutenose, soja integral tostada; e um energético: farelo de trigo.

As dietas foram confeccionadas no Laqua, onde, antes da peletização realizaram-se os seguintes procedimentos: primeiramente os ingredientes foram pesados, moídos e misturados; depois de homogeneizados, adicionou água quente para facilitar a peletização. O homogeneizado úmido foi introduzido em moedor elétrico comercial e os pellets de aproximadamente 4 mm foram confeccionados manualmente com auxílio de tesoura. Em seguida, os pellets foram secos em estufa ventilada a 55°C, acondicionados em sacos plásticos e armazenados em refrigerador a -18°C até o início do período experimental.

Tabela 1. Composição nutricional analisada da dieta referência prática

Ingredientes	%
Farinha de salmão	39,38
Farelo de trigo	29,77
Farelo de soja	9,43
Quirera de arroz	8,34
Soja integral tostada	7,81
Fosfato bicálcico	2,17
Premix vitamínico ¹	1,20
Óleo de soja:óleo peixe (1:1)	1,02
Sal comum	0,50
Inerte	-
Vitamina C	0,29
Indicador	0,10
Composição (% MS)	
Matéria seca (MS)	92,75
Proteína bruta (PB)	43,49
Extrato etéreo (EE)	7,87
Energia bruta (EB) Kcal/kg	4.410
Fibra bruta* (FB)	3,93
Amido*	17,23
Ca	1,23
P	1,70
Cinzas	10,49

Tabela 2. Composição nutricional analisada da dieta referência purificada

Ingredientes	%
Amido	24,0
Caseína	21,39
Albumina	17,66
Gelatina	7,0
Celulose	4,0
Fosfato bicálcico	8,11
Premix vitamínico ¹	1,20
Óleo de peixe	8,34
Sal comum	0,50
Inerte	7,41
Vitamina C	0,29
Indicador	0,10
Composição (% MS)	
Matéria seca (MS)	91,07
Proteína bruta (PB)	41,90
Extrato etéreo (EE)	7,35
Energia bruta (EB) Kcal/kg	4.092
Fibra bruta* (FB)	3,99
Amido*	21,0
Ca	1,85
P	1,45
Cinzas	18,25

*Valor calculado.¹Premix vitamínico (Mg/kg ou UI/kg premix) :Ácido fólico : 2500; Ácido pantotênico : 3750; BHT : 2500; Biotina : 125; Zinco : 20; Cobre : 2000; Colina : 125; Ferro : 15; Iodo : 125; Vit K3 : 1000; Manganês : 3700; Niacina : 7800; Selênio : 75; Vit A : 2000.000; Vit E : 15000; Vit B1 : 2500; Vit B12 : 5000 mg/kg; Vit B2: 2500 ; Vit B6 : 2000; Vit D3 : 500.000; Etoxiqum : 2500.

2.3 Coleta fecal e manejo alimentar

O período de coleta fecal foi dividido em duas etapas, onde foram realizados os mesmos procedimentos para ambos. Nas duas etapas os peixes foram aclimatados às dietas testes durante dez dias, onde receberam diariamente as seis dietas teste e as duas dietas referência até aparente saciedade. A alimentação foi realizada no período da tarde e à noite (16:00, 18:00 e 20:00 horas), em função da maior aceitabilidade pelos peixes.

A coleta fecal de cada período foi de 30 dias, utilizando o método indireto em tanques semelhantes ao sistema de Guelf modificado, conforme metodologia Sakamura, Rostagno, (2007). Anteriormente à coleta das fezes realizava-se a limpeza dos tanques para evitar qualquer contaminação com sujeitas e restos de dietas. As coletas iniciavam a partir das 08:00 horas e encerrando às 16:00 horas, com intervalos de recolha de 30

minutos ou quando se averiguassem fezes nos potes de coletas encaixados na parte inferior dos tanques.

Após a coleta, as fezes eram estocadas em potes, formando um pool de cada tanque e, posteriormente, armazenadas em freezer a -20°C.

2.4 Métodos analíticos

Ao término do período experimental, todas as dietas teste e amostras de fezes foram secas em estufa ventilada a 55°C. As amostras foram moídas a granulometria de 1 mm, homogeneizadas e armazenadas em potes plásticos para realização das análises de composição nutricional.

As análises de composição nutricional das dietas experimentais e fezes foram realizadas no Laboratório de nutrição da Escola de Veterinária-UFMG, seguindo a metodologia proposta pela AOAC, (2005). As análises de proteína bruta ($N \times 6,25$) foram determinadas pelo método Kjeldal, energia bruta através da bomba calorimétrica adiabática (6200 Calorimeter), extrato etéreo pelo sistema Soxhlet com éter etílico. A determinação de cromo nas fezes e dietas foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, metodologia de Silva, Queiroz, (2006).

As variáveis de qualidade da água avaliadas, como oxigênio dissolvido, pH, temperatura da água e salinidade, foram aferidos utilizando sonda multiparâmetro (YSI®).

2.5 Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs)

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca, energia bruta e proteína bruta dos alimentos testes, utilizou-se a metodologia de substituição do alimento teste na dieta referência (69,9% dieta referência: 30% ingrediente teste).

Após análises quantitativas de Cr_2O_3 e dos nutrientes presentes nas dietas testes e fezes, os CDAs foram calculados usando a fórmula abaixo descrita por Nose (1960):

$$CDA_{dieta}(\%) = 100 - 100 \times \left[\frac{\% Cr_2O_3_{dieta}}{\% Cr_2O_3_{fezes}} \right] \times \left[\frac{\% \text{ nutriente ou energia}_{fezes}}{\% \text{ nutriente ou energia}_{dieta}} \right]$$

Onde:

- CDA_{dieta} é o coeficiente de digestibilidade aparente das dietas teste;
- $\% Cr_2O_3_{dieta}$ e $\% Cr_2O_3_{fezes}$ é o teor do indicador da dieta e das fezes, respectivamente;
- $\% \text{ nutriente}_{dieta}$ e $\% \text{ nutriente}_{fezes}$ é a concentração do parâmetro nutricional de interesse (por exemplo, proteína ou energia) na dieta e fezes, respectivamente;

Já os CDAs da matéria seca, energia e proteína dos alimentos avaliados foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Sugiura et al., (1998):

$$CDA_{\text{nutr. ingrediente}} = \frac{\{CDA_{\text{teste}} \times \text{Nutr}_{\text{teste}} - (CDA_{\text{ref.}} \times \text{Nutr}_{\text{ref.}} \times 70\%)\}}{(30\% \times \text{Nutr}_{\text{ingrediente}})}$$

Onde :

- $CDA_{\text{nutr. ingrediente}}$ é a digestibilidade de um nutriente do ingrediente teste incluído em 30% na dieta teste;
- CDA_{teste} é a digestibilidade aparente da dieta teste;
- $CDA_{\text{ref.}}$ é a digestibilidade aparente da dieta referência, que constitui 70% da dieta teste;
- $\text{Nutr}_{\text{ingrediente}}$, $\text{Nutr}_{\text{teste}}$ e $\text{Nutr}_{\text{ref.}}$ são os nutrientes de interesse no ingrediente, dieta teste e dieta referência, respectivamente.

2.6 Análises estatísticas

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente foram avaliados quanto à normalidade dos erros (Teste Lilliefors) e homocedasticidade das variâncias (Teste Cochran). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SAS (Sistema de Análises Estatísticas).

3. RESULTADOS

3.1 Qualidade da água

Os valores médios observados para as variáveis da água, mantiveram-se dentro dos padrões recomendáveis para o cultivo de peixes de clima tropical, com médias de oxigênio dissolvido de $6,19 \pm 0,27$ mg/L e temperatura de $28,75 \pm 0,04^\circ\text{C}$.

A temperatura média observada para todo o período experimental encontra-se dentro dos limites recomendados por Costa, (2012) para juvenis de pacamã (27 a 28°C). O valor médio de pH foi de $7,38 \pm 0,14$ e a salinidade manteve em 0,11 ppt.

3.2 Composição dos Alimentos

A composição bromatológica analisada dos alimentos avaliados está apresentada na Tabela 3. Os resultados estão compatíveis aos apresentados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO, 2005) e no NRC (2011). Com exceção dos alimentos farinha de carne e ossos e glutenose, que se apresentam mais proteicos que o encontrado no NRC (2011).

Tabela 3. Composição bromatológica analisada dos alimentos para juvenis de pacamã

Alimentos	Nutrientes (%)		
	MS ¹	PB ²	EB ³ (kcal/kg)
Farinha Carne e Ossos	95,0	67,0	5.167
Farinha de Peixe	91,0	70,0	4.599
Farelo Soja	89,0	43,0	4.530
Farelo Trigo	89,0	15,0	4.031
Glutenose	92,0	68,0	5.319
Soja Integral Tostada	94,0	36,0	5.440

¹MS: matéria seca; ²PB: proteína bruta; ³EB: energia bruta.

3.3 Coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da proteína bruta, matéria seca e energia bruta dos alimentos avaliados.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, da matéria seca e da energia bruta dos alimentos avaliados para juvenis de pacamã estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), da matéria seca (CDAMS) e energia bruta (CDAEB) na dieta referência prática (1) e dieta referência purificada (2) de alimentos para juvenis de pacamã

ALIMENTOS	CDAMS		CDAPB		CDAEB	
	1	2	1	2	1	2
Farelo de trigo	75,19 ^{Aa}	61,57 ^{Cb}	83,5 ^{Cb}	87,55 ^{Ba}	79,08 ^{Ca}	68,32 ^{Da}
Soja integral tostada	85,33 ^{Aa}	67,68 ^{BCb}	90,87 ^{Aa}	87,06 ^{Ba}	81,02 ^{BCa}	77,13 ^{BCa}
Glutenose	85,60 ^{Aa}	77,47 ^{ABa}	90,54 ^{Aa}	90,27 ^{ABa}	87,90 ^{ABa}	83,20 ^{Aba}
Farelo de soja	51,72 ^{Ba}	55,30 ^{Ca}	88,69 ^{ABa}	91,44 ^{Aa}	63,55 ^{Db}	73,31 ^{CDa}
Farinha de carne e ossos	85,20 ^{Aa}	76,77 ^{ABa}	82,38 ^{Cb}	88,23 ^{ABa}	92,67 ^{Aa}	85,90 ^{Aa}
Farinha de Peixe	77,49 ^{Aa}	84,61 ^{Aa}	85,70 ^{BCb}	91,49 ^{Aa}	87,09 ^{ABa}	87,87 ^{Aa}
CV (%)	3,78		1,1		2,59	
Erro	1,39		0,48		1,04	

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha entre dietas referência diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Os resultados observados mostram que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB) foram influenciados significativamente pelas interações entre alimentos avaliados e a dieta referência.

Os valores médios dos coeficientes da dieta referência prática e purificada foram respectivamente, 86,5% e 93,2% da proteína bruta, 62,85% e 67,50% da matéria seca e 67,79% e 83,79% da energia bruta.

A dieta referência interferiu nos CDAMS do farelo de trigo e soja integral tostada, onde a dieta prática promoveu significativamente os maiores coeficientes para esses alimentos.

Para o CDAPB a dieta purificada proporcionou significativamente maiores resultados para farinha de trigo, farinha de carne e ossos e farinha de peixe. Enquanto para o CDAEB apenas o farelo de soja apresentou diferença entre as dietas referência e o maior valor foi apresentado pela dieta purificada, semelhante ao CDAPB.

Na avaliação dos alimentos o menor CDAMS foi observado no farelo de soja utilizando a formulação prática. Na referência purificada o mesmo não apresentou diferença significativa do farelo de trigo e soja integral tostada.

No CDAEB o menor resultado também foi para o farelo de soja na dieta referência prática, assim como na dieta purificada, sem diferença significativa do farelo de trigo.

A glutenose, farinha de carne e ossos e farinha de peixe obtiveram os maiores CDAEB nas duas formulações da dieta referência.

Para o CDAPB quando utilizou a dieta prática, os maiores resultados foram para soja integral tostada, glutenose e farelo de soja, enquanto a farinha de peixe não foi significativamente diferente do farelo de soja. Na dieta purificada a glutenose, farelo de soja, farinha de carne e ossos e farinha peixe apresentaram os maiores coeficientes.

4. DISCUSSÃO

A influência da dieta referência sobre os resultados dos CDA dos alimentos podem ter sido ocasionados pela fonte de carboidrato presente na dieta. Os ingredientes que compõem as dietas purificada, como a celulose, o amido e a glucose apresentam características que os consideram fisicamente mais solúveis. Enquanto as dietas práticas possuem em sua formulação ingredientes de origem vegetal, onde seus carboidratos apresentam ligações químicas entre a lignina e sacarídeos que os torna fisicamente incrustados. Dificultando a atuação das enzimas digestivas que normalmente poderiam digeri-los (MCDONALD et al., 1995).

A ingestão de diferentes fibras alimentares provocam mudanças na fisiologia, no metabolismo e nas características do epitélio intestinal dos animais, alterando a absorção dos nutrientes (TAVERNARI et al., 2008). Essas alterações são dependentes do tipo de polissacarídeos não-amiláceos (PNA) presente no alimento de origem vegetal que podem ser solúveis ou insolúveis. Os solúveis tem a característica de associar a

água aumentando a viscosidade do conteúdo intestinal, influenciando o tempo de digestão e absorção dos nutrientes (OLIVEIRA, MORAES, 2007; TAVERNARI et al., 2008). Enquanto o PNA insolúvel os efeitos na viscosidade são baixos, favorecendo um maior contato dos nutrientes ao ataque das enzimas digestivas e conseqüentemente a digestão (BERTECHINI, 2006).

Os efeitos prejudiciais dos PNAs sobre a digestibilidade dos nutrientes pode variar de acordo com a proporção das fibras solúveis e insolúveis, em tilápia do Nilo a utilização de até 5% de celulose, fonte de fibra da dieta, não diminuiu a digestibilidade da proteína bruta e matéria seca (LANNA et al., 2004). Em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) a inclusão de até 15% não influencia a digestibilidade da proteína bruta e extrato etéreo.

No estudo de Glencross et al., (2012) demonstra claramente o efeito de diferentes polissacarídeos e tipos de fibras sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia em dietas para truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*). A adição de celulose ou lignosulfonato na dieta reduziu a digestibilidade da matéria seca na mesma proporção do seu nível de inclusão. Para a proteína bruta a celulose não apresentou quase nenhum impacto sobre a digestibilidade desse nutriente, enquanto lignosulfonato provocou grande diminuição.

Em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) também houve efeito da fibra sobre a digestibilidade, a utilização de polissacarídeos não amiláceos da soja promoveram redução do CDA da proteína e produção fecal, enquanto a sua substituição pela celulose favoreceu o resultado dos coeficientes (KRAUGERUD et al., 2007).

A explicação dessas inúmeras respostas se deve a utilização de diferentes classes de polissacarídeos presentes nas formulações de dietas e também ao efeito direto dos polissacarídeos sobre a interação dos nutrientes (GLENCROSS et al., 2007). Os PNAs solúveis apresentaram a característica de não permitir a associação dos nutrientes, diminuindo a aditividade dos mesmos (GLENCROSS et al., 2009).

O baixo efeito da celulose sobre o coeficiente de digestibilidade da proteína visto em alguns estudos (KRAUGERUD et al., 2007; GLENCROSS et al., 2012) , e também observado nesse trabalho utilizando a dieta purificada para os alimentos farinha de peixe, farinha de carne e osso e farelo de trigo, está relacionado a celulose ser um PNA insolúvel, que permite uma maior interação das enzimas digestivas, menor motilidade intestinal e conseqüentemente maior absorção dos nutrientes.

A celulose por ser um ingrediente que apresenta pouco ou nenhum valor nutricional, permite que seja adicionado às dietas como um ingrediente de enchimento (DIAS et al.,1998). Essa característica nutricional favorece a sua utilização em dietas purificadas, no entanto, seu nível de inclusão deve ser moderado, não ultrapassando o recomendado para cada espécie.

Quando utilizado acima da exigência da espécie pode prejudicar ainda mais os resultados de digestibilidade, onde os efeitos da fibra parecem ser mais intensos em espécies carnívoras (pacamã) e onívoras, quando comparado às herbívoras. Resposta encontrada por Gominho-Rosa et al., (2015) onde a tilápia do Nilo apresentou maior digestibilidade da matéria seca e energia para todos os alimentos testados quando comparado ao jundiá (*Rhamdia quelen*).

Quanto a avaliação do CDA dos alimentos nesse estudo, foi observado que o farelo de trigo e farelo de soja obtiveram os menores resultados. No CDAMS o resultado está associado à correlação negativa entre digestibilidade da matéria seca e o carboidrato dos alimentos de origem vegetal, resposta que também foi atribuída por Lee et al., (2002) em “rockfish” (*Sebastes schlegeli*) e por González-Félix et al., (2010) em “florida pompano” (*Trachinotus carolinus*).

Para o CDAEB, o menor aproveitamento desses alimentos se deve ao baixo conteúdo de lipídio na sua composição e a presença de PNAs, ao comparar esses resultados com outras espécies carnívoras o aproveitamento é mais inferior, como em surubim (*Pseudoplatystoma spp.*) que apresentam digestibilidade para o farelo de soja de 61,66% e farelo de trigo de 53,20% (GONÇALVES, CARNEIRO, 2003), assim como, para “rockfish” (*Sebastes schlegeli*) de 61,0% e 46,0% respectivamente (LEE et al., 2002).

Em “cobia” (*Rachycentron canadum*) o melhor aproveitamento da fração energética foi na farinha de peixe (95,0%), glutenose (94,23%) e farinha de carne e ossos (90,37%) (ZHOU et al., 2004), resultado semelhante ao observado para o pacamã.

Nos CDAPB como o esperado, o pacamã teve um bom aproveitamento da fração proteica dos alimentos com melhor qualidade na composição nutricional. Mostrando uma maior exigência por alimentos mais proteicos, visto que é uma característica das espécies carnívoras.

Característica também relatada em surubim (*Pseudoplatystoma spp.*), no entanto, com resultado para farinha de peixe inferior (84,40%) ao encontrado nesse trabalho (GONÇALVES, CARNEIRO, 2003). Em “Atlantic cod” (*Gadus morhua*) os CDA na

farinha de peixe foram entre 93,3% e 92,2%, em “rockfish” (*S. schlegeli*) 95,0% e “cobia” (*R. canadum*) 96,27%, apresentando resultados mais próximos desse estudo (TIBBETTS et al., 2006; LEE et al., 2002; ZHOU et al., 2004).

Para a farinha de carne e ossos os valores CDAPB para outras espécies são, de 83,0 a 88,0% em truta arco íris (*O. mykiss*), 85,0% em salmão (*S. salar*) (NRC, 2011), 87,21% em “cobia” (*R. canadum*) (ZHOU et al., 2004), resultados próximos a espécie estudada.

Para glutenose os CDAPB para o pacamã foram considerados satisfatórios, para outras espécies os resultados observados foram 78,91% para surubim (*Pseudoplatystoma spp.*) (TEIXEIRA et al., 2008), 95,0% para jundiá (*R. quelen*) (OLIVEIRA FILHO, FRACALOSSO, 2006) e 93,6% para “black Bass” (*Micropterus salmoides*) (PORTZ, 2001).

Nesta pesquisa os resultados mostram que a dieta purificada alteram os valores CDA dos alimentos avaliados, onde a escolha das dietas referência vai depender da sua aplicabilidade. A utilização da dieta purificada é necessária quando pretende determinar digestibilidade de aminoácidos, onde não deve haver a interação entre os nutrientes ou a interação deve ser mínima. Já a aplicação da dieta referência prática é mais favorável nas formulações de dietas comerciais, por apresentarem resultados mais condizentes e o efeito da aditividade dos nutrientes é mais expressivo.

O pacamã mostrou-se uma espécie tolerável a ingredientes de origem vegetal, aproveitando principalmente fontes que lhe forneciam uma proporção maior de proteína e menor em fibra. Diante dessas respostas, esses ingredientes podem ser utilizados em formulação para o pacamã, quando o intuito é reduzir a proteína de origem animal.

5. CONCLUSÕES

Os ingredientes utilizados na dieta referência influenciaram os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca e energia.

A dieta referência purificada promoveu maiores coeficientes de digestibilidade da proteína bruta do farelo de soja, farinha de carne e ossos e farinha de peixe e também da energia bruta do farelo de soja. Enquanto a dieta prática ocasionou maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca para farelo de trigo e soja integral tostada.

O pacamã, caracterizado como espécie de hábito alimentar carnívoro, apresentou bom aproveitamento de alimentos proteicos de origem vegetal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of analysis of association of official analytical chemists**. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301 p.

BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco**. 2. ed. Brasília: Codevasf, 1986.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: **Finfish Nutrition and Fishfood Technology**. (Halver, J.E. & Tiews, K. eds), Berlin : Heenemann GmbH, 1979, vol. 2, p. 239–247.

CHOUBERT JR. G.; DE LA NOÛE, J.; LUQUET, P. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. **Progressive Fish Culturist**, v. 41, p. 64–67, 1979.

COSTA, D.P. **Efeito da temperatura da água no desempenho e variáveis hematológicas e bioquímicas de juvenis de *Lophiosilurus alexandri***. 2012. 52f. Dissertação (Mestrado)- Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2012.

DIAS, J.; HUELVAN, C.; DINIS, M.T.; METAILLER, R. Influence of dietary bulk agents (silica, cellulose and a natural zeolite) on protein digestibility, growth, feed intake and feed transit time in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquatic Living Resources**, v. 11, p. 219–226, 1998.

GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 17–34, 2007.

GLENCROSS, B.D.; HAWKINS, W.E.; MAAS, R.; KAROPOULOS, M. Influence of the incorporation of various inclusion levels, lupin species and varieties of *L. angustifolius* kernel meal in extruded diets on pellet physical characteristics. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 13–24, 2009.

GLENCROSS, B.; RUTHERFORD, N.; BOURNE, N. The influence of various starch and non-starch polysaccharides on the digestibility of diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 356-357, pag. 141-146, aug, 2012.

GOMINHO-ROSA, M.C.; RODRIGUES, A.P.O.; MATTIONI, B.; FRANCISCO, A.; MORAES, G.; FRACALOSI, D.M. Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. **Aquaculture**, v. 435, p. 92-99, 2015.

GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.4, p. 779-786, 2003.

GONZÁLES-FÉLIX, M.L.; DAVIS, D.A.; JR, W.R.; PEREZ-VELAZQUEZ, M. Evaluation of apparent digestibility coefficient of energy of various vegetable feed ingredients in Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. **Aquaculture**, v.310, p. 240-243, 2010.

KRAUGERUD, O.F.; PENN, M.; STOREBAKKEN, T.; REFSTIE, S.; KROGDAHL, A.; SVIHUS, B. Nutrient digestibilities and gut function in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with cellulose or non-starch polysaccharides from soy. **Aquaculture**, v. 273, p. 96-107, 2007.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BONFIM, M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2186-2192, supl.3, 2004.

LEE, S.M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, v. 207, p.79–95, 2002.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB**, Brasília, DF, v.43, p.903-909, jul., 2008.

MCDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D., MORGAN, C.A. **Animal Nutrition**. Pearson Education Limited, Essex, UK. 1995, 607 p.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K. **Animal Nutrition**, 6th ed. McGraw-Hill Book Co, New York, NY, 1969, 50p.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K. **Nutrição animal**. Trad. GREEN, C., 2 ed., em português. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2011. 360p.

NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin Freshwater Fisheries Research Laboratory**, v.10, p.11-22, 1960.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.4, supl., p. 1581-1587, 2006.

OLIVEIRA, M. C.; MORAES, V. M. B. Mananoligossacarídeos e enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja para aves. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.339-357, 2007.

PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “Black Bass” (*Micropterus salmoides*)**. 2001. 111f. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba, SP. 2001.

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JÚNIOR, C. J. (Org.). **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: PUCRS, 2003. 742 p.

ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

SAKAMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: _____. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. Cap. 2, p. 41-86.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)** 3.ed., Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 2006, 235 p.

SOUZA, R.R.P. **Digestibilidade aparente da proteína de dietas para o híbrido de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v. 159, p. 177–202, 1998.

TAVERNARI, F. C, CARVALHO, T.A.; ASSIS, A.P.; LIMA, H.J.A. Polissacarídeo não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 5, n. 5, p. 673-689, set/out. 2008.

TEIXEIRA, E.A.; SALIBA, E.O.S.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; EULER, A.C.C.; CREPALDI, D.V.; MELO, D.C.; QUEIROZ, B.M.; PRADO, S.A. Coeficiente de digestibilidade aparente do concentrado protéico de soja, glutenose, glútem de trigo para alimentação de surubim (*Pseudoplatystoma spp.*). In: **Zootec**, 2008. João Pessoa, PB. *Resumos...* Zootec, 2008, 4p.

TIBBETTS, S.M.; MILLEY, J.E.; LALL, S.P. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). **Aquaculture**, v. 261, p. 1314-1327, 2006.

ZHOU, Q.-C.; TAN, B.-P.; MAI, K.-S.; LIU, Y.-L. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 241, p. 441-451, 2004.

CAPÍTULO III

FONTES LIPÍDICAS NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*)

RESUMO

O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) é uma espécie nativa da bacia do Rio São Francisco-Brasil que contribui para melhoria do hábito alimentar por ter alto valor nutricional e ter efeito de proteção à saúde, atribuído a presença de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) ω -3 e ω -6. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a utilização de quatro fontes lipídicas: óleo de peixe, óleo de soja, óleo de canola e óleo de milho sobre o desempenho, composição muscular, perfil de ácidos graxos, índice hematológico e morfologia hepática em juvenis de pacamã (*L. alexandri*). Um total de 240 juvenis de pacamã ($7,29 \pm 0,095\text{g}$) foram distribuídos em 16 tanques de 100L. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (dieta óleo de peixe, dieta óleo de soja, dieta óleo de milho, dieta óleo de canola) e quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por um tanque com 15 peixes. O período experimental foi de 60 dias. Ao final, avaliaram os índices de desempenho, proteína total, hematócrito, triglicerídeos, colesterol total, lipoproteínas LDL, HDL e VLDL, perfil de ácidos graxos no músculo e fígado e morfologia hepática. As médias foram submetidas à ANOVA e comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As fontes lipídicas não afetaram o desempenho dos juvenis de pacamã, assim como não influenciaram a composição nutricional do músculo e fígado. O perfil de ácidos graxos do músculo refletiram a composição das dietas e os ácidos graxos. O ácido linoléico (18:2 n-6), ácido linolênico (18:3 n-3) e ácido oléico (18:1 n-9), apresentaram os mais abundantes na musculatura dos pacamãs alimentados com as dietas óleo de soja, óleo de milho e óleo de canola. Os ácidos graxos EPA e DHA a maior presença foi contido na musculatura dos pacamãs alimentados com dieta óleo de peixe, no entanto, foi observado aumento nos peixes alimentados com óleo vegetal. No fígado alguns ácidos graxos não refletiram a composição das dietas, resultado observado para ácidos graxos saturados que tiveram maior proporção na dieta óleo de canola e menor com a dieta óleo

de peixe (rica em ácidos graxos saturados). Para o ácido linoleico, a sua menor presença é observada no fígado dos pacamãs alimentados com dieta óleo de soja, no entanto, é verificado uma maior proporção de ácido araquidônico (C20:4 n-6). A glicose, proteína total e hematócrito não foram afetados pela composição das fontes de lipídios. No entanto, os triglicerídeos tiveram maior concentração no plasma dos pacamãs alimentados com dieta óleo de peixe e menor na dieta óleo de milho. O colesterol total também foi influenciado pelo óleo de peixe, resultado associado a maior proporção desse constituinte em óleos de origem animal. As lipoproteínas HDL, LDL e VLDL mantiveram inalteradas, assim como, o parênquima hepático dos pacamãs não apresentaram hepatócitos aumentados. O estudo mostram que as fontes de lipídios estudadas, podem ser fornecidas a juvenis de pacamã, proporcionando adequando desempenho, aumento dos ácidos graxos EPA e DHA na musculatura, sem alteração nas células do fígado. No entanto, o óleo de peixe aumentou os triglicerídeos e colesterol circulantes nesta espécie.

Palavras-chave: ácidos graxos, EPA, DHA, fígado.

LIPID SOURCES IN PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*) JUVENILES FEEDING

ABSTRACT

The pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) is a native species of the basin of the São Francisco River, Brazil, which contributes to improving the eating habits because of its high nutritional value and has health-protective effect, given the presence of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) ω -3 and ω -6. The aim of this study was to evaluate the use of four lipid sources: fish oil, soybean oil, rapeseed oil and corn oil on performance, muscle composition, fatty acid profile, hematological index and liver morphology in juvenile pacamã (*L. alexandri*). A total of 240 juvenile of pacamã ($7.29 \pm 0,095\text{g}$) were distributed in 16 tanks of 100L. It was adopted a completely randomized design with four treatments (dietary fish oil, soybean oil diet, diet corn oil, canola oil diet) and four replications, and the experimental unit consists of a tank with 15 fish. The experiment lasted 60 days. Finally, were evaluated the performance indices, total protein, hematocrit, triglycerides, total cholesterol, LDL lipoproteins, HDL and VLDL, fatty acid profile in muscle and liver and liver morphology. Means were submitted to ANOVA and compared by Tukey test ($p < 0.05$). The fat sources did not affect the performance of pacamã juvenile, and did not affect the nutritional composition of muscle and liver. The muscle fatty acid profile reflected the composition of diets and fatty acids. Linoleic acid (18: 2 n-6), linoleic acid (18: 3 n-3) and oleic acid (18: 1 n-9) exhibited the most abundant in muscles of pacamã fed soybean oil diets corn oil and canola oil. The fatty acids EPA and DHA is contained in the greater presence in the muscles of pacamã fed with fish oil diet, however, increase was observed in the fish fed with vegetable oil. Some fatty acids in the liver did not reflect the composition of diets, results observed for saturated fatty acids in the diet had a higher proportion of canola oil and lower with the diet of fish oil (rich in saturated fatty acids). For linoleic acid, the lower presence is observed in the liver of pacamã fed with soybean oil diet, however, is observed a higher proportion of arachidonic acid (C20: 4 n-6). Glucose, total protein and hematocrit were not affected by the composition of lipid sources. However, triglycerides had higher plasma concentration of pacamã fed a diet of fish oil diet and lowest in corn oil. Total cholesterol was also influenced by fish oil, results associated

with the major proportion of this constituent in animal oils. HDL lipoproteins, LDL and VLDL remained unchanged as well as the hepatic parenchyma did not show increased hepatocytes of pacamã. The study shows that the sources of studied lipids, can be provided on juvenile pacamã, providing tailoring performance, increased fatty acids EPA and DHA in the muscle, with no change in liver cells. However, the fish oil increased triglycerides and cholesterol circulating in this fish.

Keywords: fatty acids, EPA, DHA, liver.

1. INTRODUÇÃO

O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) é uma espécie nativa da bacia do Rio São Francisco, hábito alimentar carnívoro, pertencente à família Pseudopimelodide (BRITSKI et al., 1986). É um bagre com grande potencial para piscicultura, com alto valor de mercado, proporcionado pela qualidade da carne de coloração clara, textura firme e ausência de espinhos intramusculares (LUZ, SANTOS, 2008).

A produção de espécies nativas pode incentivar o consumo de pescado, contribuindo para melhoria do hábito alimentar da população por ser uma fonte proteica de alto valor nutricional e também por ter efeito de proteção à saúde, atribuído a presença de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), principalmente ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) e ácido doscapentaenoico (DHA, 22:6 ω -3). Esses ácidos graxos apresentam inúmeros benefícios nutricionais e medicinais nos humanos com vários efeitos fisiológicos, dentre eles, estão à prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, inflamações em geral, alguns tipos de câncer, asma, artrite e outros (HEARN et al., 1987; SIMOPOULOS, SALEM, 1989; KINSELLA, 1990; SIMOPOULOS, 1990; HIRAYARA, 1994; WARD, 1995).

Os peixes de água doce geralmente apresentam uma maior quantidade de ácido graxo linoleico (18:2 ω -6), enquanto nos peixes marinhos é encontrada uma maior concentração dos ácidos EPA e DHA, característica proporcionada pelo ambiente alimentar que essas espécies vivem (OLSEN, 1998; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). No entanto, os peixes de água doce apresentam a capacidade de converter ácido graxo de menor valor nutricional em outro de maior valor nutricional, por meio de reações de dessaturação e alongação, o ácido graxo linoleico dará origem ao ácido araquidônico (20:4 n-6), enquanto o ácido linolênico será convertido em EPA e DHA (MOREIRA et al., 2001).

Melhores relações n3-/n-6 no músculo do peixe são buscadas pelos nutricionistas e uma das opções é obtida através da dieta com fornecimento de ingredientes que são fontes de ácidos graxos essenciais. O óleo de peixe é uma alternativa de alto valor nutricional, rica em HUFAs ω -3, sendo o mais utilizado como fonte de lipídios em dietas para peixes.

A busca por fontes alternativas para sua substituição é necessária, para o crescimento da aquicultura e a utilização de óleos vegetais, como óleo de soja, óleo de

milho, óleo de canola e óleo de palma são bons substitutos por apresentarem concentrações elevadas de ácidos graxos linoleico (C18:2 ω -6), linolênico (C18:3 ω -3), oleico (C18:1 ω -9), ácidos graxos essenciais precursores dos HUFAs EPA, DHA e AA.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a utilização de quatro fontes de óleos: óleo de peixe, óleo de soja, óleo de canola e óleo de milho sobre o desempenho, composição muscular, perfil de ácidos graxos, índice hematológico e morfologia hepática em juvenis de pacamã.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. O período experimental foi de 60 dias, com sete dias de adaptação ao sistema e ao manejo.

Utilizaram-se 16 tanques de fibra de vidro como volume útil de 100L, ligados a um sistema de recirculação composto por filtro mecânico, filtro biológico, aeração e aquecimento. O teor de oxigênio dissolvido ($6,32 \pm 0,15$ mg/L), temperatura ($28,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$) e pH ($7,25 \pm 0,12$) foram controlados e mantidos dentro da faixa ótima para a espécie.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dieta óleo de peixe, dieta óleo de soja, dieta óleo de canola e dieta óleo de milho) e quatro repetições, totalizando dezesseis unidades experimentais compostas por 15 peixes em cada tanque. O total de 240 juvenis de pacamã (*L. alexandri*) com peso médio inicial $7,29 \pm 0,09\text{g}$, foram aleatoriamente distribuídos nos 16 tanques.

2.2. Dietas experimentais

Quatro dietas isoproteicas e isoenergéticas foram preparadas contendo em média 34,56% proteína bruta (PB) e 4.172,37 kcal/kg de energia bruta (EB). Cada fonte de lipídio representou 10% de cada dieta experimental formando as seguintes dietas: Dieta 1 suplementada com óleo de peixe (rico em EPA e DHA), Dieta 2 suplementada com óleo de soja (rico em n-6), Dieta 3 suplementada com óleo de milho (rico n-6) e Dieta 4 suplementada com óleo de canola (rico em n-6 e n-9). A formulação e composição centesimal das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulação e composição proximal das dietas experimentais formuladas para juvenis de pacamã

INGREDIENTES (%)	DIETAS			
	Óleo de peixe	Óleo de soja	Óleo de canola	Óleo de milho
Farelo de soja	30,0	30,0	30,0	30,0
Farinha de salmão	22,0	22,0	22,0	22,0
Quirera de arroz	20,0	20,0	20,0	20,0
Farelo de trigo	6,54	6,54	6,54	6,54
Óleo de peixe	10,0	-	-	-
Óleo de soja	-	10,0	-	-
Óleo de canola	-	-	10,0	-
Óleo de milho	-	-	-	10,0
Calcário	2,92	2,92	2,92	2,92
Fosfato bicálcico	1,04	1,04	1,04	1,04
Lisina HCl	1,0	1,0	1,0	1,0
DL-Metionina	0,5	0,5	0,5	0,5
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5
Mistura vitamínico e mineral*	0,5	0,5	0,5	0,5
Inerte	5,0	5,0	5,0	5,0
Composição proximal (% MS)				
Matéria seca	91,10	91,33	91,90	91,53
Proteína bruta	34,59	34,40	34,52	34,74
Extrato etéreo	9,12	9,85	10,03	9,53
Energia bruta (kcal/Kg ⁻¹)	4.157	4.184	4.188	4.158
Cálcio	1,63	1,7	1,62	1,63
Fósforo	0,89	0,96	1,02	0,98

*Composição da mistura vitamínico mineral: Ácido fólico (Min) 2500 mg/kg; Ácido pantotênico (Min) 3750 mg/kg; BHT (Min) 2500 mg/kg; Biotina (Min) 125 mg/kg; Zinco (Min) 20 g/kg; Cobre (Min) 2000 mg/kg; Colina (Min) 125 g/kg; Ferro (Min) 15 g/kg; Iodo (Min) 125 mg/kg; Vit K3 (Min) 1000 mg/kg; Manganês (Min) 3700 mg/kg; Niacina (Min) 7800 mg/kg; Selênio (Min) 75 mg/kg; Vit A (Min) 2000.000 UI/kg; Vit E (Min) 15000 UI/kg; Vit B1 (Min) 2500 mg/kg; Vit B12 (Min) 5000 mg/kg; Vit B2 (Min) 2500 mg/kg; Vit B6 (Min) 2000 mg/kg; Vit D3 (Min) 500.000 UI/kg; Etoxiqum (Min) 2500 mg/kg

O perfil de ácidos graxos das dietas experimentais e fontes de lipídios estão na Tabela 2 e 3

Tabela 2. Composição de ácidos graxos das dietas experimentais contendo diferentes fontes de lipídios para juvenis de pacamã

Ácidos graxos (%)	Dietas			
	óleo de peixe	óleo de Soja	óleo de Canola	óleo de Milho
SATURADOS				
Láurico (C12)	0,02	nd	nd	nd
Mirístico (C14:0)	0,4	0,04	0,04	0,04
Pentadecanóico (C15:0)	0,06	nd	nd	nd
Palmítico (C16:0)	1,99	1,22	0,76	1,33
Margárico (C17:0)	0,06	0,01	0,01	0,01
Estearico (C18:0)	0,42	0,47	0,27	0,21
Araquídico (C20:0)	0,03	0,02	0,04	0,03
Behênico (C22:0)	0,01	0,03	0,02	0,01
Lignocérico (C24:0)	0,02	0,01	0,02	0,01
MONOINSATURADOS				
Miristoleico (C14:1)	0,02	nd	nd	nd
Palmitoleico (C16:1)	0,85	0,05	0,07	0,05
Oléico (C18:1n-9)	1,90	1,95	5,09	2,60
cis-11-Elcosenoico(C20:1)	0,12	0,03	0,09	0,03
Erúico(C22:1n-9)	0,01	nd	nd	nd
Nervonico (C24:1)	0,02	nd	0,01	nd
n-6 PUFA				
Linoleico (C18:2 n-6)	1,02	5,15	2,54	4,83
Cis-Eicosatrienoico (C20:3 n-6)	0,02	nd	nd	nd
Araquidônico (C20:4 n-6)	0,15	0,01	0,01	0,01
n-3 PUFA				
Linolênico (C18:3 n-3)	0,18	0,69	0,87	0,19
Eicosapentaenoico EPA (C20:5 n-3)	0,76	0,07	0,07	0,07
Docosahexaenoico DHA (C22:6 n-3)	1,02	0,09	0,11	0,09
TOTAIS				
Poli-Insaturadas PUFA	3,19	6,01	3,61	5,20
Trans	00,0	0,0	0,0	0,0
Monoinsaturadas MUFA	2,92	2,03	5,26	2,68
Saturadas	3,01	1,81	1,16	1,64
Insaturadas	6,11	8,04	8,87	7,89
n-3	1,96	0,85	1,05	0,35
n-6	1,19	5,16	2,55	4,84
Saturados/insaturados	0,49	0,23	0,13	0,21
n-3/n-6	1,65	0,16	0,41	0,07
n-3/n-9	1,03	0,44	0,20	0,13
DHA/EPA	1,34	1,29	1,57	1,29

nd: Não detectado; ¹Saturados: grupo dos ácidos graxos sem nenhuma dupla ligação; ²Monoinsaturados (MUFA): grupo dos ácidos graxos com uma única dupla ligação; ³n6 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-6; ⁴n3 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-3. 628

Tabela 3. Composição de ácidos graxos das fontes de lipídios utilizadas nas dietas experimentais para juvenis de pacamã

Ácidos graxos (%)	Fontes de lipídios			
	Peixe	Soja	Canola	Milho
SATURADOS¹				
Láurico (C12)	0,15	nd	0,01	nd
Mirístico (C14:0)	4,03	0,08	0,06	0,04
Pentadecanóico (C15:0)	0,71	0,02	0,02	nd
Palmítico (C16:0)	24,77	10,99	5,04	12,35
Margárico (C17:0)	0,91	0,08	0,05	0,08
Estearico (C18:0)	6,16	3,92	2,13	2,08
Araquídico (C20:0)	0,46	0,34	0,62	0,53
Behênico (C22:0)	0,21	0,40	0,34	0,17
Lignocérico (C24:0)	0,04	0,13	0,16	0,24
ε saturados	37,44	15,96	8,43	15,49
MONOINSATURADOS²				
Miristoleico (C14:1)	0,26	nd	nd	nd
Palmitoleico (C16:1)	10,34	0,08	0,22	0,12
Oléico (C18:1n-9)	24,54	22,01	58,75	33,46
cis-11-Eicosenoico(C20:1)	1,8	0,16	1,12	0,22
Erúico(C22:1n-9)	0,29	nd	0,09	nd
Nervonico (C24:1)	0,44	nd	0,13	nd
ε monoinsaturados	37,67	22,25	60,31	33,80
n-6 PUFA³				
Linoleico (C18:2 n-6)	2,94	54,77	21,72	49,32
Cis-Eicosatrienoico (C20:3 n-6)	0,28	nd	nd	nd
Docosadienoico (C22:2 n-6)	0,41	0,03	0,35	nd
Araquidônico (C20:4 n-6)	1,86	nd	nd	nd
ε n-6 PUFA	5,49	54,8	21,77	49,32
n-3 PUFA⁴				
Cis-Eicosatrienóico (C20:3 n-3)	0,17	nd	nd	nd
Linolênico (C18:3 n-3)	0,94	6,9	9,36	1,16
Eicosapentaenoico EPA (C20:5 n-3)	7,73	nd	nd	nd
Docosaheptaenoico DHA (C22:6 n-3)	10,15	nd	nd	nd
ε n-3 PUFA	18,82	6,9	9,36	1,16
Gorduras Poli-Insaturadas PUFA	24,59	61,69	34,96	50,48
Gorduras Trans	0,04	nd	nd	0,00
Gorduras Monoinsaturadas MUFA	37,7	22,25	60,23	33,80
Gorduras Saturadas	37,71	16,06	8,52	15,72
Gorduras Insaturadas	62,29	83,94	91,48	84,28
Saturados/insaturados	0,61	0,19	0,09	0,19
n-3/n-6	3,43	0,13	0,43	0,02
DHA/EPA	1,31	nd	nd	nd

nd: Não detectado; ¹Saturados: grupo dos ácidos graxos sem nenhuma dupla ligação; ²Monoinsaturados (MUFA): grupo dos ácidos graxos com uma única dupla ligação; ³n6 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-6; ⁴n3 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-3.

Antes de compor as dietas experimentais, a farinha de peixe utilizada foi desengordurada pelo método frio com éter sulfúrico, retirando uma parte da fração lipídica, a fim de evitar confundimentos nos resultados, devido este ser um alimento rico em HUFAs n-3.

Na confecção das dietas experimentais, todos os ingredientes que compuseram a formulação foram pesados, moídos (peneira 1mm), misturados e posteriormente extrusados. Os diferentes óleos foram adicionados às dietas após extrusão, onde manualmente cada fonte de óleo foi adicionada às dietas dispostas em bandejas identificadas. Cada dieta foi colocada em sacos devidamente fechados e identificados, onde foram mantidos em freezer a -18°C.

. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, às 08:00 e às 16:00 horas, até aparente saciedade. As sobras de dieta nos tanques foram retiradas através de sifonamento com mangueira de borracha e uso de peneira, estas foram acondicionadas em potes com tampa e armazenadas em freezer a -18°C. Posteriormente as sobras eram secas em estufa ventilada até sua completa secagem, assim realizava a pesagem das mesmas com o objetivo do cálculo correto do consumo alimentar de cada tratamento.

As dietas usadas diariamente para alimentação foram acondicionadas em potes com tampa, e para evitar rancificação foram mantidos em freezer a -18°C, retirando-as apenas para alimentação.

2.3. Métodos analíticos

Ao final da fase experimental os animais passaram por um jejum de 12 horas e, posteriormente, foram coletados aleatoriamente com auxílio de uma peneira quatro peixes por repetição para a realização das análises experimentais.

Primeiramente realizou a coleta de sangue via punção caudal, com inserção da agulha na região ventral da coluna vertebral, inclinada em torno de 45° (RANZANI-PAIVA, et al., 2013). Em seguida, os animais foram sacrificados pelo método de choque térmico com água e gelo, seguindo procedimento aceito pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal, Resolução Normativa nº 13, de 20 de setembro de 2013.

Foi realizada pesagem dos peixes, músculo, intestino e fígado. As amostras do músculo e parte do fígado foram armazenadas em sacos vedados a -80°C para

posteriores análises bromatológicas e perfil de ácidos graxos. O restante das amostras de fígado foi fixado em líquido Bouin para posteriores análises histológicas. Todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão de ética no uso dos animais da Universidade Federal de Minas Gerais com número de protocolo 346/2014.

As análises bromatológicas das dietas experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, de acordo metodologia proposta AOAC, (2005). As análises de proteína bruta ($N \times 6,25$) foram determinadas pelo método Kjeldal, a energia bruta através da bomba calorimétrica adiabática (6200 Calorimeter) e extrato etéreo pelo sistema Soxhlet com éter etílico. As análises do perfil de ácidos graxos das fontes de lipídios e dietas experimentais foram obtidas por cromatografia gasosa em laboratório certificado (CBO Análises Laboratoriais).

2.4. Desempenho

Para os cálculos de desempenho foram realizadas anotações diárias do consumo das dietas, pesagens quinzenais dos peixes e pesagem final. As variáveis médias avaliadas foram consumo alimentar total (CT), consumo alimentar diário (CAD), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), ingestão alimentar em % do peso vivo ao dia (Id), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência proteica (TEP).

Foram calculados considerando as fórmulas abaixo, (FRACALOSSI et al., 2013):

1. Consumo alimentar total: $CT (g) = \text{ingestão total dieta}/\text{número animais}$
2. Consumo alimentar diário: $CAD (\%) = 100 \times [\text{total de dieta fornecido} / (\text{período experimental} \times \text{média do peso corporal})]$;
3. Ganho em peso: $GP (g) = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$;
4. Ganho de peso diário: $GPD (g \text{ dia}^{-1}) = \text{Ganho Peso}/\text{período experimental}$;
5. Taxa de crescimento específico: $TCE (\% \text{dia}^{-1}) = \text{Peso final} - \text{Peso inicial} / \text{período experimental} \times 100$;
6. Ingestão alimentar em peso vivo ao dia: $Id (\% \text{ peso vivo dia}^{-1}) = \text{Ingestão total dieta} / \text{Peso final} + \text{Peso inicial} / 2 / \text{período experimental} \times 100$;

7. Conversão alimentar: $CA = \text{Ingestão total dieta} / \text{Ganho de Peso}$;
8. Taxa de eficiência proteica: $TEP (\%) = \text{Ganho de Peso} / \text{Ingestão total de proteína} \times 100$

2.5. Composição do músculo e fígado

Para determinação das análises bromatológicas e perfil de ácidos graxos, as amostras de músculo e fígado foram liofilizadas e, posteriormente, moídas em processador de uso doméstico. Foram determinadas: proteína bruta, umidade, energia bruta, extrato etéreo e cinzas do músculo, no fígado determinou-se apenas o extrato etéreo.

Para determinação de proteína bruta ($N \times 6,25$) aplicou o método Kjeldal, para o extrato etéreo o método Soxhlet com extração com éter etílico e a energia bruta através da bomba calorimétrica adiabática (6200 Calorimeter), de acordo com metodologia AOAC, (2005). A determinação do perfil de ácidos graxos do músculo e fígado foi obtida por cromatografia gasosa em laboratório certificado (CBO Análises Laboratoriais).

O índice hepatossomático foi obtido pela pesagem do fígado e o viscerossomático pela pesagem das vísceras do peixe. O cálculo foi determinado utilizando a fórmula abaixo:

Índice hepatossomático IHP (%) = $\text{peso fígado} \times \text{peso peixe}^{-1} \times 100$;

Índice viscerossomático IVS (%) = $\text{peso das vísceras} \times \text{peso do peixe}^{-1} \times 100$.

2.6. Variáveis sanguíneas

Para os estudos hematológicos e bioquímicos, ao final do experimento, foram coletadas amostras de sangue por punção da veia caudal após 12 horas de jejum. Uma gota de sangue foi utilizada para medir a glicose em glicosímetro portátil (Accu-Chek Aviva Nano – Roche).

Uma parte das amostras de sangue foram centrifugadas 3.000 rpm durante 15 minutos para medição da porcentagem de hematócrito, determinada pelo método do microhematócrito (GOLDENFARB et al., 1971) e medição de proteína plasmática total utilizando refratômetro manual de Goldberg, através do plasma do microhematócrito (JAIN, 2000).

O restante das amostras do sangue foi acondicionado em microtubos e centrifugados a 3.000 rpm por 10 minutos para coleta de plasma sobrenadante. Do plasma foram realizadas as análises de colesterol total, triglicerídios, lipoproteínas LDL e HDL utilizando metodologia Enzimático-Trinder com kit comercial (Bioclin[®]). A lipoproteína VLDL foi determinada como a quinta parte do valor de triglicerídeos (MAGGI et al., 2008).

2.7. Histologia e morfologia hepática

Foram coletados amostra de fígado de oito peixes por tratamento para avaliação morfológica dos hepatócitos. Após a coleta, todas as amostras de fígado foram fixadas em líquido bouin em um volume 10 vezes maior que o volume da peça coletada, permanecendo por um período de 24 horas. Posterior à preservação do tecido, a etapa seguinte consistiu em prepará-lo para o exame microscópico.

Com auxílio de bisturi retirou-se uma parte do tecido das amostras dos fígados, acondicionando-os em cassetes plásticos para serem desidratados em soluções crescentes de álcool (70, 85, 90 e 100%). A desidratação remove toda água do tecido, permitindo que a próxima etapa de inclusão do material com parafina penetre por todo o tecido do fígado.

Para melhor penetração da parafina, os tecidos dos fígados foram clarificados com xilol 10 vezes o volume da peça num total de 3 banhos. A próxima etapa de inclusão, o material primeiramente passou por 3 banhos de 30 minutos em parafina líquida a 60°C em estufa na mesma temperatura. Em seguida, realizou a inclusão propriamente dita, colocando a amostra do tecido em forma plástica e derramando a parafina sobre os cortes.

Os blocos de parafina foram cortados com auxílio de um micrótomo, obtendo secções de 5µm de espessura. Os cortes foram distendidos em banho-maria a 60°C e

recolhidos pescando os cortes com auxílio da lâmina de vidro, sobrepondo na lâmina os melhores cortes, colocado-as em suporte para a secagem.

Após secagem as lâminas com os cortes foram preparadas para serem coradas pela técnica de hematoxilina-eosina. Anteriormente a parafina foi removida em banho de xilol e em concentrações decrescentes de álcool etílico os cortes foram novamente hidratados. Depois dos cortes hidratados procedeu-se a coloração. O tecido foi imerso primeiramente em hematoxilina, lavado em água corrente para retirar o excesso, depois foi imerso em eosina e, novamente realizou a lavagem do tecido.

Após a coloração o corte foi imerso em soluções crescente de álcool para remover novamente, a água, objetivando com esta desidratação aumentar a sobrevivência do preparado histológico. E finalmente para a montagem, o corte foi banhado em xilol e realizado a montagem colocando sobre a lâmina uma gota do meio de montagem para fixação da lamínula, posicionando-a sobre todo o corte, protegendo todo o tecido.

A partir das lâminas coradas foram realizadas fotomicrografias do tecido hepático de cada tratamento. Um número de 24 imagens do parênquima hepático de cada tratamento, evitando os espaços portais, foi obtido num microscópio Leica DM 4000B (lentes objetivas de 50X) e digitalizadas por um fotodocumentador Leica FC500.

A partir da imagem de cada tratamento, mensurou-se a área de 2 hepatócitos/imagem, totalizando 48 medições a cada tratamento. Com as medidas dos hepatócitos foram determinadas a magnitude de vacuolização celular das amostras de fígado. As medições foram obtidas com o auxílio do software ImageJ.

2.8. Análises estatísticas

Os dados foram avaliados quanto à normalidade dos erros (Teste Lilliefors) e homocedasticidade das variâncias (Teste Cochran e Bartlett). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando se detectou diferenças significativas, foram submetidos ao teste de comparações de médias Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram computadas usando o software SAS-Sistema de Análises Estatísticas.

3. RESULTADOS

3.1. Desempenho

A utilização de diferentes fontes lipídicas nas dietas não influenciou estatisticamente o desempenho de juvenis de pacamã. Os valores das variáveis estudadas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Desempenho de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios¹

Variáveis	Fonte de lipídios					
	Peixe	Soja	Canola	Milho	CV	Erro
Peso inicial (g)	7,39	7,2	7,17	7,22	3,11	0,11
Peso final (g)	38,11	31,76	31,51	32,8	9,14	1,53
Consumo alimentar total (g)	29,96	25,64	24,04	25,66	8,46	1,11
Consumo alimentar diário (%)	0,50	0,43	0,40	0,43	8,46	0,02
Ganho de peso (g)	28,88	23,92	24,2	25,45	9,44	1,21
Ganho de peso diário (g/dia)	0,48	0,40	0,40	0,42	9,44	0,02
Taxa crescimento específico (%dia)	2,73	2,46	2,46	2,52	6,27	0,08
Ingestão alimentar (%pvdia)	0,55	0,55	0,52	0,53	2,9	0,01
Conversão alimentar	1,04	1,07	0,99	1,01	3,37	0,02
Taxa eficiência proteica (%)	2,79	2,71	2,92	2,86	3,32	0,05
Índice hepatossomático (%)	1,41	1,31	1,34	1,38	18,83	0,06
Índice viscerossomático (%)	7,34	6,72	6,59	6,87	15,03	0,26
Sobrevivência (%)	81,67	93,33	98,33	98,33	11,02	5,12

¹Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey (P>0,05).

Os valores médios de algumas variáveis de desempenho analisadas foram: 33,5g para peso final, 26,32g para consumo alimentar total, 0,44% para consumo alimentar diário, 25,61g para ganho de peso, 2,54% para taxa de crescimento específico e 1,03 para conversão alimentar.

3.2. Composição centesimal do músculo e fígado

A utilização de diferentes fontes de lipídios não influenciou estatisticamente a composição centesimal do músculo e fígado de juvenis de pacamã. Os valores da composição centesimal estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Composição centesimal do músculo e fígado de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios¹

Composição centesimal (%MS)	Fonte de lipídios						CV (%)	Erro
	IC*	Peixe	Soja	Canola	Milho			
Umidade	-	73,61	74,56	75,29	74,89	4,41	0,88	
PB	68,56	65,56	68,38	65,17	69,43	6,58	1,56	
EE músculo	5,75	21,6	21,5	21,7	21,3	8,23	2,45	
EE fígado	-	11,84	13,98	14,71	14,00	7,67	1,98	
Energia bruta (Kcal/kg)	4.903	5.628	5.510	5.578	5.523	2,35	46,1	
Cinzas	7,94	5,85	6,07	6,47	5,91	7,85	0,17	

¹Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey (P>0,05). *IC corresponde à composição inicial de animais amostrados antes do período experimental.

O valor médio da umidade no músculo de juvenis de pacamã foi de 74,59%, para proteína bruta o valor médio foi de 67,14% e o valor médio do peixe inicial foi 68,56%. Quanto aos resultados de extrato etéreo no músculo dos peixes, o valor médio foi de 21,53%, no fígado 13,63% e peixes iniciais 7,94%. Para energia o valor médio de energia bruta foi 5.560 kcal/kg e o valor inicial 4.903 kcal/kg.

3.3. Perfil de ácidos graxos muscular

As diferentes fontes lipídicas alteraram significativamente o perfil de ácidos graxos do músculo de juvenis de pacamã. A porcentagem de ácidos graxos presentes no músculo dos peixes está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos do músculo de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios^a

Ácidos graxos ^b (%)	Fonte de lipídio					CV	Erro
	Inicial ⁵	Peixe	Soja	Canola	Milho		
SATURADOS¹							
Mirístico (C14:0)	0,12	0,89 ^b	1,29 ^a	0,43 ^c	0,37 ^d	0,78	0,003
Palmítico (C16:0)	1,69	6,8 ^a	4,79 ^c	4,41 ^d	5,14 ^b	0,56	0,14
Estearico (C18:0)	0,68	1,43 ^a	1,33 ^b	0,96 ^d	1,06 ^c	0,48	0,003
MONOINSATURADOS²							
Miristoleico (C14:1)	nd	0,02 ^a	nd	nd	0,01 ^a	53,43	0,00
Palmitoleico (C16:1)	0,22	1,69 ^a	0,42 ^d	0,57 ^b	0,45 ^c	0,66	0,00
Oleico (C18:1 n-9)	1,25	4,91 ^c	4,73 ^d	8,79 ^a	5,87 ^b	0,10	0,003
n-6 PUFA³							
Linoleico (C18:2 n-6)	0,95	1,92 ^c	6,53 ^a	3,9 ^b	6,59 ^a	0,62	0,014
Araquidônico (C20:4 n-6)	0,11	0,23 ^a	0,15 ^b	0,11 ^c	0,14 ^b	3,79	0,002
n-3 PUFA⁴							
Linolênico (C18:3n-3)	0,03	0,27 ^d	0,73 ^b	1,16 ^a	0,29 ^c	0,95	0,003
cis-Eicosapentaenoico EPA (C20:5n3)	0,06	0,79 ^a	0,08 ^c	0,11 ^b	0,06 ^d	2,26	0,01
cis-Docosahexaenoico DHA (C22:6 n-3)	0,33	1,79 ^a	0,42 ^c	0,46 ^b	0,35 ^d	0,77	0,003
TOTAIS							
Poliinsaturados PUFA	1,6	5,15 ^d	8,27 ^a	5,98 ^c	7,81 ^b	0,08	0,003
Monoinsaturados MUFA	1,62	7,07 ^b	5,57 ^d	9,8 ^a	6,81 ^c	0,40	0,014
Saturadas	2,53	9,39 ^a	7,7 ^b	5,9 ^d	6,68 ^c	0,57	0,019
ε n-3 PUFA	0,42	2,87 ^a	1,26 ^c	1,76 ^b	0,72 ^d	0,35	0,003
ε n-6 PUFA	1,2	2,37 ^d	7,26 ^b	4,40 ^c	7,39 ^a	0,55	0,015
n-3/n-6	0,35	1,21 ^a	0,17 ^c	0,40 ^b	0,10 ^d	1,36	0,003
DHA/EPA	5,50	2,27 ^d	5,25 ^b	4,18 ^c	5,83 ^a	0,14	0,003

^aMédias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05). ^bMédias (n=4); ¹Saturados: grupo dos ácidos graxos sem nenhuma dupla ligação; ²Monoinsaturados (MUFA): grupo dos ácidos graxos com uma única dupla ligação; ³n6 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-6; ⁴n3 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-3, ⁵Peixe amostrado no início do período experimental

A presença da alta proporção de ácidos graxos saturados na dieta com óleo de peixe promoveu maior proporção no músculo do pacamã, enquanto o menor resultado é observado na dieta com óleo de canola. Resultado que é reflexo do perfil lipídico encontrado na dieta experimental, resposta também encontrada para os ácidos graxos oleico (C18:1n-9), linoleico (C18:2n-6) e linolênico (C18:3n-3).

Para os HUFAs EPA (C20:5n-3) e DHA (C22:6n-3) a maior presença no tecido muscular foi para ácido graxo DHA (C22:6n-3), principalmente na dieta com óleo de peixe. É observado que houve um aumento no percentual desses HUFAs no músculo dos animais quanto ao oferecido nas dietas experimentais suplementadas com óleo vegetal.

Nas figuras 1, 2, 3, 4 e 5 está apresentada a porcentagem de ácidos graxos no músculo dos juvenis de pacamã alimentados com as diferentes fontes de óleo.

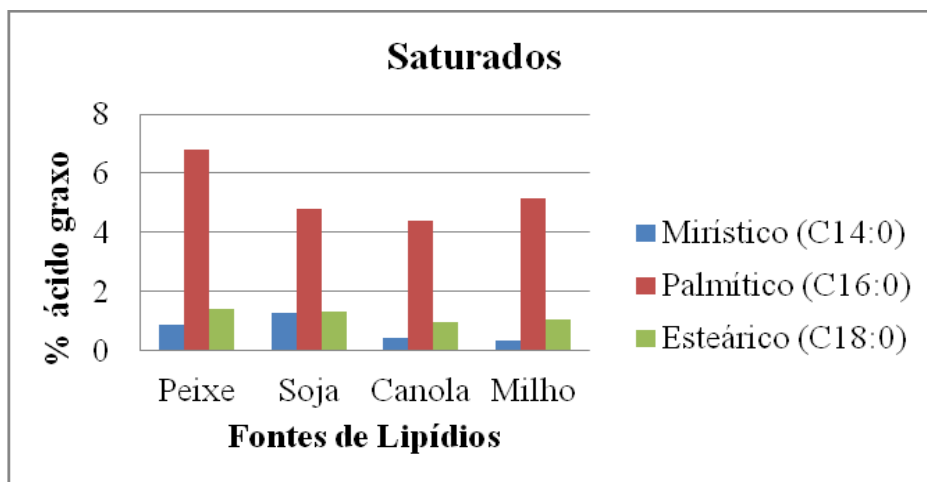


Figura 1. Percentual de ácidos graxos saturados no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

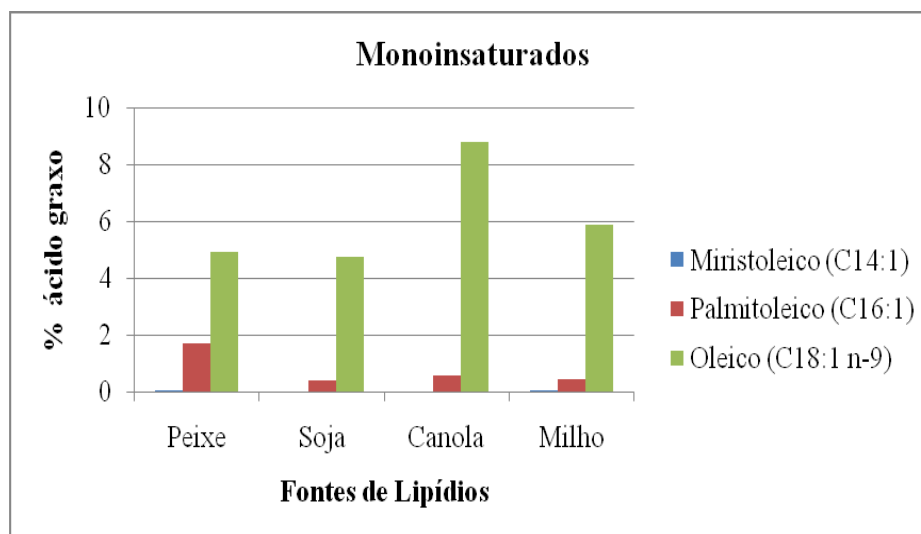


Figura 2. Percentual de ácidos graxos monoinsaturados no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

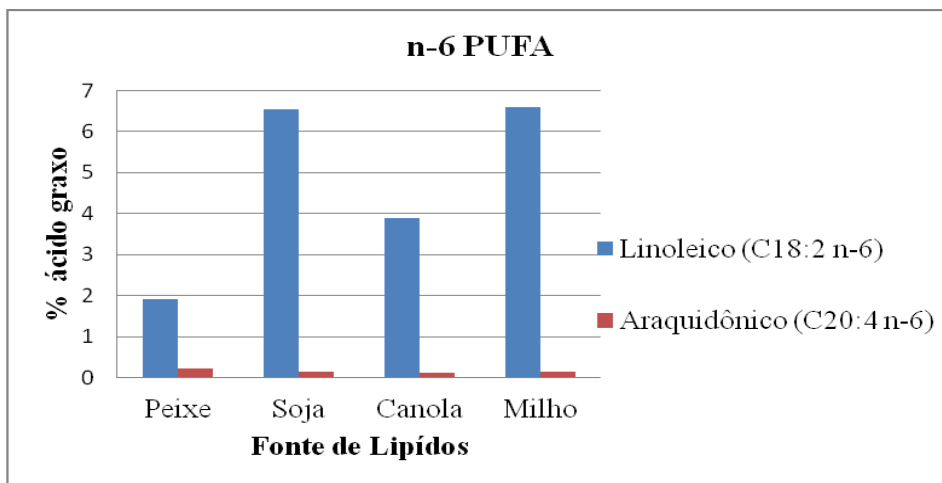


Figura 3. Percentual de ácidos graxos n-6 PUFA no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

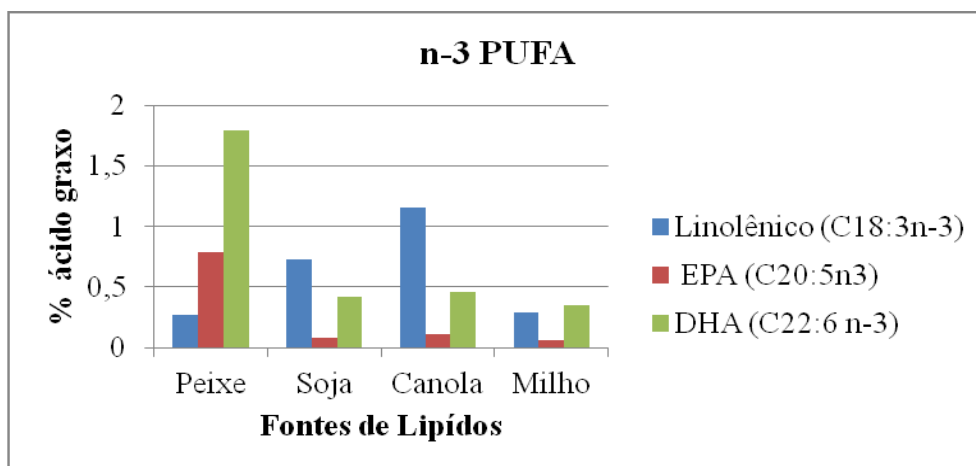


Figura 4. Percentual de ácidos graxos n-3 PUFA (linolênico, eicosapentaenoico EPA e docosahexaenoico DHA) no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

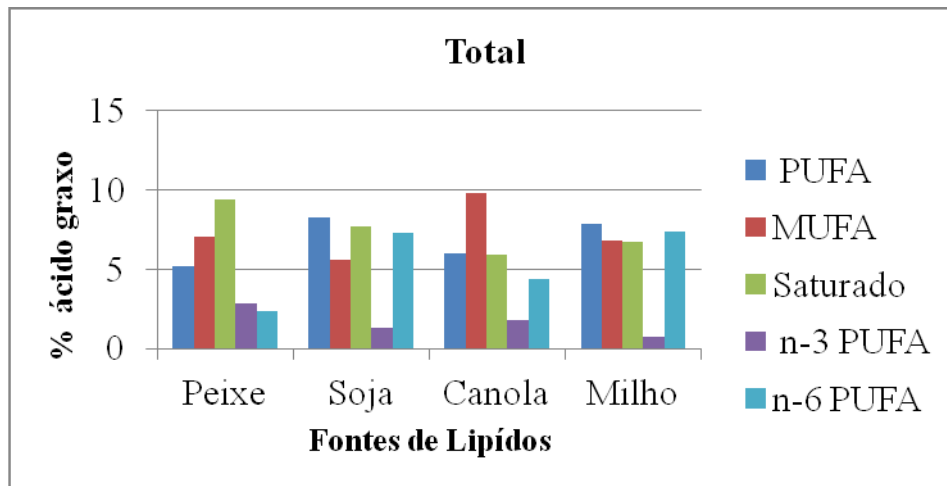


Figura 5. Percentual de ácidos graxos total (Poliinsaturados, monoinsaturados, saturados, n-3 e n-6 PUFA) no tecido muscular de juvenis de pacamã (*Lophosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

3.4. Perfil de ácidos graxos do fígado

A utilização de diferentes fontes de lipídios na dieta dos juvenis de pacamã interferiu significativamente o perfil de ácidos graxos no fígado, como apresentado na Tabela 7.

Observa-se que as dietas suplementadas com óleo vegetal apresentaram maior percentual de ácido graxo saturado no fígado, resultado que não foi influenciado pela composição da dieta experimental. Enquanto no MUFA oléico (C18:1n-9) o maior teor foi obtido no fígado dos peixes alimentados com a dieta que apresentava maior presença desse ácido graxo (dieta óleo de canola).

Para o ácido graxo araquidônico (C20:4n-6) foi obtida a maior presença no fígado dos pacamãs que receberam a dieta com óleo de milho e óleo de soja, resposta que é reflexo do perfil lipídico da dieta. O mesmo ocorreu para os HUFAs EPA (C20:5n-3) e DHA (C22:6n-3), o óleo de peixe promoveu maior porcentagem no fígado dos animais experimentais.

Tabela 7. Perfil de ácidos graxos do fígado de juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios^a

Ácidos graxos ^b (%)	Fontes de lipídios					Erro
	Peixe	Soja	Canola	Milho	CV	
SATURADOS¹						
Mirístico (C14:0)	0,45 ^b	0,35 ^d	0,59 ^a	0,42 ^c	1,28	0,003
Palmítico (C16:0)	4,97 ^d	5,43 ^b	6,02 ^a	5,10 ^c	0,10	0,002
Estearico (C18:0)	1,26 ^d	1,98 ^b	1,52 ^c	2,70 ^a	0,31	0,002
MONOINSATURADOS²						
Miristoleico (C14:1)	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	32,18	0,002
Palmitoleico (C16:1)	0,88 ^a	0,51 ^c	0,74 ^b	0,52 ^c	0,88	0,002
Oleico (C18:1n9c)	2,93 ^d	3,58 ^b	4,17 ^a	3,14 ^c	0,17	0,003
n-6 PUFA³						
Linoléico (C18:2n-6c)	0,32 ^c	0,05 ^d	0,63 ^b	0,93 ^a	1,21	0,002
Araquidônico (C20:4n-6)	0,16 ^c	0,24 ^a	0,19 ^b	0,28 ^a	2,72	0,01
n-3 PUFA⁴						
Linolênico (C18:3n-3)	0,02 ^b	0,03 ^b	0,07 ^a	0,03 ^b	17,76	0,003
cis-Eicosapentaenoico EPA (C20:5n-3)	0,07 ^a	0,01 ^b	0,02 ^b	0,01 ^b	20,99	0,003
cis-Docosahexaenoico DHA (C22:6n-3)	0,45 ^a	0,17 ^c	0,19 ^b	0,15 ^d	2,46	0,01
TOTAL						
Poliinsaturados PUFA	1,04 ^d	1,55 ^a	1,16 ^c	1,52 ^b	0,44	0,01
Monoinsaturados MUFA	4,09 ^d	4,61 ^b	5,38 ^a	4,17 ^c	0,13	0,003
Saturadas	6,71 ^d	7,81 ^c	8,17 ^b	8,31 ^a	0,07	0,003
ε N-3 PUFA	0,54 ^a	0,21 ^c	0,28 ^b	0,19 ^d	1,92	0,003
ε N-6 PUFA	0,59 ^d	0,64 ^c	1,06 ^b	1,55 ^a	0,60	0,002
n-3/n-6	0,92 ^a	0,33 ^b	0,26 ^c	0,12 ^d	1,50	0,003
DHA/EPA	6,43 ^d	17,00 ^a	9,50 ^c	15,00 ^b	0,05	0,002

^a Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tuke (P<0,05). ^bMédias (n=4); ¹Saturados: grupo dos ácidos graxos sem nenhuma dupla ligação; ²Monoinsaturados (MUFA): grupo dos ácidos graxos com uma única dupla ligação; ³n6 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-6; ⁴n3 PUFA: grupo de ácidos graxos poliinsaturados n-3.

Quanto aos resultados da relação entre n-3/n-6 foi verificado que a maior foi encontrada na dieta com óleo de peixe e para DHA/EPA está nas dietas suplementadas com óleo vegetal.

Está representado nas figuras 6, 7, 8, 9 e 10 o percentual dos principais ácidos graxos encontrados no fígado dos animais alimentados com as fontes lipídicas.

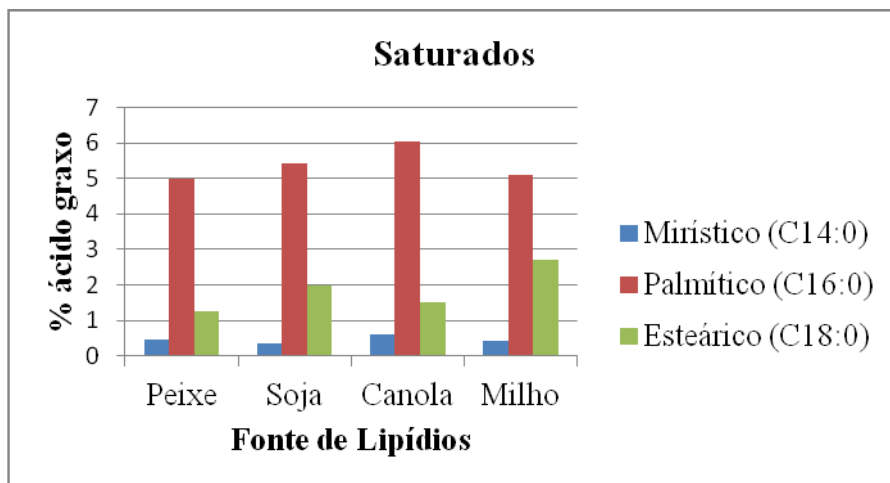


Figura 6. Percentual de ácidos graxos saturados no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

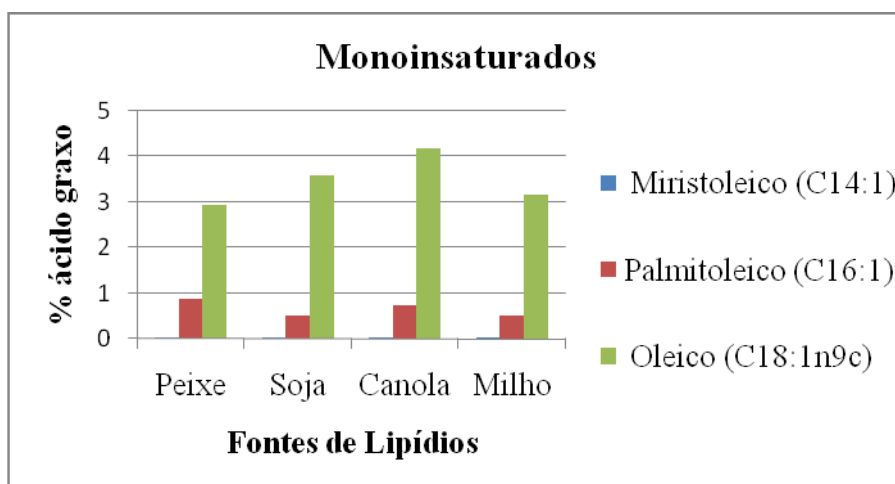


Figura 7. Percentual de ácidos graxos monoinsaturados no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

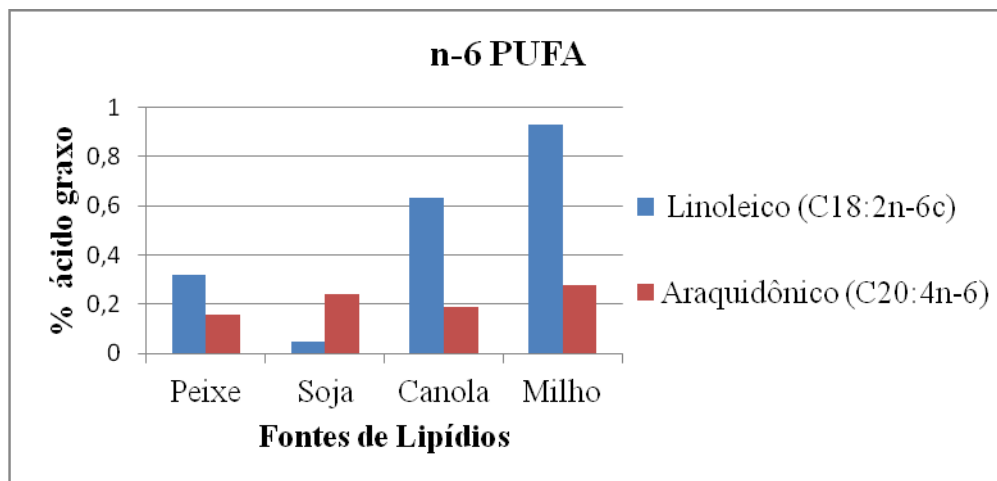


Figura 8. Percentual de ácidos graxos n-6 PUFA (linoleico e araquidônico) no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

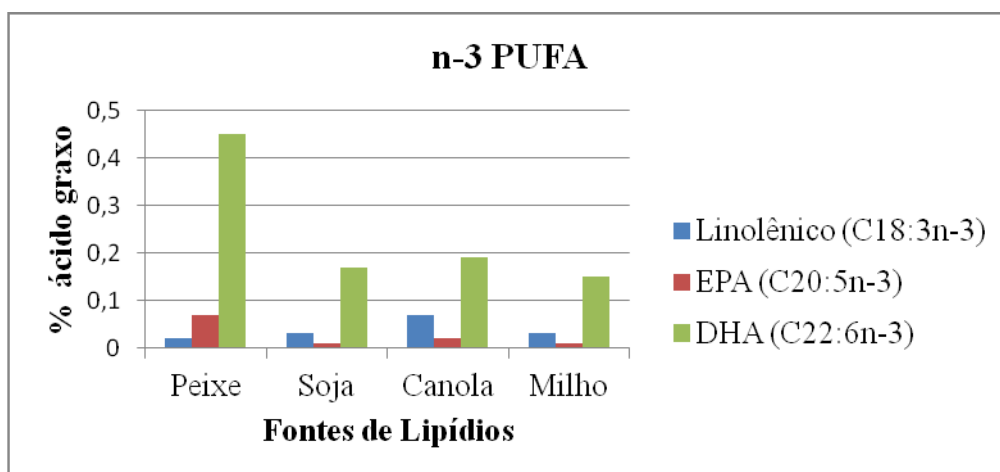


Figura 9. Percentual de ácidos graxos n-3 PUFA (linolênico, eicosapentaenoico-EPA e docosapentaenoico-DHA) no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

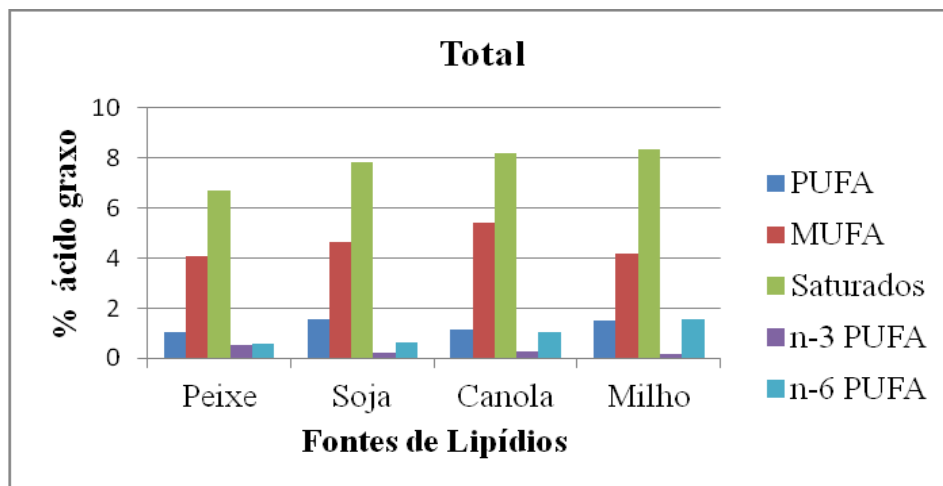


Figura 10. Percentual de ácidos graxos total (poliinsaturado- PUFA, monoinsaturados- MUFA, saturado, n-3 PUFA e n-6 PUFA) no fígado de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios.

3.5. Constituintes do soro sanguíneo

A utilização de diferentes fontes de lipídios não influenciou significativamente as concentrações séricas de proteína plasmática e hematócrito de juvenis de pacamã. Os valores das variáveis estudadas estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Concentração de glicose, proteína plasmática, hematócrito em juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios¹

Variáveis sanguíneas ²	Fonte de lipídios					CV (%)	Erro
	Peixe	Soja	Canola	Milho			
Proteína plasmática (g/dl)	3,75	3,61	3,24	3,55	14,12	0,12	
Hematócrito (%)	19,25	17,94	18,5	18,69	16,57	0,77	

¹ Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey ($P > 0,05$); ² Médias (n=16).

3.6. Constituintes bioquímicos do plasma

As variáveis bioquímicas, triglicerídeos e colesterol total foram influenciadas significativamente pela utilização de diferentes fontes de lipídios, enquanto as lipoproteínas (LDL, HDL e VLDL) não sofreram variação. Os valores estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Concentração de triglicerídeo, colesterol total, lipoproteínas LDL, HDL e VLDL sérica em juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios¹

Variáveis bioquímicas (mg/dl) ²	Fonte de lipídios ²				CV	Erro
	Peixe	Soja	Canola	Milho		
Triglicerídeos	89,63 ^a	80,99 ^{ab}	73,68 ^{ab}	60,58 ^b	10,65	2,89
Colesterol total	54,44 ^a	39,43 ^{ab}	34,39 ^b	42,55 ^{ab}	15,82	2,39
HDL	48,34	46,28	51,44	28,91	19,42	3,87
LDL	37,3	41,62	54,42	40,64	20,34	3,97
VLDL	17,93	16,20	14,74	12,12	12,05	1,00

^aMédias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).; ²Médias (n=16).

3.7. Morfometria hepática

A análise morfométrica do parênquima hepático mostrou que a vacuolização das células não foram alteradas significativamente pelas dietas experimentais. Os tamanhos médios dos hepatócitos estão apresentados na Tabela 10 e nas figuras 11, 12, 13, 14.

Tabela 10. Análise morfométrica dos tamanhos médios dos hepatócitos dos juvenis de pacamã alimentados com diferentes fontes de lipídios¹

Tamanho hepatócito	Fontes de lipídios				CV (%)	Erro
	Peixe	Soja	Canola	Milho		
Área (µm) ¹	82,31	94,05	81,43	74,71	23,50	7,17

¹ Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey (P>0,05).

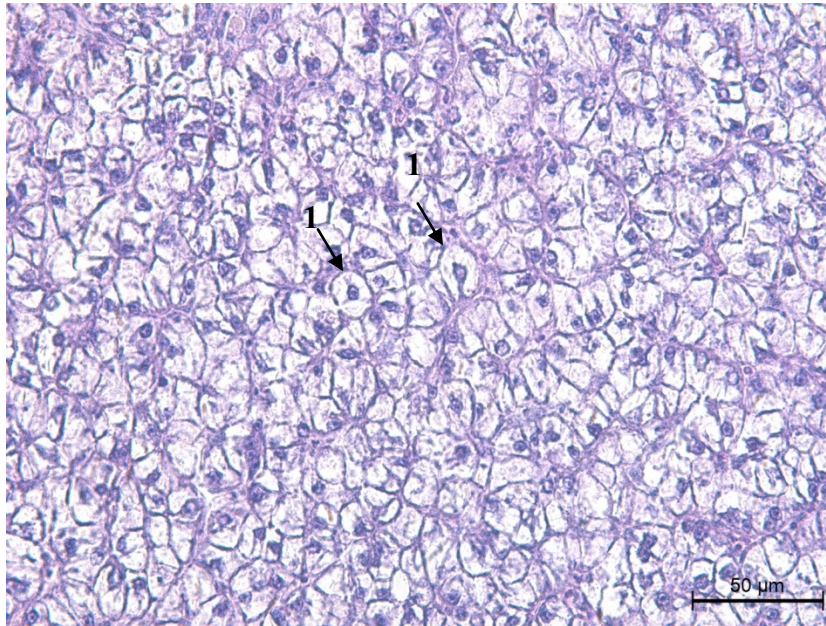


Figura 11. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de peixe (50μm). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 82,31 μm.

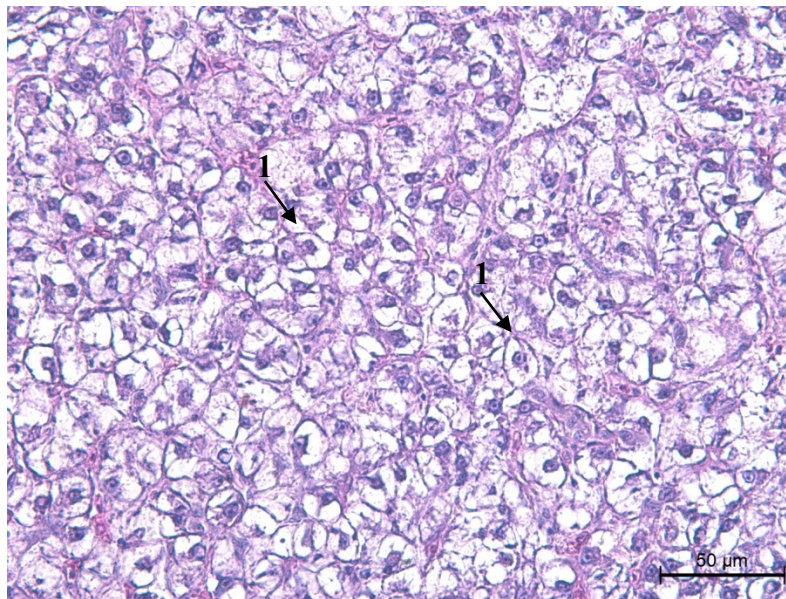


Figura 12. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de soja (50μm). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 94,05 μm.

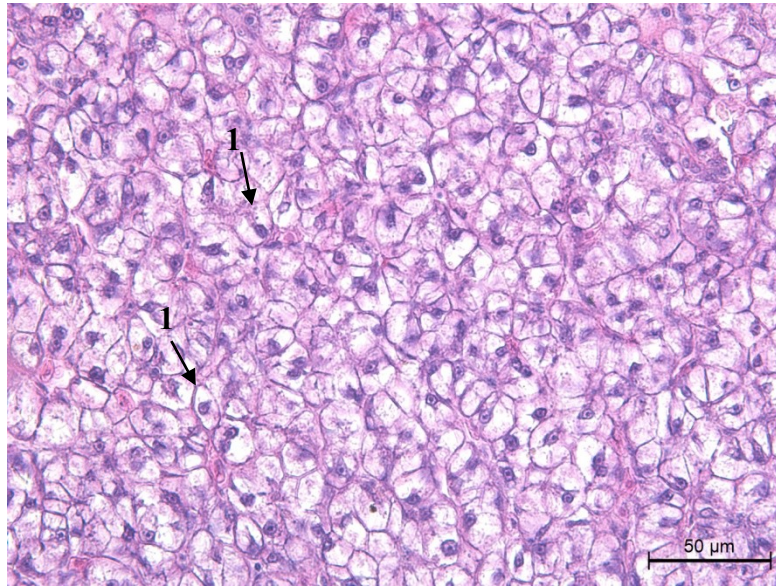


Figura 13. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de canola (50 μ m). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 81,43 μ m.

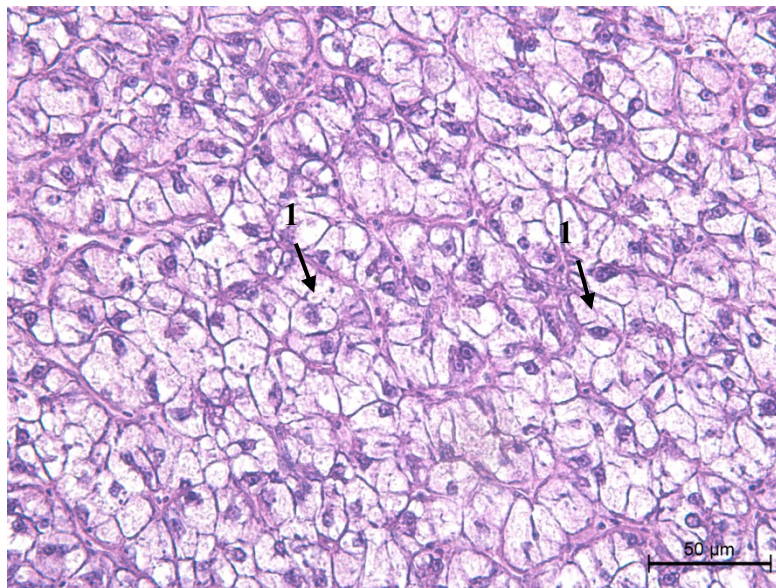


Figura 14. Parênquima hepático de juvenil de pacamã alimentado com dieta com óleo de milho (50 μ m). 1 – hepatócitos. Área média dos hepatócitos 74,71 μ m.

4. DISCUSSÃO

4.1 Desempenho

As fontes de lipídios utilizadas foram uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais e energia, onde todos os tratamentos obtiveram desempenho semelhante aos 90 dias experimentais com resultados satisfatórios, apresentando ganho de peso diário médio de 0,43g, taxa de crescimento específico de 2,54% e conversão alimentar de 1,03. Resultados similares foram reportados em outras espécies, como em surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*), em que as dietas contendo óleo de soja, óleo de milho, óleo de peixe e óleo de porco foram adequadamente utilizadas, mostrando-se fontes apropriadas para essa espécie (MARTINO et al., 2002). Assim como para “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*) (SUBHADRA et al., 2006), “gilthead sea bream” (*Sparus aurata*) e “seabass” (*Dicentrarchus labrax*) (IZQUIERDO et al., 2003) e truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) (CABALLERO et al., 2002).

No entanto, em algumas espécies o perfil de ácidos graxos da dieta pode influenciar o crescimento, na espécie “channel catfish” (*Ictalurus punctatus*) o fornecimento de uma dieta rica em lipídios PUFAs n-3 promoveu melhor crescimento e a dieta rica em n-6 ou ácidos graxos saturados teve o pior desempenho (FRACALOSSO, LOVELL, 1995). Em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) a dieta com baixo teor de PUFA n-3 (15%), promoveu significativamente melhor crescimento nos peixes quando comparado àqueles que se alimentaram da dieta com 29% de ácidos graxos n-3 (MENOYO et al., 2003).

As alterações nas variáveis de desempenho estão relacionados com a exigência de ácidos graxos em cada espécie e ao desequilíbrio entre os PUFAs n-3/n-6 na dieta. De acordo com Xu e Kestemont, (2002), o resultado negativo do óleo de milho no desempenho de cachadía (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), possivelmente foi causado pelo desequilíbrio na relação n-3/n-6. Em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (BERGE et al., 2009) e “gilthead sea bream” (*Sparus aurata*) (IBEAS et al., 1994) a causa do menor desempenho foi a baixa relação n-3/n-6.

4.2. Composição centesimal do músculo e fígado

A composição centesimal do músculo e do fígado dos pacamãs não foi influenciada significativamente pelas dietas contendo as diferentes fontes lipídicas. Essa não interferência é um resultado esperado, devido às dietas serem isoproteicas, isoenergéticas e sem variações nos teores de lipídios totais (MENOYO et al., 2003). Resultado similar foi encontrado em surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) (NOFFS et al., 2009), em “pikeperch” (*Sander lucioperca* (L.)) (KOWALSKA et al., 2011), em “gilthead seabream” (*Sparus aurata*) e em “seabass” (*Dicentrarchus labrax*) (IZQUIERDO et al., 2003).

Em algumas espécies, no entanto, a composição centesimal do músculo pode ser influenciada pela fonte de lipídio, pela diferença na relação proteína/energia ou alterações na concentração de lipídios das dietas. Em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a dieta rica em n-6 e n-9, promoveu maior teor de lipídio muscular e a dieta rica EPA e DHA promoveram maior deposição proteica (FERREIRA et al., 2011). Resultado também encontrado por Ribeiro et al., (2008) com a mesma espécie e por Ribeiro et al., (2013) na espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Os autores associaram a maior deposição lipídica à maior atividade de enzimas lipogênicas, favorecida pelo perfil em ácidos graxos presentes nas dietas.

O perfil de ácidos graxos das dietas experimentais pode também explicar a alta deposição lipídica muscular nos animais experimentais deste trabalho, resposta também obtida por Izquierdo et al., (2003) com as espécies “gilthead seabream” (*Sparus aurata*) e “seabass” (*Dicentrarchus labrax*). De acordo com Ackman, (1989), os peixes podem ser classificados em quatro categorias conforme o conteúdo lipídico: magros (menos de 2% de gordura), de baixo teor (2 a 4%), medianamente gordos (4 a 8%) e altamente gordos (mais de 8% de gordura) categoria que se enquadram os animais experimentais

Em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) Kenari et al., (2011), observaram aumento na retenção de lipídio nos tecidos a medida que aumentava o teor de lipídio da dieta. Evidenciando a relação entre o nível de lipídio da dieta e o teor de lipídio na carcaça (COWEY, 1993). Resultado também demonstrado em “brown trout” (*Salmo trutta*) e “chinook salmon” (*Oncorhynchus tshawytscha*) (ARZEL et al., 1993; SILVER et al., 1993).

4.3. Perfil de ácidos graxos muscular

Os resultados nessa pesquisa mostram que o perfil de ácidos graxos dos tecidos dos peixes refletiu o perfil de ácidos graxos dos lipídios das dietas, onde os somatórios de ácidos graxos PUFA, MUFA, ácido linoleico, ácido linolênico, saturados, EPA e DHA seguiram a porcentagem presente nas quatro dietas experimentais.

A influência da dieta sobre o perfil dos ácidos graxos também foram encontrados em outras pesquisas, como por Caballero et al., (2002) em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), Menoyo et al., (2003) em salmão do Atlântico (*Salmo salar*), Aslan et al., (2008) e Noffs et al., (2009) na espécie surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e Aminikhoei et al., (2013) em “rockfish” (*Sebastes schlegeli*).

A especificidade de oxidação dos ácidos graxos pelos peixes é um fator importante na determinação do perfil de ácidos graxos depositados nos tecidos (RODRIGUEZ et al., 2009), tendo efeito direto da composição da dieta (RIBEIRO et al., 2008). Assim verificado nessa pesquisa, a alta presença de ácidos graxos saturados na dieta com óleo de peixe justifica o maior percentual no músculo dos pacamãs.

Asdari et al., (2011) também relaram a grande presença de ácidos graxos saturados no músculo de *Pangasius nasutus* alimentados com altas proporções desse ácido graxo, assim como Bahurmiz e Ng, (2007) em tilápia híbrida vermelha (*Oreochromis* sp.). Esta resposta segue a confirmação de que peixes de água doce são capazes de regular o destino do ácido graxo formado endogenamente ou assimilados a partir da dieta, incorporando o ácido graxo dietético em fosfolipídios estruturais, depositando-o como gordura de reserva ou oxidando-o para fornecimento de energia (ASDARI et al., 2011).

A predominância do MUFA oleico (C18:1 n-9) no tecido muscular sugere que o mesmo não foi o principal ácido graxo utilizado como fonte de energia nos peixes desta pesquisa. Ribeiro et al., (2008) afirmam que dietas com altas proporções de MUFAs e PUFAs n-6 predispõe a maior atuação das enzimas hepáticas, glicose-6-P desidrogenase e enzima málica, enzimas que participam dos processos de lipogênese e armazenamento lipídico, enquanto os PUFAs n-3 intervém no sentido contrário reduzindo a atuação dessas enzimas. Fato que é comprovado nos resultados de sua pesquisa com tilápia do Nilo (*Oreochromis nilotus*), onde a menor atuação das enzimas lipogênicas foi

observada nos peixes alimentados com dietas contendo óleo de linhaça e óleo de peixe, fontes ricas em PUFA n-3.

A utilização de fontes lipídicas ricas no PUFA n-6 linoleico (C18:2n-6), principalmente óleo de soja e milho, favoreceu sua maior deposição na musculatura dos animais experimentais. Em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) os maiores teores de ácido linoleico também foram observados no músculo dos animais alimentados com dieta contendo óleo de milho, provavelmente pode ter ocorrido uma absorção direta e esterificação desse ácido graxo na dieta (CABALLERO et al., 2002).

O aumento no percentual na musculatura de ácido araquidônico (C20:4 n-6) acima do oferecido nas dietas experimentais, induz que a espécie em estudo apresenta a Δ^5 dessaturase, responsável pela conversão do ácido di-homo γ -linolênico (C20:3 n-6) em ácido araquidônico (C20:4 n-6). Essa bioconversão também foi relatada em outras espécies, como em tilápia do Nilo (*O. niloticus*) (RIBEIRO et al., 2008), em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (MENOYO et al., 2003) e “pikeperch” (*Sander lucioperca* (L.)) (KOWALSKA et al., 2011). A síntese de ácido araquidônico é de grande relevância por esse ácido graxo ser um precursor específico de eicosanoides (tromboxanos, leucotrienos e prostaglandinas) (FUNK, 2001; KITAJKA et al., 2004) que apresentam funções mediadoras no processo fisiológico, tais como, percepção de dor, contração do músculo liso, inflamação e a regulação do fluxo sanguíneo (CALDER, FIELD, 2002; HARBORNE, WILLIAMS, 2000).

O mesmo resultado foi verificado para os ácidos graxos EPA (C20:5 n-3) e DHA (C22:6 n-3), onde o aumento do DHA na musculatura está relacionado a capacidade do pacamã em bioconverter ácido linolênico a EPA e DHA pela presença da Δ^5 e Δ^6 dessaturase. Essa capacidade de bioconversão do ácido linolênico para DHA também foi observada em surubim (*P. fasciatus*), alimentados com dieta contendo 100% de óleo de soja e dieta contendo 100% de gordura de porco (NOFFS et al., 2009).

A maior relação de DHA/EPA nas dietas contendo óleo vegetal foi proporcionada pela maior deposição de DHA, fato que confirma a capacidade de bioconversão do ácido linolênico em EPA e DHA. Enquanto a menor relação de n-3/n-6 foi encontrada na musculatura dos animais alimentados com dietas contendo óleos vegetais, devido essas fontes serem ricas em ácidos graxos da série n-6.

Em peixes salmonídeos é observada uma disputa entre os ácidos graxos n-3 e n-6 pela enzima dessaturase, uma vez que os dois ácidos graxos apresentam substrato para

a Δ^6 dessaturase. A presença dominante do ácido graxo é que determinará qual será utilizada para a bioconversão (TOCHER et al., 2003; KOWALSKA et al., 2011).

A incorporação dos ácidos graxos EPA e DHA nos tecidos do pacamã com a manipulação da dieta mostra que esta espécie é uma fonte de proteína que traz mais benefícios para a saúde do homem, esses PUFAs são responsáveis por reduzir os riscos de doenças cardiovasculares, psoríase, diabetes e depressão (SANDERSON et al., 2002; FAGUNDES, 2003). Para a gestante, a dieta materna com consumo de pescado, pode reduzir a incidência de parto prematuro e melhorar o peso do bebê ao nascer, onde o feto recebe os ácidos graxos através do cordão umbilical e placenta (GAETE et al., 2002; HOFFMAN et al., 2003). O DHA torna-se também importante para o desenvolvimento cerebral e visual do recém-nascido, pois é um componente estrutural dos fosfolipídios das membranas celulares, em particular das fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina e fosfatidilserina (VALENZUELA et al., 2003).

Os ácidos graxos n-3 estão presentes em grandes concentrações no cérebro, apresentando grande importância para as funções cognitivas e comportamentais, enquanto os ácidos graxos n-6 ajudam no tratamento do cancro, desordens da pele, síndrome pré-menstrual, melhoram a artrite reumatóide, neuropatia diabética (HALL et al., 2007). No entanto, é relevante ressaltar que o consumo desses PUFAs deve-se manter o equilíbrio apropriado entre os dois, visto que, ambos trabalham em conjunto para promover a saúde. O desequilíbrio ou deficiência desses ácidos graxos essenciais promovem graves condições à saúde (GUINÉ, HENRIQUES, 2011).

4.4. Perfil de ácidos graxos do fígado

Nos teleósteos o fígado é conhecido como um órgão multifuncional responsável pelo metabolismo dos nutrientes, pela produção de bile, pela produção de colesterol e pigmentos biliares, entre outras funções (FLORES-LOPES, MALABARBA, 2007). É um órgão que inicia a maioria dos processos metabólicos e regulatórios dos nutrientes, e em peixes é o principal local para a lipogênese (TORSTENSEN, TOCHER, 2010).

A grande presença de ácidos graxos saturados no fígado dos animais que se alimentaram com fontes lipídicas de origem vegetal, mostra que esta espécie tem a capacidade de modular os seus ácidos graxos, priorizando os ácidos graxos de baixo

valor nutricional para produção de energia ou para seu armazenamento e poupando os HUFAs que são lipídios mais importantes.

Algumas espécies, como os peixes antárticos utilizam seletivamente os ácidos graxos, usando preferencialmente os saturados e monoinsaturados para produção de energia, enquanto os HUFAs são poupados e destinados para outros fins, como para síntese de eicosanoides, tromboxanos, leucontrienos, dentre outros (SIDELL et al., 1995).

Com o ácido graxo linoleico (C18:2n-6) esta espécie priorizou uma parte desse ácido graxo para a síntese de ácido araquidônico (C20:4n-6), fato que é possível, pois o ácido linoleico é seu precursor. Kowalska et al., (2011) também observaram alta capacidade de bioconversão da espécie “pikeperch” (*Sander lucioperca* (L.) quando alimentados com dieta comercial e dieta suplementada com óleo de peixe.

Para ácido graxo linolênico uma quantidade foi destinada para síntese dos ácidos graxos EPA e DHA, sendo depositado no músculo dos juvenis de pacamã, resultado que foi observado no fígado daqueles que consumiram óleo pobre nesses ácidos graxos. Para outras espécies de água doce, como a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e o surubim (*P. coruscans*) (FERREIRA et al., 2011; MENOYO et al., 2003; MARTINO et al., 2002) houve comportamento semelhante.

4.5. Constituintes do soro sanguíneo

As análises dos constituintes séricos e bioquímico na nutrição permite entender o metabolismo do peixe, o efeito da dieta avaliada, a condição fisiológica e o estado geral da saúde. Os resultados obtidos para os constituintes séricos proteína total e hematócritos, mostram que os pacamãs estavam em bom estado nutricional e que as fontes de lipídios avaliadas são adequadas para essa espécie.

A proteína total sérica é um constituinte sanguíneo que apresenta um importante papel sobre as atividades fisiológicas dos peixes (GBORE et al., 2010) e também pode apresentar alterações nas suas concentrações sanguíneas com a fonte de lipídio e teor lipídio na dieta. Em “black seabream” (*Acanthopagrus schlegeli*) a alteração no teor de proteína total foi proporcionado pela fonte de lipídio da dieta, indicando disfunção osmorregulatória, danos dos tecidos circundantes dos vasos sanguíneos e hemodiluição

nessa espécie (PENG et al., 2008). Resultados que foram semelhantes aos de Babalola et al., (2009) para juvenis de “planet cafish” (*Heterobranchus longifilis*).

4.6. Constituintes bioquímicos do plasma

Os teores dos triglicerídeos são constituintes importantes para diagnosticar o estado fisiológico dos teleósteos (TOLUSSI et al., 2010). Nesta pesquisa o resultado da elevada concentração sanguínea de triglicerídeos nos animais, provalmente está relacionada ao desequilíbrio da composição de ácidos graxos das dietas que ocasionou uma maior circulação de gorduras saturadas no sangue.

Grande parte dessa gordura foi destinada para deposição muscular, com ajuda da lipoproteína VLDL responsável por transportar os triglicerídeos a partir do fígado para os tecidos periféricos. Sua síntese pelo fígado tem efeito direto sobre a concentração de triglicerídeos circulantes. Em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) a substituição de óleo de peixe por óleo vegetal aumentou os depósitos de triglicerídeos do fígado e diminuiu os níveis de lipídios circulantes no plasma provavelmente por diminuir a síntese de VLDL (JORDAL et al., 2007). Em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) o menor teor de triglicerídeos plasmáticos e lipoproteínas VLDL, foram observados nas dietas contendo óleo de peixe e óleo de oliva, Ferreira et al., (2011) sugerem que a inibição foi ocasionada pelo desequilíbrio em PUFA n-3 que reduziu a secreção VLDL.

A suplementação de ômega-3 reduz a síntese e secreção de VLDL pela diminuição da atividade da enzima diacilglicerolaciltransferase que controla a síntese hepática de triglicerídeos (LOTTENBERG, 2009). Os PUFAs n-3 pode ainda controlar a circulação de triglicerídeos reduzindo a níveis da Apo CIII, responsável por inibir a atividade da enzima lipase lipoproteica (LLP), enzima chave envolvida na hidrólise dos triglicerídeos (ADKINS, KELLEY, 2010).

Castro et al., (2014) atribuem as menores concentrações de HDL em “European sea bass” (*Dicentrarchus labrax*) alimentados com óleo de peixe, à relação entre HDL no plasma e a atividade da enzima lipase lipoproteica (LLP). Os dados pressupõem que o transporte reverso via HDL, do colesterol não usado pelos tecidos para o fígado, pode ter sido alterada pela fonte de óleo vegetal, através das variações na taxa da enzima LLP que media a lipólise das lipoproteínas ricas em triglicerídeos. Resposta que

se confirma no trabalho de Geay et al., (2011) pela estimulação da enzima LPL e de genes da apolipoproteína apoA1 em “European sea bass” (*D. labrax*) alimentados com óleo vegetal, proteína apoA1 é o principal componente da HDL.

A utilização de fontes lipídicas ricas em colesterol pode ocasionar alto conteúdo dessa molécula no plasma sanguíneo dos peixes, outras pesquisas também obtiveram alta concentração plasmática nos animais alimentados com óleo de peixe (RIBEIRO et al., 2013; FERREIRA et al., 2011; KENARI et al., 2011; RICHARD et al., 2006; CASTRO et al., 2014). Enquanto a influência dos óleos vegetais sobre a circulação do colesterol, pode está relacionado às moléculas de fitoesteróis presentes nestas fontes que reduzem o teor de colesterol sérico. O mecanismo de ação ainda não está bem elucidado, no entanto, o principal efeito seria pela competição entre os fitoesteróis, colesterol da dieta e colesterol biliar pela solubilização nas micelas. Como os fitoesteróis são mais lipofílicos que o colesterol, esta vantagem impede que o colesterol livre se incorpore no interior das micelas e, então, seja eliminado nas fezes (EUSSEN et al., 2010).

Os óleos vegetais em geral contêm cerca de 100-500mg de fitoesteróis/100g de óleo, tanto na forma livre como esterificado. O óleo de soja contém 327mg de fitoesteróis/100g, enquanto o óleo de canola mostra concentrações entre 500-1100 mg fitoesteróis/100g de óleo, cerca de duas vezes maior que o observado para óleo de soja (ITO, 2007). Assim, atribui-se essa característica ao óleo de canola, por apresentar menor porcentagem de colesterol sérico nos pacamãs alimentados essa fonte de lipídios.

4.7. Morfometria hepática

As fontes de lipídios e o teor de suplementação (10%) na dieta foram considerados adequados para a espécie em estudo, pois não causaram alteração nas células do fígado. Muitas vezes, o nível de lipídio e a deficiência em alguns ácidos graxos em alimentos para peixes têm efeito sobre o grau de vacuolização dos hepatócitos e, conseqüentemente, afeta o tamanho dessas células. Resposta que foi observada em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), as fontes óleo de canola, óleo de oliva, óleo de palma, proporcionou vacúolos lipídicos com variação de tamanho, ocasionado pelo acúmulo de ácido oleico (C18:1 n-9) no fígado, devido a preferência de utilização de outros ácidos graxos como fonte de energia (CABALLERO et al., 2002).

Em “pikeperch” (*Sander lucioperca* L.) a utilização de óleo de linhaça interrompeu o processo de absorção de lipídio, resultado que foi visível na acumulação de gotículas de lipídios no intestino, baixo grau de vacuolização dos hepatócitos e a ocorrência de grandes núcleos e ou cariólise. Modificações que podem estar ligados a distúrbios no metabolismo dos lipídios no organismo dessa espécie, indicando uma utilização limitada da fonte de lipídio (KOWALSKA et al., 2011).

É visto que o metabolismo dos lipídios depende da quantidade de ácidos graxos essenciais na fonte de lipídios. Em espécies marinhas, baixas concentrações de EPA e DHA resultaram em alterações patológicas no fígado, enquanto que maior teor aumenta a absorção de lipídios nos hepatócitos sem alterações na estrutura celular (RENNERT et al., 2005; PIEDECAUSA et al., 2007).

As alterações patológicas do fígado também podem ser relacionadas entre a vacuolização e o índice hepatossomático (IHS), devido os valores de ambos estar em conjunto. A relação está associada à reserva de lipídios pelo fígado, somado a dinâmica no uso da energia através do fígado. O aumento no teor de energia incrementa os valores de IHS e a rápida diminuição nesse índice pode indicar um estado de déficit de energia e nutrientes. Neste trabalho os resultados de IHS estão condizentes a resposta dos hepatócitos, assim como, encontrado em outras pesquisas (PIEDECAUSA et al., 2007; LU et al., 2013).

Lu et al., (2013) asseguram que alterações em organelas de hepatócitos ocorrem após ingestão de uma dieta rica em lipídios, ocasionada pela diminuição nas taxas de triglicérides hepáticos e lipoproteínas plasmáticas VLDL. Dessa forma, esse conjunto de alterações induz a patologia como fígado gorduroso. Patologia que é indesejável, pois mostra que a energia está sendo desperdiçada ou não utilizada e depositada nos tecidos (HANSEN et al., 2008).

Assim fica evidente que, as alterações nos tecidos hepáticos indicam que a absorção e armazenamento ou metabolismo dos lipídios são determinados pela qualidade e quantidade de lipídios na alimentação, e que o teor de ácidos graxos é crucial para o bom funcionamento do fígado (KOWALSKA et al., 2011).

5. CONCLUSÕES

As fontes lipídicas, óleo de peixe, óleo de soja, óleo de canola e óleo de milho não influenciaram o desempenho e a composição do músculo dos juvenis de pacamã.

A espécie apresentou capacidade de modular o perfil de ácidos graxos, de acordo com a fonte lipídica fornecida na dieta, aumentando os teores de ácidos graxos essenciais como EPA, DHA e ácido araquidônico no tecido muscular.

O estudo mostra que as fontes lipídicas podem ser utilizadas na alimentação dessa espécie, onde através da manipulação da dieta pode-se oferecer ao mercado consumidor uma carne saborosa de um peixe de água doce enriquecida em ácidos graxos EPA e DHA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafoods. **Progress in Food Nutrition Science**, v. 13, p.161-241, 1989.

ADKINS, Y.; KELLEY, D.S. Mechanisms underlying the cardioprotective effects of Omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 21, p. 781-792, 2010.

AMINIKHOEI, Z.; CHOI, J.; LEE, S.-M.; KIM, K.-D. Effects of Different Dietary Lipid Sources on Growth Performance, Fatty Acid Composition, and Antioxidant Enzyme Activity of Juvenile Rockfish, *Sebastes schlegeli*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, n. 5, oct., 2013.

ASDARI, R.; ALIYU-PAIKO, M.; HASHIM, R. Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius nasutus* (Bleeker 1863) juveniles on growth performance, feed efficiency, body indices and muscle and liver fatty acid compositions. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 883-891, 2011.

ASLAN, M.; RICHARD, J.; DABROWSKI, K.; PORTELLA, M.C. Effects of Different Dietary Lipid Sources on the Survival, Growth, and Fatty Acid Composition of South American Catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubim, Juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 1, fev., 2008.

ARZEL J.; CARDINAL M.; CORNET J.; METAILLER R.; GUILLAUME J.C. Nutrition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater, effect of dietary lipid on growth performances, body composition and fillet quality. **Special Publication of the European Aquaculture Society**, v. 19, p.309, 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of association of official analytical chemists**. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005.

BABALOLA, T.O.O.; ADEBAYO, M.A.; APATA, D.F.; OMOTOSHO, J.S. Effect of dietary alternative lipid sources on hematological parameters and serum constituents of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. **Tropical Animal Health Production**, v. 41, p. 371-377, 2009.

BAHURMIZ, O.M.; NG, W.K. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. **Aquaculture**, v. 262, p. 382-392, 2007.

BERGE, G.M.; WITTEN, P.E.; BAEVERFJORD, G.; VEGUSDAL, A.; WADSWORTH, S.; RUYTER, B. Diets with different n-6/n-3 fatty acid ratio in diets for juvenile Atlantic salmon, effects on growth, body composition, bone development and eicosanoid production. **Aquaculture**, v.296, p.299-308, 2009.

BRASIL. Resolução Normativa Nº 13, de 20 de Setembro, 2013. Diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Conselho Nacional de Controle e Experimentação Animal-DOU de 26/09/2013 (nº 187, Seção 1, pág.5). Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_24876874_RESOLUCAO_NORMATIVA_N_13_DE_20_DE_SETEMBRO_DE_2013.aspx. Acesso: 10/01/2015.

BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco**. 2. ed. Brasília: Codevasf, 1986.

CABALLERO, M.J.; OBACH, A.; ROSENLUND, G.; MONTERO, D.; GISVOLD, M.; IZQUIERDO, M.S. 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.

CALDER, P. C.; FIELD, C. J. Fatty acids and the immune system. In: CALDER, P. C.; FIELD, C. J.; GILL, H. S. (Ed.) **Nutrition Immune System**. New York: CABI, 2002. p. 57-92.

CASTRO, C.; CORRAZE, G.; PANSEARAT, S.; OLIVA-TELES, A. Effects of fish oil replacement by a vegetable oil blend on digestibility, postprandial serum metabolite profile, lipid and glucose metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture Nutrition**, DOI: 10.1111/anu.12184, 2014.

COWEY, C.B. **Nutrition and Practice, Colloq. INRANo.61**. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France, 227p, 1993.

EUSSEN, S.; KLUNGEL, O.; GARSSEN, J.; VERHAGEN, H.; VAN KRANEN, H.; VAN LOVEREN, H.; ROMPELBERG, C. Support of drug therapy using functional and dietary supplements: focus on station therapy. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 103, n. 9, p. 1260-1277, mar., 2010.

FAGUNDES, L. A. **Guia de alimentação natural**: alimentos que nos ajudam a viver melhor. Porto Alegre: AGE, 2003. 133p.

FERREIRA, M.W.; ARAUJO, F.G.; COSTA, D.V.; PRISCILA, P.V. Influence of Dietary Oil Sources on Muscle Composition and Plasma Lipoprotein Concentrations in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 1, fev., 2011.

FLORES-LOPES, F.; MALABARBA, L.R. Alterações histopatológicas observadas no fígado do lambari *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1894) (Teleostei. Characidae) sob influência de efluentes petroquímicos. **Biociência**, Porto Alegre, v.15, n. 2, p. 166-172, jul. 2007.

FRACALOSSO, D.M., LOVELL, R.T. Growth and liver polar fatty acid composition of year-1 channel catfish fed various lipid sources at two water temperatures. **Progressive Fish-Culturist**, v. 57, p. 107-113, 1995.

FRACALOSSI, D.M.; RODRIGUES, A.P.O.; SILVA, T.S.C.; CYRINO, J.E.P. Técnicas experimentais em nutrição de peixe. In: FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1ª ed. ampliada, Florianópolis: Copiart, 2013, cap. 3, p. 53-58.

FUNK, C. D. Prostaglandins and leukotrienes: advances in eicosanoid biology. **Scientific**, v. 294, p. 1871-1875, 2001.

GAETE, M.G.; ATALAH, E.S.; ARAYA, J.A. Efecto de la suplementación de la dieta de la madre durante la lactancia con ácidos grasos omega 3 en la composición de los lípidos de la leche. **Revista Chilena de Pediatría**, v.73, p.239-47, 2002.

GBORE, F.; ADEWOLE, A.M.; OGinni, O.; OGUNTOLU, M.F.; BADA, A.M.; AKELE, O. Growth performance, haematology and serum biochemistry of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings fed graded levels of dietary fumonisin B1. **Mycotoxin Research**, New York, v. 26, n. 4, p. 221-227, nov., 2010.

GEAY, F.; FERRARESSO, S.; ZAMBONINO-INFANTE, J.; BARGELLONI, L.; QUENTEL, C.; VANDEPUTTE, M.; KAUSHIK, S.; CAHU, C.; MAZURAS, D. Effects of the total replacement of fish-based diet with plant-based diet on the hepatic transcriptome of two European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) half-sibfamilies showing different growth rates with the plant-based diet. **BMC Genomics**, v. 12, p. 522, 2011.

GUINÉ, R.; HENRIQUES, F. O Papel dos Ácidos Gordos na Nutrição Humana e Desenvolvimentos Sobre o Modo Como Influenciam a Saúde. **Millenium**, v.40, p. 7-21, 2011.

GOLDENFARD, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal Clinic Path**, v. 56, n. 1, p. 35-39, 1971.

Hall, M.N.; Campos, H.; Li, H.; Sesso, H.D.; Stampfer, M.J.; Willett, W.C.; Ma, J. Blood levels of long-chain polyunsaturated fatty acids, aspirin, and the risk of colorectal cancer. **Cancer Epidemiology Biomarkers e Prevention**, v.16(2), p. 314-321, 2007.

HARBORNE J. B.; WILLIAMS C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.

HANSEN, J.O.; BERGE, G.M.; HILLESTAD, M.; KROGDAHL, A.; GALLOWAY, T.F.; HOLM, H.; HOLM, J.; RUYTER, B. Apparent digestion and apparent retention of lipid and fatty acids in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed increasing dietary lipid levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 284, n. 1-4, p. 159-166, nov., 2008.

HEARN, T.L.; SGOUTAS, S.A.; HEARN, J.A.; SGOUTAS, D.S. Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits. **Journal Food Science**, v. 52, p. 1209-1211, 1987.

HIRAYARA, T. Japanese studies on diet and cancer. In: HILL, M.J.; GIACOSA, A.; CAYGILL, C.P.J. eds. **Epidemiology of diet and cancer**. Chichester: Ellis Horwood. 1994, p.17-64.

HOFFMAN, D.R.; BIRCH, E.E.; CASTAÑEDA, Y.S.; FAWCETT, S.L.; WHEATON, D.H.; BIRCH, D.G.; UAUY, R. Visual function in breast-fed term infants weaned to formula with or without long-chain polyunsaturates at 4 to 6 months: a randomized clinical trial. **Journal of Pediatrics**, v.142, p.669-77, 2003.

IBEAS, C.; IZQUIERDO, M. S.; LORENZO, A. Effect of different levels of n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and fatty acid composition of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata*. **Aquaculture**, v. 127, p. 177-188, 1994.

ITO, V. M. **Concentração de tocoferóis e fitoesteróis a partir do óleo destilado desodorizado de óleos vegetais através do processo de destilação molecular**. 2007. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

IZQUIERDO, M.S.; OBACH, A.; ARANTZAMENDI, L.; MONTERO, D.; ROBAINA, L.; ROSENLUND, G. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. **Aquaculture nutrition**, v. 9, p. 397-407, 2003.

JAIN, N.C. **Schalm's Veterinary Hematology**. 5.ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltda, 2000. p.1120-1132.

JORDAL, A. E. O.; LIE, O. ; TORSTENSEN, B. E. Complete replacement of dietary fish oil with a vegetable oil blend affect liver lipid and plasma lipoprotein levels in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.13, p. 114–130, 2007.

KENARI, A.A.; MOZANZADEH, M.T.; POURGHOLAM, R. Effects of total fish oil replacement to vegetable oils at two dietary lipid levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, 1877). **Aquaculture Research**, v. 42, p. 1131-1144, 2011.

KINSELLA, J.E. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, p. 1-28, 1990.

KITAJKA, K.; SINCLAIR, A.J.; WEISINGER, R.S.; WEISINGER, W.H.S.; MATHAI, M.; JAYASOORIYA, A.P.; HALVER, J.E.; PUSKÁS, L.G. Effects of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on brain gene expression. **Proceeding of the National Academy of Sciences United States of America (PNAS)**, v. 101, p. 10931-10936, 2004.

KOWALSKA, A.; ZAKES, Z.; JANKOWSKA, B.; SIWICKI, A. Substituting vegetable oils for fish oil in pikeperch diets: the impact on growth, internal organ histology, blood biochemical parameters, and proximate composition. **Aquaculture nutrition**, v. 17, p. 148-163, 2011.

LOTEENBERG, A.M.P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**. São Paulo, v. 53, n.5, jul. 2009.

LU, K.L.; XU, W.-N.; LI, X.-F.; LIU, W.-B.; WANG, L.-N.; ZHANG, C.-N. Hepatic triacylglycerol secretion, lipid transport and tissue lipid uptake in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fed high-fat diet. **Aquaculture**, v. 408-409, n. 1, p. 160-168, sept., 2013.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB**, Brasília, DF, v.43, p.903-909, jul., 2008.

MAGGI, L.E.; GIUNTA, G.A.; TORRES, M.I.; INFANTE, S. Comparación de um nuevo método directo para cuantificar el colesterol LDL, HDL, VLDL y lipoproteína (a) com los métodos tradicionales. **Revista Bionálisis**, n. 9, p.20-24, jan.-fev., 2008.

MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v. 209, p. 233-246, 2002.

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

MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of Three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal Food Composition and Analysis**, v.14, issue 6, p.565-574, dez., 2001.

NOFFS, M.D.; MARTINO, R.C.; TRUGO, L.C.; URBINATI, E.C.; FERNANDES, J.B.K.; TAKAHASHI, L.S. 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 Biochemistry**, v. 35, p. 399-412, 2009.

OLSEN, Y. Lipids and essential fatty acids in aquatic foods webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C **Lipids in freshwater ecosystems**, 1998. cap. 8, p.161-202.

PENG, S.; CHEN, L.; QINJ, 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 sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*). **Aquaculture**, v. 276, p. 154-161, 2008.

PIEDECAUSA, M.A.; MAZÓN, M.J.; GARCÍA GARCÍA, B.; HERNÁNDEZ, M.D. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*). **Aquaculture**, v. 262, p. 211-219, 2007.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M.I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. 1ª ed., Maringá: Copyright, 2013. 140p.

RENNERT, B.; GUNTHER, S.; WIRTH, M.; SCHULZ, C. Effect of feeding under year zander (*Sander lucioperca*) on size, body mass and body composition before and after wintering. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 21, p. 429–432, 2005.

RIBIEIRO, P.A.P.; LOGATO, P.V.R.; PAULA, D.A.J.; COSTA, A.C.; MURGAS, L.D.S.; FREITAS, R.T.F. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 8, p. 1331-1337, 2008.

RIBEIRO, P.A.P.; COSTA, L.S.; PEREIRA, R.T.; MURGAS, L.D.S.; ROSA, P.V. Parâmetros metabólicos de pacus alimentados com diferentes fontes de óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 8, p. 1038-1042, ago., 2013.

RICHARD, N., KAUSHIK, S.; LARROQUET, L.; PANSERAT, S.; CORRAGE, C. 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**, v. 96, p. 299–309, 2006.

RODRIGUEZ, C.; LORENZO, A.A.; MARTÍN, V. Nutrición Lipídica. In: SANZ, F. ed. **La Nutrición y Alimentación em Piscicultura**. Madrid, Espanã, CSIC. 2009. p. 153-274.

SANDERSON, P.; FINNEGAN, Y.E.; WILLIAMS, C.M.; CALDER, P.C.; BURDGE G.C.; WOOTON, S.A.; GRIFFIN, B.A.; JOE MILLWARD D.; PEGE, N.C.; BEMELMANS, W.J. UK food standards agency α -linolenic acid workshop report. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 88, p. 573-579, 2002.

SIDELL, B.; CROKETT, E.L.; DRIEDZIC, W.R. Antarctic fish tissues preferentially catabolize monoenoic fatty acids. **Comparative Physiology and Biochemistry**, v. 271, p. 73-81, 1995.

SILVER G.R.; HIGGS D.A.; DOSANJH B.S.; MCKEOWN B.A.; DEACON G.; FRENCH D. **Nutrition and Practice, Colloq. INRA No. 61**. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France, 459p, 1993.

SIMOPOULOS, A.P.; SALEM, N.J. Purslane: a terrestrial source of omega-3 fatty acids. **New England Journal of Medicine**, v. 32, p. 1412-1415, 1989.

SIMOPOULOS, A. Omega-3 fatty acids in health and disease. **Nutrition and aging**, v. 1, p.129-156, 1990.

SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para nutrição humana. **Boletim do Instituto de São Paulo**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 101-110, 2002.

SUBHADRA, B.; LOCHMANN, R.; RAWLES, S.; CHEN, R. Effect of dietary lipid source on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). **Aquaculture**, v. 255, p. 210-222, 2006.

TOCHER, D.R., BELL, J.G., MCGHEE, F., DICK, J.R.; FONSECA-MADRIGAL, J. Effect of dietary lipid level and vegetable oil on fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) over the whole production cycle. **Fish Physiology Biochemistry**, v. 29, p. 193-209, 2003.

TOLUSSI, C.E. HILSDORF, A.W.S.; CANEPELE, D.; MOREIRA, R.G. The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignnis* (Steindachner, 1877). **Aquaculture**, v. 310, p. 221-228, 2010.

TORSTENSEN, B.E.; TOCHER, D.R. The effects of fish oil replacement on lipid metabolism of fish. In: TURCHINI, G.M.; NG, W.K.; TOCHER, D.R. (Org). **Oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds**. Boca Ratón CRC Press, 2010, p. 405-438.

VALENZUELA, A.B.; NIETO, S.K. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. **Revista Chilena de Pediatría**, v.74, p. 149-57, 2003.

XU, X.; KESTEMONT, P. Lipid metabolism and FA composition tissues of Eurasian perch *Perca fluviatilis* as influenced by dietary fats. **Lipids**, v. 37, p. 397-304, 2002.

WARD, O.P. Microbial production of long-chain PUFAs. **Biotechnology Inform**, v. 6, n. 6, p. 683-687, 1995.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pacamã, espécie de hábito alimentar carnívoro, apresentou neste estudo coeficientes de digestibilidade satisfatórios para soja integral tostada, glutenose e farelo de soja, aproveitando bem alimentos de origem vegetal.

Alimentos que podem ser utilizados como substitutos aos alimentos proteicos de origem animal, obtendo assim, formulações mais econômicas e ambientalmente corretas. Por diminuir a eliminação de compostos nitrogenados por espécies que possuem menor digestibilidade em alimentos com baixo valor nutricional.

Também apresentou bom aproveitamento das fontes lipídicas ricas em ácidos graxos essenciais, conseguindo sintetizar e depositar ácidos graxos que enriquece a carne do peixe como EPA e DHA. Qualidade nutricional importante, por trazer benefícios à saúde dos consumidores.

O pacamã é uma espécie muito promissora para criação em cativeiro, dessa forma, as informações contidas nessa tese são resultados importantes para obtermos um maior conhecimento sobre suas exigências nutricionais.