



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXE NA  
ALIMENTAÇÃO DE PACAMÃ (*LOPHIOSILURUS ALEXANDRI*)**

**BRUNO CEOLIN DA SILVA**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**BRASÍLIA/DF  
DEZEMBRO DE 2017**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXE NA ALIMENTAÇÃO DE  
PACAMÃ (*LOPHIOSILURUS ALEXANDRI*)**

**BRUNO CEOLIN DA SILVA**

**ORIENTADOR: RODRIGO DIANA NAVARRO**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**PUBLICAÇÃO:191D/2017**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXE NA ALIMENTAÇÃO DE PACAMÃ  
(LOPHIOSILURUS ALEXANDRI)**

**BRUNO CEOLIN DA SILVA**

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS ANIMAIS, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO  
DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS  
ANIMAIS.**

**APROVADA POR:**



**Rodrigo Diana Navarro, Dr. (Universidade de Brasília).  
(ORIENTADOR)**



**Sheila Tavares Nascimento, Dra. (Universidade de Brasília).  
(EXAMINADORA INTERNA)**



**Alexandre Floriano Ramos, Dr. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).  
(EXAMINADOR EXTERNO)**



**Oswaldo Pinto Ribeiro Filho, Dr. (Universidade Federal de Viçosa).  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**Maria Fernanda Nince Ferreira, Dra. (Universidade de Brasília).  
(EXAMINADORA INTERNA)**

**BRASÍLIA/DF, 13 de dezembro de 2017**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

SILVA, B. C. Farinha e óleo de resíduos de peixe na alimentação de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 85p. Tese de Doutorado.

Documento formal, autorizando reprodução desta tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e seu orientador reservam para si os direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor ou de seu orientador. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

CSI586f Ceolin da Silva, Bruno  
FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXE NA ALIMENTAÇÃO DE  
PACAMÃ (LOPHIOSILURUS ALEXANDRI) / Bruno Ceolin da Silva;  
orientador Rodrigo Diana Navarro. -- Brasília, 2017.  
85 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Ciência Animal) --  
Universidade de Brasília, 2017.

1. Nutrição de peixes. 2. Peixes tropicais. 3.  
Digestibilidade. 4. Piscicultura. 5. Fontes protéicas. I.  
Diana Navarro, Rodrigo, orient. II. Título.

**EPIGRAFE**

*Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.*

*Leonardo da Vinci*

## DEDICATÓRIA

*Dedico esta tese in memoriam ao meu querido avô José Ferdinando Ceolin, que através do seu exemplo, do seu afeto e do seu apoio moral e financeiro, me ajudou na minha caminhada para que eu me torna-se o homem e o profissional que eu sou hoje.*

## AGRADECIMENTOS

São quatro anos de muito trabalho e empenho até chegar à um trabalho final para ser avaliado por uma banca de renomados professores doutores. Nesse caminho houve a participação de muitas pessoas e instituições que de alguma forma auxiliaram na consecução deste trabalho.

Primeiramente agradeço ao meu colega de graduação e hoje meu orientador do doutorado, professor Dr. Rodrigo Navarro, por ter acreditado no meu potencial, aceitado me orientar e principalmente pelos ensinamentos, dicas, orientações, debates e correções que fizeram com que eu pudesse me formar um pesquisador na área de piscicultura;

Agradeço ao Instituto Federal de Brasília por ter possibilitado a melhor execução deste trabalho através da minha liberação em tempo integral para me dedicar à pesquisa através do afastamento das atividades didático-pedagógicas;

Ao CNPq pelo financiamento do projeto, sob número 475152/2012-3, que possibilitou a aquisição de materiais fundamentais à pesquisa;

À UFMG, na pessoa do professor Dr. Ronald Kennedy Luz, pela doação dos alevinos de pacamã utilizados na pesquisa;

À Unesp, Campus Jaboticabal, que através do auxílio do pesquisador Dr. Cleber Mansano, possibilitou a confecção das rações experimentais;

Ao laboratório de Química Analítica, do Instituto de Química da UnB, pelo auxílio na realização das análises de minerais e ácidos graxos nas amostras;

Ao Laboratório de Análise de Alimentos da FAV-UnB, na pessoa do técnico Dr. Márcio Antônio Mendonça, pelo apoio e orientação nas análises bromatológicas das amostras;

Aos colegas de mestrado e doutorado, Alisson, Adalmyr, Goro e Tamyres, pela parceria e companheirismo;

Aos estagiários do Laboa, pelo apoio na montagem e condução dos experimentos;

À Ana Raquel, minha querida namorada, pessoa linda que encontrei no final dessa caminhada, e que também doutoranda, pôde compreender todo o meu cansaço e estresse, sendo sempre carinhosa e paciente;

À minha família, que sempre torceu pelo meu sucesso e que sente orgulho desta minha conquista;

Por fim, a todos que diretamente ou indiretamente, participaram desta conquista.

Muito obrigado!



## ÍNDICE

RESUMO GERAL.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES.....	xiv
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	1
Introdução.....	2
Objetivos.....	4
Revisão de literatura.....	5
Cenário da piscicultura no Brasil.....	5
Fontes proteicas na alimentação de peixes.....	6
Farinha e óleo de resíduos de peixe.....	8
Metabolismo lipídico em peixes de água doce.....	11
Caracterização da espécie.....	15
Referências bibliográficas.....	17
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE PELA FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUO DE TILÁPIA DO NILO SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DAS CARCAÇAS DE ALEVINOS PACAMÃ ( <i>Lophiosilurus alexandri</i> ).....	25
Resumo.....	26
Abstract.....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos.....	31
Resultados.....	38
Discussão.....	41
Conclusão.....	44
Referências Bibliográficas.....	45
CAPÍTULO 3 - EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE PELA FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUO DE TILÁPIA DO NILO SOBRE O DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE APARENTE E A COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA DE ALEVINOS PACAMÃ ( <i>Lophiosilurus alexandri</i> ).....	48
Resumo.....	49
Abstract.....	51
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	55
Resultados.....	62
Discussão.....	67
Conclusão.....	71
Referências Bibliográficas.....	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
ANEXOS.....	78

## RESUMO GERAL

### FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXE NA ALIMENTAÇÃO DE PACAMÃ (*LOPHIOSILURUS ALEXANDRI*)

Bruno Ceolin da Silva, Rodrigo Diana Navarro  
Faculdade de Agronomia e Veterinária - UnB, DF; Laboratório de  
Biotecnologia em Organismos Aquáticos - UnB.

O processamento do pescado tem originado uma grande quantidade de resíduos que se não forem destinados corretamente podem ser geradores de poluição ambiental. Uma das formas de aproveitamento desses resíduos é a produção de farinha e óleo para serem utilizados como ingredientes em rações animais. Devido ao alto teor de proteína bruta e excelente perfil de aminoácidos e de ácidos graxos a farinha de resíduo de peixe pode vir a ser um substituto para a farinha de peixe integral, que possui custo elevado e disponibilidade limitada, em rações para peixes carnívoros. Com objetivo de avaliar os efeitos da substituição da farinha e do óleo de peixe pela farinha e óleo de resíduos de peixe na dieta de alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), foi realizada uma pesquisa no Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos da Universidade de Brasília - UnB. Foram desenvolvidos dois experimentos aonde foram testadas oito rações isoprotéicas e isoenergéticas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe (0, 10, 20 e 30%) com óleo de peixe ou óleo de resíduo de peixe, constituindo um delineamento fatorial 4x2. No primeiro experimento foram utilizados 192 alevinos de pacamãs com  $12g \pm 2,02$  de peso vivo distribuídos em 24 caixas de fibra de vidro com capacidade para 80 litros de água em sistema de recirculação. Os animais foram alimentados por 60 dias com as dietas experimentais e ao final foram avaliados os índices de desempenho e a composição bromatológica e perfil de ácidos graxos das carcaças. No segundo experimento foram utilizados 8 peixes por tratamento, acondicionados nas mesmas caixas experimentais. Os peixes foram alimentados com as mesmas dietas, acrescidas de óxido de cromo como marcador, e passaram por 3 períodos de coleta de fezes com objetivo de determinar a digestibilidade das dietas. Ao final dos experimentos as amostras de ração e carcaças foram processadas e analisadas em laboratório. Após a análise dos resultados obtidos verificou-se que não houve diferença significativa nos parâmetros de desempenho e na composição das carcaças dos peixes alimentados com as diferentes dietas. Com relação à digestibilidade das dietas não foi verificada diferença estatística entre os diferentes tipos de óleos utilizados, no entanto houve aumento linear da digestibilidade com o aumento dos níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe. O perfil de ácidos graxos observado mostrou semelhança entre as diferentes dietas, contendo os AG palmítico, oleico e linoleico majoritários e teores de PUFA n-3 análogos aos encontrados em outras espécies de peixes de água doce. Concluiu-se que farinha de resíduo de peixe pode substituir a farinha de peixe em dietas para alevinos de pacamã em 30% sem prejudicar o desempenho ou a característica de carcaça. O óleo de resíduo de peixe pode substituir integralmente o óleo de peixe em dietas para pacamã.

**Palavras-chave:** piscicultura, fontes protéicas, peixes neotropiais, ácido eicosapentaenóico

## ABSTRACT

### RESIDUAL FISH MEAL AND RESIDUAL FISH OIL IN PACAMÃ FEEDING (LOPHIOSILURUS ALEXANDRI)

Bruno Ceolin da Silva, Rodrigo Diana Navarro  
Faculdade de Agronomia e Veterinária - UnB, DF; Laboratório de  
Biotecnologia em Organismos Aquáticos - UnB.

The processing of the fish has originated a great amount of waste that if not destined correctly can be generators of environmental pollution. One of the ways of using these residues is the production of flour and oil to be used as ingredients in animal feed. Due to the high crude protein content and excellent profile of amino acids and fatty acids, fishmeal meal can be a substitute for whole fishmeal, which has high cost and limited availability in diets for carnivorous fish. The objective of this study was to evaluate the effects of fish meal and oil substitution on residual fish meal and residual fish oil in the diet of pacamã fingerlings (*Lophiosilurus alexandri*), a research was carried out at the Laboratory of Biotechnology in Aquatic Organisms of the University of Brasília - UnB. Two experiments were carried out in which eight isoproteic and isoenergetic rations with different levels of fish meal substitution were tested for fish residue meal (0, 10, 20 and 30%) with fish oil or fish oil, constituting a 4x2 factorial design. In the first experiment, 192 packaged fry were used, with  $12g \pm 2.02$  live weight distributed in 24 boxes of fiberglass with capacity for 80 liters of water in a recirculation system. The animals were fed for 60 days with the experimental diets and at the end were evaluated the performance indexes and the composition and fatty acid profile of the carcasses. In the second experiment, 8 fish per treatment were used, packed in the same experimental boxes. The fish were fed the same diets, added with chromium oxide as a marker, and underwent 3 periods of fecal collection to determine the digestibility of the diets. At the end of the experiments the feed samples and carcasses were processed and analyzed in the laboratory. After analyzing the obtained results, it was verified that there was no significant difference in the performance parameters and in the composition of the carcasses of the fish fed with the different diets. Regarding the digestibility of the diets, there was no statistical difference between the different types of oils used, however, there was a linear increase in the digestibility with the increase of levels of substitution of fish meal for the fish residue meal. The fatty acid profile observed showed similarity between the different diets, containing the majority palmitic, oleic and linoleic AG and levels of n-3 PUFA analogous to those found in other freshwater fish species. It was concluded that fishmeal meal can replace fish meal in diets for pacman fingerlings by 30% without impairing performance or carcass traits. Fish oil can completely replace fish oil in pacamã diets.

Key words: fish farming, protein sources, neotropical fish, eicosapentaenoic acid

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Pág</b>
Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã.....	32
Tabela 2. Composição química-bromatológica das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã.....	33
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã.....	34
Tabela 4. Perfil de ácidos graxos das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã - somatório dos constituintes.....	35
Tabela 5. Média ( $\pm$ desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento.....	38
Tabela 6. Perfil de ácidos graxos em carcaças de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	39
Tabela 7. Somatório dos constituintes de ácidos graxos em carcaças de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	40
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>Pág</b>
Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais.....	56
Tabela 2. Composição química-bromatológica das rações experimentais.....	57
Tabela 3. Média ( $\pm$ desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento.....	61

Tabela 4. Taxa de sobrevivência de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	61
Tabela 5. Ganho de peso, ganho de peso relativo e ganho médio diário de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	62
Tabela 6. Comprimento padrão, rendimento de carcaça com cabeça e taxa de crescimento específico de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	62
Tabela 7. Rendimento de carcaça com cabeça, Índice Hepatosomático e Índice Viscerosomático de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	63
Tabela 8. Proteína Bruta no Ganho de Peso e Gordura no Ganho de Peso de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	63
Tabela 9. Taxa de deposição de gordura e Taxa de deposição de proteína de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	64
Tabela 10. Composição química das carcaças de alevinos de pacamã (médias + desvio padrão) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia.....	64
Tabela 11. Média ( $\pm$ desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento.....	65
Tabela 12. Tabela 12. Coeficientes de digestibilidade aparente das rações experimentais.....	65

## LISTA DE FIGURAS

<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>Pág</b>
Figura 1. Rota metabólica dos ácidos graxos em peixes.....	13
<b>CAPÍTULO 3</b>	
	<b>Pág</b>
Figura 1. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca de dietas compostas por diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã.....	63
<b>ANEXOS</b>	
	<b>Pág</b>
Figura 1. Preparo das rações experimentais utilizadas em experimentos de avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia para alevinos de pacamã. (1. Homogeneinização e peneiração; 2. Secagem; 3. Ração pronta).....	79
Figura 2. LABOA-Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos – Local aonde foram realizados os experimentos avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia para alevinos de pacamã.....	79
Figura 3. Caixas de fibra de vidro com 80 litros de capacidade cúbica, em sistema fechado de recirculação de água aonde foram acondicionados alevinos de pacamã para avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	80
Figura 4. Unidade experimental constituída por uma caixa de fibra de vidro com fundo cônico com capacidade cúbica de 80 litros de água aonde foram acondicionados alevinos de pacamã para avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	80
Figura 5. Alevinos de pacamã ( <i>Lophiosilurus alexandri</i> ) utilizados nos experimentos de avaliação de rações contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	81
Figura 6. Detalhe da entrada de água do sistema de recirculação e da aeração para manutenção da qualidade da água em caixa de fibra de vidro utilizada na avaliação do desempenho de alevinos de pacamã alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	81

Figura 7.	Procedimento de ambientação de alevinos de pacamã às caixas experimentais utilizadas para determinação de digestibilidade de dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	82
Figura 8.	Tubo falcon para coleta de fezes instalado em sistema Guelph Modificado para determinação de digestibilidade em experimento de avaliação de dietas para alevinos de pacamã.....	82
Figura 9.	Caixas de coletas de fezes com tubo coletor em recipiente com geloutilizadas na avaliação da digestibilidade de dietas com diferentes níveis de farinha de resíduo de Tilápia para alevinos de pacamã.....	83
Figura 10.	Comedouro automático utilizado no fornecimento de dietas experimentais à alevinos de pacamã para avaliação do desempenho e características de carcaça.....	83
Figura 11.	Alevino de pacamã em procedimento de biometria para determinação do comprimento padrão com utilização de paquímetro após um período de 60 dias alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	84
Figura 12.	Alevino de pacamã em procedimento de biometria para determinação do peso total após um período de 60 dias alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia com utilização de balança semi-analítica de bancada com precisão de 0,01 gramas.....	84
Figura 13.	Procedimento de evisceração de alevino de pacamã para coleta de vísceras e fígado após um período de 60 dias alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de Tilápia.....	85

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

AG: ácidos graxos

CAESB: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CAUNESP: Centro de Aquicultura da UNESP

DHA: Ácido docosa-hexaenóico

EE: Extrato etéreo

EPA: Ácido eicosapentaenóico

FAO: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FP: Farinha de peixe

FPI: Farinha de peixe integral

FPR: Farinha de resíduo de peixe

Gf: Gordura final

Gi: Gordura inicial

GGP: Porcentagem de gordura no ganho de peso

GP: Ganho de peso

GPD: Ganho de peso diário

GPR: Ganho de peso relativo

IHS: Índice hepatossomático

IVS: Índice víscero-somático

MM: Matéria mineral

MS: Matéria seca

PB: Proteína bruta

PBGP: Porcentagem de proteína no ganho de peso

PBi: Proteína bruta inicial

PBf: Proteína bruta final

PUFA: Ácido graxo poliinsaturado

RC: Rendimento de carcaça

TCE: Taxa de crescimento específico

TDG: Taxa de deposição de gordura

TDP: Taxa de deposição de proteína

UnB: Universidade de Brasília

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais



## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA**

## INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado através da aquicultura vem aumentando ano a ano, o que demanda a oferta cada vez maior de insumos para a produção das rações. Um dos ingredientes mais importantes para a formulação de rações para peixes é a farinha de peixe integral (FPI) que é produzida, principalmente, através de peixes oriundos da pesca extrativista marinha. Como os estoques naturais são limitados, a oferta de FPI também tem se tornado limitada e com isso seu custo tem-se elevado. Devido ao custo da ração representar a maior parcela dos custos de produção na piscicultura, podendo variar de 59,91% a 90,76% do custo total, dependendo do sistema de produção de peixes (LOOSE et al. 2014), a busca por ingredientes que venham substituir em todo ou em parte a FPI tem também aumentado.

Com o aumento contínuo da produção de peixes pela aquicultura, tem crescido também o número de indústrias de processamento de pescado que produz uma quantidade significativa de resíduos. Estima-se que para cada tonelada de pescado industrializado são gerados mais de uma tonelada de resíduos (Aguiar et al., 2014). Esses resíduos são compostos por vísceras, escamas, barbatanas e cabeças, e quando não descartados de forma correta podem representar grande problema ambiental.

Uma das formas de utilização desses resíduos é o seu processamento em farinha e óleo que podem ser utilizados na alimentação humana e animal. A farinha de resíduo de peixe possui composição semelhante à farinha de peixe convencional podendo ser utilizada como substituto parcial ou total na formulação de rações para peixes, retornando desta forma para a cadeia produtiva de forma mais sustentável.

Devido ao grande número de espécies de peixes com potencial zootécnico e que possuem hábitos alimentares distintos, os potenciais ingredientes para as dietas precisam ser avaliados para cada espécie em particular, pois a resposta para uma espécie carnívora tende a ser diferente de uma espécie onívora ou herbívora.

O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) é uma espécie carnívora nativa do Brasil e quem vem sendo estudada há vários anos. No entanto ainda há poucas informações científicas à respeito da sua alimentação e nutrição na fase de alevinagem. Como espécie carnívora, exigindo uma dieta altamente proteica, é um peixe que demanda ingredientes onerosos encarecendo a ração.

Devido ao potencial desta espécie torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que venham a aumentar a quantidade de informações relacionadas aos aspectos nutricionais e de alimentação, possibilitando com isso que se tenham dados consistentes para a criação comercial do pacamã. Portanto, associar a avaliação de alimentos alternativos na dieta desta espécie, como a farinha e óleo de resíduos de peixe, torna-se altamente relevante.

## OBJETIVOS

### **Objetivo Geral:**

Objetivou-se avaliar o potencial de uso da farinha e do óleo de resíduos de peixe na alimentação de alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*).

### **Objetivos específicos:**

- a) Avaliar o desempenho do pacamã após um período sendo alimentados por dietas com níveis crescentes de substituição da farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe com óleo de peixe ou óleo de resíduo de peixe;
- b) Avaliar a digestibilidade das dietas experimentais com diferentes inclusões de farinha de resíduo de peixe e óleo de resíduo de peixe;
- c) Determinar a composição bromatológica das carcaças;
- d) Determinar o perfil de ácidos graxos nas carcaças.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Cenário da piscicultura no Brasil**

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura-FAO, a produção mundial de Pescado em 2012 foi de 158 milhões de toneladas, das quais 136,2 milhões de toneladas foram utilizadas para consumo humano. Como os estoques pesqueiros estão estagnados por atingirem o limite no seu extrativismo, a aquicultura tem sido responsável por atender a demanda crescente, contribuindo com aproximadamente 48,9% do total do pescado produzido (FAO, 2014). No Brasil a produção aquícola vem aumentando devido à crescente demanda por pescado no mercado interno e ao imenso potencial do país para a atividade, que poderá levar o Brasil a se tornar um dos maiores produtores de peixes do mundo. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, apurou um crescimento de 452% na produção de peixes oriundos da aquicultura no período de 2006 a 2013 no Brasil, passando de 104.888 toneladas para 474.329 toneladas (IBGE, 2015).

Dados compilados no Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura (ASCEB, 2014) mostraram que o país produziu 1,25 milhões de toneladas de pescado, sendo que 38% trata-se de peixes cultivados. O Ministério da Pesca e Aquicultura verificou que a atividade gerou um PIB de R\$ 5 bilhões e mobilizou mais de 800 mil profissionais, proporcionando 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (MPA, 2014). Em novo levantamento o IBGE apurou em 2016 uma produção de 507,211 mil toneladas de peixes oriundos da piscicultura continental, o que corresponde a um crescimento de 29,2% em comparação com o ano de 2013.

O Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações) apurou que o crescimento da produção aquícola nacional nos últimos anos impulsionou a demanda por rações para peixes. A produção de rações para peixes, que em 2013 foi de 661 mil toneladas, chegou em 2016 com uma estimativa de 925 mil toneladas, um crescimento de quase 40% no período (Sindirações, 2013; Sindirações, 2016).

Visando à formulação de rações nutricionalmente adequadas há a necessidade da determinação dos valores de digestibilidade de cada alimento para cada espécie animal evitando com isso desperdício na utilização dos alimentos, provocando menor desempenho na produtividade animal (Meurer et al., 2003).

### **Fontes proteicas na alimentação de peixes**

O sucesso no cultivo de peixes depende do fornecimento constante de uma dieta com balanceamento adequado de nutrientes e energia para permitir maior eficiência de crescimento e manter a saúde do animal em diversas circunstâncias (Cho & Bureau, 1995). Dentre os nutrientes a proteína se destaca, pois é a responsável pela formação dos tecidos e por compor grande parte da dieta, além de ser o nutriente de maior custo (NRC, 2011).

Os peixes são animais pecilotérmicos, portanto não gastam energia para a manutenção da temperatura corporal como os mamíferos. Além disso, possuem capacidade limitada de utilizar carboidratos como fonte de energia, devendo esta, ser fornecida pelos de lípidos e pelas proteínas (Kikuchi, 1999). De modo geral os peixes necessitam de dietas com teores de proteína mais altos do que os demais monogástricos, podendo variar de 28% para o *Pseudoplatystoma sp.* (Honorato et al., 2014) a 48% para o *Astronotus ocellatus* (Neto et al., 2013). Peixes carnívoros devido às características próprias do seu trato digestório, como a presença de intestino curto, necessitam de dietas com níveis elevados de proteína (Booth et al., 2013). Portanto há necessidade da correta suplementação com quantidade e qualidade adequados de proteínas nas dietas dos peixes.

A qualidade da proteína é determinada pelo seu equilíbrio em aminoácidos (Kubitza, 1998) e influencia diretamente a qualidade nutricional da ração, que quando formulada adequadamente otimiza o desempenho do organismo que está sendo alimentado. Aminoácidos essenciais como metionina e lisina são limitantes, quando ausentes na alimentação, para o crescimento dos peixes (NRC, 1993).

Atualmente existem diversos ingredientes proteicos que estão disponíveis para a formulação de dietas para peixes no Brasil. Tradicionalmente o ingrediente mais utilizado é a farinha de peixe devido à alta concentração de proteína e ao excelente balanceamento de aminoácidos essenciais. Além do alto teor de proteína possui um perfil adequado de aminoácidos e ácidos graxos, sendo também uma boa fonte de vitaminas como riboflavina, niacina, vitaminas A e D e minerais como cálcio, fósforo, ferro, zinco, selênio e iodo (Olsen

& Hasan, 2012), podendo apresentar alta digestibilidade (NRC, 2011; Pastore et al., 2013). Contudo, ela é a fonte de proteína mais cara em dietas para animais, inclusive peixes (Tacon, 1993; El-Sayed, 1999).

A farinha de peixe integral (FPI) é produzida através de peixes oriundos principalmente da pesca extrativista e por isso possui composição de nutrientes variável, pois depende da espécie e tamanho dos peixes utilizados. Alguns resultados encontrados indicam que pode possuir 54,6% de proteína, 9,62% de lipídeos e 5,5% de umidade (Faria et al., 2001); 56,3% de proteína, 7,26% de lipídeos e 9% de umidade (Brumano et al., 2006) ou 70% de proteína, 8% de lipídeos e 9% de umidade (Blanco et al., 2007).

Em 2006, a aquicultura foi responsável por consumir aproximadamente 68% da farinha de peixe e 89% do óleo de peixe produzidos. Esse consumo, no entanto, encontrou forte concorrência com o mercado de rações para cães e gatos que absorveu boa parte da farinha de peixe produzida. Desta forma, houve a necessidade de se buscar fontes proteicas alternativas a fim de diminuir o alto custo das dietas e se preparar para uma possível escassez desse ingrediente (Tacon e Metian, 2008).

Diversos estudos vêm sendo realizados na tentativa de se achar um substituto à farinha de peixe integral que garanta um desempenho semelhante dos peixes, com um custo mais baixo, e com alta disponibilidade. Dentre os ingredientes mais utilizados nesta substituição destacam-se os de origem vegetal (Soares, 2015).

A soja (*Glycine max*) tem sido a mais utilizada nesse tipo de substituição devido à sua abundância e grande quantidade de energia e proteína (Butolo, 2010). A forma de utilização mais comum para peixes é em farelo aonde o excesso de óleo é retirado. Esse ingrediente possui alto teor de proteína bruta (45 a 47%) e alta digestibilidade variando de 80-90% para peixes onívoros e de 67-90% para peixes carnívoros. O farelo de soja possui proteína de alta qualidade se destacando entre os ingredientes vegetais por possuir perfil de aminoácidos semelhante ao das farinhas de peixe com deficiência apenas de aminoácidos sulfurados (Correa, 2016).

Muitos estudos têm avaliado a substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja e encontrado resultados satisfatórios para alevinos de espécies onívoras devido à plasticidade dessas espécies em digerir e absorver esses alimentos. No entanto, alguns peixes carnívoros possuem limitação quanto ao uso de altas concentrações de ingredientes de origem vegetal na dieta, pois possuem capacidade limitada de digestão e aproveitamento (Arndt et al., 1999). Da mesma forma, larvas e alevinos nas fases iniciais possuem certa limitação, pois exigem dietas

com teores mais altos de proteína e são mais sensíveis aos fatores antinutricionais de alguns ingredientes vegetais.

O uso da soja pode ser limitado também devido à deficiência em metionina e lisina e à existência de fatores antinutricionais como inibidores de tripsina e fitato. Peixes alimentados com dietas tendo o farelo de soja como principal ingrediente protéico podem sofrer diminuição no consumo e no crescimento devido à ação desses fatores, além de diminuição da digestibilidade da proteína (Boonyaratpalin et al., 1998), devendo seu uso ser avaliado para cada espécie.

Alguns pesquisadores avaliaram a substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja, encontrando resultados diversos dependendo da espécie utilizada. Frabegat et al. (2011) avaliando a substituição de farinha de peixe pelo farelo de soja para juvenis de curimba concluíram que a substituição pode ser realizada até níveis de 75% sem prejuízo no crescimento, porém com aumento do teor de gordura na carcaça. Já Soares (2015) indica a possibilidade de substituição de até 100% da farinha de peixe pela farinha de soja para juvenis de pacamã. Por outro lado, Corrêa (2016) avaliando a substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja indica um teor de até 78,05% para pacu, uma espécie onívora e de até 37,20% para o dourado, uma espécie carnívora piscívora.

Devido às limitações do uso de ingredientes vegetais na formulação de rações para peixes carnívoros, outros ingredientes de origem animais também vêm sendo testados. Segundo Pezzato (2002), os produtos de origem animal promovem um maior crescimento dos peixes, recomendando que dietas com maior eficiência necessitam desses ingredientes como fonte protéica. Um ingrediente de origem animal que tem demonstrado possuir qualidade nutricional e palatabilidade semelhante à farinha de peixe integral é a farinha de resíduos de peixe (FPR), oriunda principalmente das indústrias de processamento de pescado.

### **Farinha e óleo de resíduo de peixes**

A farinha de peixe é considerada a melhor fonte de proteína para peixes devido ao seu excelente perfil de aminoácidos, alto teor de proteína bruta, alta palatabilidade e alta digestibilidade (Frabegat et al., 2011). Da mesma forma, o óleo de peixe é considerado a melhor fonte de lipídios e tem sido utilizado para suplementar dietas para peixes, em particular dietas para peixes carnívoros (Martinez-Lorens et al., 2007). A produção mundial de farinha de peixe, que é dependente da captura, atingiu um ápice em 1994 de 30,2 milhões de ton quando então houve oscilações devido à redução das capturas de anchoveta, atingindo



em 2012 16,3 milhões ton (FAO, 2014). A demanda, no entanto, teve aumento constante nesse período fazendo com que haja a necessidade de substituição desse ingrediente por outras fontes de proteína.

Um dos grandes desafios dos nutricionistas de peixes é encontrar substitutos para o óleo e para a farinha de peixe que sejam capazes de manter o desempenho dos animais ao mesmo tempo que garantam um produto final com quantidades apropriadas de aminoácidos e ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa  $\omega$ -3 (Turchini et al.,2009).

Atualmente, a farinha de peixe (FP) está sendo produzida à partir de resíduos de peixes, que anteriormente eram descartados, o que implicava em sérios danos ambientais. Devido a estes resíduos de processamento apresentar grandes proporções de ossos, escamas e nadadeiras, a qualidade da farinha pode oscilar. Em geral apresentam mais minerais, elevado teor de glicina e prolina, e ainda menores teores de proteína. De acordo com estimativas recentes, 35% da produção de FP mundial foi obtida a partir de resíduos de peixes (FAO, 2014).

O processamento do pescado gera uma grande quantidade de resíduos, que são as sobras da limpeza e filetagem dos peixes na preparação para comercialização. Esses resíduos eram comumente descartados gerando poluição ambiental. Estudos realizados por Macedo-Viegas, Souza e Kronka (1997) verificaram que após a filetagem de tilápias houve uma produção de 60 a 68% de resíduos. Simões et al. (2007) também avaliaram a produção de resíduos do processamento da tilápia e encontraram valores de 70,85% de carcaça sem cabeça, 21,63% de filé com pele, 17,38% de filé e 29,14% de cabeça. Anbe (2011) avaliando uma propriedade produtora e processadora de Tilápia do Nilo observou um percentual de 61,15% de resíduos do total de peixes processados.

O processamento dos resíduos do processamento do pescado é de fundamental importância para a redução do impacto ambiental e para assegurar mais uma opção de renda para as indústrias, aumentando a sua lucratividade (UCCI, 2004). Arruda et. al. (2005) classificam o emprego destes resíduos em quatro categorias: alimentos para o consumo humano, ração para animais, fertilizantes e produtos químicos. A importância desse aproveitamento já vem sendo levantada há muito tempo, apesar de ainda não estar amplamente implementado no Brasil. Uma das destinações mais comuns é o processamento dos resíduos de forma que possa ser incorporado como ingrediente em rações para animais (Ristic et al. 2002). Além de diminuir os impactos ambientais, o uso das partes comestíveis para fabricação de farinhas, óleos ou silagens de resíduos de peixe gera receitas para a indústria de processamento.

As farinhas de peixe integral e de resíduo de peixe carecem ainda de regulamentação e padronização, pois, apesar de possuírem ingredientes e composição distintos, ambas são consideradas pela legislação farinha de peixe. O Decreto nº 1.255 de 25 de Junho de 1962, revogado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, definia a farinha de peixe como um subproduto obtido pela cocção do pescado ou de seus resíduos mediante o emprego de vapor, convenientemente prensado, dessecado e triturado. Permite-se o tratamento pela cocção e secagem a vácuo ou por qualquer outro processo adequado ou ainda, permite-se a secagem por simples exposição ao sol (Brasil, 1962; Brasil 2017). No processo de obtenção da farinha extrai-se o óleo; portanto, na mesma linha de processamento obtêm-se dois produtos: óleo e farinha de peixe.

As farinhas de pescado, no entanto, podem ser classificadas nutricionalmente em dois tipos: farinha de peixe integral (FPI) e farinha de resíduo de peixe (FPR). A farinha de peixe integral é um produto obtido de peixes inteiros de diversas espécies e as farinhas de resíduo são obtidas a partir dos resíduos do processamento (cabeças, nadadeiras, peles, vísceras) (Bellaver 2005). Do processamento desse resíduo pode ser ainda obtido o óleo de resíduo de peixes.

Para a produção de 1 kg de farinha de resíduos de peixe são necessários de 4 a 6 kg de resíduos frescos. O resíduo é primeiramente cozido em um digestor, em alta temperatura ( $110\pm 10^{\circ}\text{C}$ ) por um tempo médio de 1h e 30 minutos. Após o cozimento, o material passa por uma caixa percoladora, para a retirada do excesso de óleo, e em seguida é prensado, obtendo-se a torta, a qual é depositada no silo de resfriamento para posterior moagem e ensaque. Durante o cozimento e prensagem obtêm-se o óleo que é estocado para comercialização (Vidotti & Gonçalves, 2006).

A farinha de resíduo de peixe pronta para uso tem apresentado alta qualidade nutricional em dietas para peixes. Signor et al (2012) encontraram um coeficiente de digestibilidade aparente da farinha de resíduos de filetagem de tilápias de 89,94%. Da mesma forma Boscolo et al. (2008) encontraram coeficientes digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína de 83,55% e 88,13% respectivamente, da farinha de resíduos de filetagem na alimentação de tilápias. Como a farinha de pescado nacional é elaborada com resíduos da indústria de processamento de filetagem e também com peixes inteiros de baixo valor comercial (Nunes, 2011), ela difere nutricionalmente a cada lote produzido, podendo ter altos teores de cinza, rancidez de lipídios e degradação de proteínas (Teixeira et al., 2006). O teor de nutrientes, como proteína bruta e lipídeos, também é muito variável, devendo ser analisada antes da comercialização.

Esses resíduos têm demonstrado possuir alto potencial como ingrediente proteico de rações para peixes e outras espécies animais, além de fornecer ácidos graxos essenciais. Petenuci et al. (2008) avaliando a composição da farinha de carcaça da tilápia do Nilo encontraram 22 ácidos graxos nos lipídios totais, sendo majoritários os ácidos palmítico (20,55%), oleico (34,43%) e linoleico (10,96%). As concentrações do ácido linolênico (LNA), ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosa-hexaenoico (DHA) foram 2,99%, 0,33% e 1,29%, respectivamente. A relação entre os ácidos poliinsaturados (PUFA): monoinsaturados (MUFA): saturados (SFA) foi de 1:2,4:1,7, e a relação  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 foi de 2,8.

Os óleos presentes no organismo dos peixes constituem um conjunto de lipídios de reserva energética que tem como principal função a produção de energia metabólica na forma de ATP para os processos de crescimento e reprodução além de serem componentes dos fosfolipídios da membrana celular (Sargent et al. 2002). Os óleos extraídos dos resíduos de peixe são compostos por aproximadamente 90% de lipídios neutros e lipídios polares (Prentice-Hernández, 2011). São considerados grandes fontes de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3, especialmente os ácidos eicosapentaenoico (20:5 n-3; EPA) e docosahexaenoico (22:6 n-3; DHA), que são benéficos à saúde humana (Martino et al., 2002; Turchiniet al., 2009).

A composição do óleo de peixe (OP) depende da espécie utilizada como matéria prima. As espécies marinhas em geral têm um alto teor de ácidos graxos  $\omega$ -3 podendo chegar a 35% do total de lipídios, principalmente eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) e ainda em torno de 10% de ácido docosapentaenoico (DPA) (Pike & Jackson, 2010). Isso se deve ao fato de muitas espécies de peixes se alimentarem de algas ricas em ácidos graxos  $\omega$ -3, o que reflete na sua carcaça.

### **Metabolismo lipídico em peixes de água doce**

Os lipídeos são uma importante fonte de energia que pode ser utilizada na alimentação dos peixes (Wilson, 1998), sendo uma fonte de alimento facilmente encontrada no mercado que fornece, além da energia, uma quantidade considerável de ácidos graxos essenciais (Steffens, 1987).

Os peixes, assim como as outras espécies animais, necessitam de um suprimento contínuo de lipídeos para a sua sobrevivência, pois esses nutrientes, além de serem fontes de energia realizam diversas funções no organismo. Os lipídeos se acumulam como tecido de reserva energética e está também presente na estrutura das células. A utilização de lipídeos

como fonte de energia varia conforme a espécie de peixe, dependendo de seu hábito alimentar, sendo que geralmente rações para peixes carnívoros podem ter níveis mais elevados de lipídeos que aquelas para onívoros e herbívoros (Wilson, 1998).

As carcaças dos peixes também possuem composição variada de lipídeos dependendo da espécie podendo variar de 2,7% a 13,0% para Jundiá (Melo et al., 2002; Girão, 2005); de 3,09% a 15,20% para Tilápias (Santos et al., 2012; Cruz et al. 2017) e de 9,5% a 15,32% para o Tambaqui (Pereira Junior, 2013; Terrazas et al., 2002).

Segundo Contreras-Guzmán (1998), os compostos lipídicos encontrados no pescado podem ser classificados como neutros (triacilgliceróis, hidrocarbonetos, carotenoides, vitaminas lipossolúveis, esteróis, alquil e alquenil éteres de diacilgliceróis) e polares (glicolipídeos e fosfolipídeos). Os lipídeos neutros em geral estão em maior proporção nas carcaças já que os triacilgliceróis representam o principal lipídeo de reserva. O percentual de lipídeos neutros, portanto, é bastante variável e dependente da fase de desenvolvimento do peixe, estado fisiológico e nutricional. Os triacilgliceróis, componentes mais abundantes nos lipídios dos peixes, são compostos por três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol (Belletal, 1997).

Os ácidos graxos apresentam diferentes tamanhos de cadeia variando de 3 a 24 átomos de carbono podendo apresentar uma ou mais insaturações. As diferenças no tamanho da cadeia carbônica, no número e na posição das duplas ligações e linearidade (esteroespecificidade, cis/trans), conferem aos lipídios diferentes propriedades físicas e químicas. Os ácidos graxos insaturados, por exemplo, são considerados quimicamente mais instáveis devido às duplas ligações e por isso possuem em geral forma líquida.

Os animais são capazes de sintetizar alguns ácidos graxos no seu organismo como o oléico que é um ácido graxo monoinsaturado n-9. No entanto, são incapazes de sintetizar os ácidos graxos poliinsaturados n-3 e n-6 por não possuírem a enzima  $\Delta 9$ -desaturase, devendo suprir a sua necessidade através da dieta (Teitelbaum & Walker, 2001).

Os ácidos graxos linoléico ( $\omega 6$ ) e  $\alpha$ -linolênico ( $\omega 3$ ) são precursores para a síntese de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa como os ácidos araquidônico (AA), eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), que atuam em diversas funções celulares, principalmente relacionadas com a integridade das membranas (Youdim et al., 2000).

O processo de digestão de lipídeos nos peixes pode ocorrer de forma diferenciada dependendo da espécie, já que peixes carnívoros possuem o intestino mais curto que peixes onívoros e herbívoros e há diferenças nos complexos enzimáticos envolvidos na digestão. De

maneira geral a digestão dos lipídeos começa no estômago aonde sofrem hidrólise pela ação das secreções produzidas na região fúndica. Essas secreções são formadas por água, sais inorgânicos, muco, pepsinogênio, lipase gástrica e ácido clorídrico. A digestão no estômago, no entanto, é limitada às gorduras de baixo ponto de fusão e emulsificadas (Hoar & Randall, 1969).

A digestão dos lipídeos ocorre com maior efetividade na parte proximal do intestino delgado aonde o quimo sofre ação das enzimas pancreáticas após a emulsificação realizada com a ajuda dos ácidos biliares. Nos peixes carnívoros a ação da lipase pancreática é mais atuante que nos peixes onívoros ou herbívoros devido à sua dieta ter proporcionalmente mais lipídeos.

Os produtos da digestão dos lipídeos se difundem para o interior das células intestinais (mucosa intestinal) onde são convertidos em triacilgliceróis. Posteriormente movem-se da mucosa intestinal para o sistema linfático, de onde saem para a corrente sanguínea e são transportados para os músculos e tecido adiposo. Nesses tecidos, a lipase proteica é ativada e hidrolisa os triacilgliceróis em ácidos graxos e glicerol que são captados pelas células dos tecidos-alvo. Nos músculos, os ácidos graxos são oxidados para obtenção de energia; no tecido adiposo, eles são reesterificados e armazenados como triacilgliceróis.

Os peixes podem sintetizar ácidos graxos a partir da acetilcoenzima A, tendo como produto final o ácido palmítico (16:0), que pode ser alongado para ácido esteárico (18:0) que posteriormente pode ser usado para a síntese de ácidos graxos insaturados. Através da ação da enzima  $\Delta-9$  dessaturase, pode ocorrer a introdução de uma dupla ligação entre os átomos de carbonos 9 e 10 convertendo o ácido esteárico para o ácido oleico (Calder, 1998). O ácido oleico (18:1), portanto, pode ser produzido endogenamente, não sendo considerado um ácido graxo essencial. Já os ácidos linoleico e linolênico só são produzidos pelas plantas, pois somente elas possuem a enzima  $\Delta-12$  dessaturase, que converte o ácido oleico em ácido linoleico, e a  $\Delta-15$  dessaturase, que converte o ácido linoleico em ácido  $\alpha$ -linolênico (Teitelbaum & Walker, 2001).

Em algumas situações, dependendo da dieta e da espécie de peixe, o DHA e o EPA podem ser encontrados em teores muito baixos ou até mesmo serem inexistentes nas carcaças dos peixes, como observado por Navarro et al. (2012) quando avaliaram a influência da suplementação da vitamina E na composição de ácidos graxos nas carcaças de tilápias. Esse fato pode ser explicado pelo fato do DHA ser derivado do EPA que, por sua vez, deriva do ácido linolênico (18:3,  $\omega-3$ ).

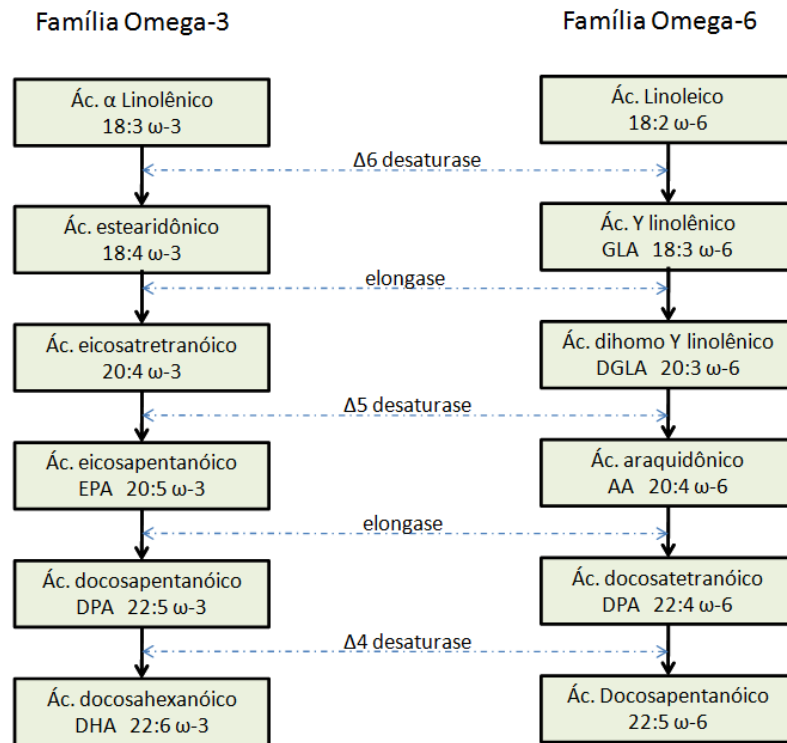


Figura 1. Rota metabólica dos ácidos graxos em peixes. Adaptado de Leonard et al. (2004).

Alguns peixes podem alongar e dessaturar ácidos graxos com 18 carbonos, especificamente o AG linolênico à PUFA com 20-22 carbonos de séries n-3. Essa habilidade para sintetizar EPA e DHA do ácido linolênico possibilita a formulação de dietas contendo fontes mais baratas de óleos animais e vegetais. Alguns autores descobriram que alguns peixes possuem a capacidade natural de bioconverter os PUFA com 18 carbonos da dieta aumentando nos seus tecidos a proporção de ácidos graxos insaturados de cadeia longa, principalmente n-3 (Sargent et al., 2002; Kaushik, 2004). Conseqüentemente, a substituição parcial ou total do óleo de peixe por óleos vegetais é possível e pode diminuir os custos (Xue et al. 2006.; Huang et al., 2007).

Segundo Blanchard et al., (2008), os n-3 PUFA são necessários para o crescimento de diversas espécies de peixes enquanto os n-6 PUFA tem seus efeitos sobre o aumento do crescimento variável entre as espécies. Estudos indicam que a exigência de ácidos graxos essenciais em peixes pode ser suprida apenas com a suplementação nas rações de AG em concentrações e relações adequadas de n-3 e n-6. De acordo com Bransden et al., (2003), o uso de óleos vegetais em dietas para peixes pode ser eficaz na modificação da relação n-3/n-6 e melhorar o sistema imunológico e a resistência às doenças nos peixes.

### Caracterização da espécie

O Brasil possui uma ictiofauna altamente diversificada com diversas espécies com potencial para produção aquícola. Os peixes nativos brasileiros são considerados produtos exóticos que podem ser vendidos no mercado europeu e japonês a preços elevados. As espécies nativas são adaptadas ao ambiente de origem e, por esse motivo, o cultivo das mesmas pode se tornar mais produtivo que o de espécies estrangeiras (IBAMA, 2007).

Algumas espécies, como o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), apresentam características desejáveis para a piscicultura. O pacamã pertencente à família Pseudopimelodidae (ordem Siluriformes) e é nativo da bacia do rio São Francisco (Travassos, 1960; Shibata, 2003).

Trata-se uma espécie carnívora, de hábito bentônico que vive em ambientes lênticos, de hábito sedentário, preferindo locais com areia aonde se esconde. É conhecido pela carne saborosa, sem espinhos intramusculares e com alto rendimento de filé (Tenório et al., 2006; Luz & Santos, 2008; Souza et al., 2010; Seabra, 2010).

O pacamã apresenta a seguinte classificação taxonômica segundo Steindachner, 1876:

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Classe: Actinopterygii  
Ordem: Siluriformes  
Familia: Pseudopimelodidae  
Gênero: *Lophiosilurus*  
Steindachner, 1876  
Espécie: *Lophiosilurus alexandri*

Com relação à morfologia, o pacamã apresenta cabeça achatada, mandíbula que ultrapassa levemente a maxila superior, e os dentes da mandíbula ficam fora da boca quando fechada (Britski et al., 1996). Sua nadadeira peitoral possui espinhos proeminentes e acúleo da dorsal curto e forte. Com relação ao crescimento, esta espécie pode atingir 70 cm de comprimento e 8 kg de peso (Sato, 1999).

Com relação às qualidades zootécnicas o pacamã é uma espécie de fácil manejo e resistente a doenças (Tenório, 2003), sua carne é bastante apreciada e não apresenta espinhos intramusculares, com alto rendimento de filé (Tenório et al., 2006; Luz & Santos, 2008; Souza et al., 2010; Seabra, 2010). Apresenta também resistência ao manejo e transporte de longa duração como observado por Navarro et al. (2017).

Esses fatores indicam que o pacamã possui potencial para criação comercial, sendo que não existe um pacote tecnológico definido para o cultivo nas fases de cria, recria e engorda (Campeche et al., 2011), existindo, portanto, necessidade de estudos complementares, uma vez que o conhecimento dos hábitos alimentares e o fornecimento de uma dieta equilibrada não são suficientes para assegurar resposta positiva no desempenho do animal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G.P.S.; LIMBERGER, G.M.; SILVEIRA, E.L. **Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos provenientes da industrialização de pescados.** Interdisciplinar: Revista Eletrônica da UNIVAR, Barra das Graças, v.1, n.11, p.229-225, 2014. Disponível em:

<[www.revista.univar.edu.br/index.php/interdisciplinar/article/view/294/275](http://www.revista.univar.edu.br/index.php/interdisciplinar/article/view/294/275)>. Acesso em: 15 set. 2017.

ANBE, L. **Prospecção de componentes bioativos em resíduos do processamento do pescado visando à sustentabilidade da cadeia produtiva.** 2011, 137p. Dissertação: (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ARNDT, R.E., HARDY, R.W., SUGIURA, S.H. AND DONG, F.M. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **Aquaculture**, v.180. p129–145, 1999.

ARRUDA, L.F.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Silagem ácida- uma tecnologia alternativa para aproveitamento do resíduo do processamento do pescado. **Revista Aquicultura & Pesca**, São Paulo, v.4, p.10-14, 2005.

ASCEB -Associação Cultural e Educacional Brasil. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura.** 136p, Brasil. 2014.

BELL, J.G.; FARNDALE, B.M.; BRUCE, M.P. et al. Effects of broodstock dietary lipid on fatty acid composition of eggs from sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.149, p.107-119, 1997.

BELLAVER, C. **Limitações e vantagens do uso de farinha de origem animal na alimentação de suínos e de aves.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO ALTECH DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2. 2005, Curitiba. Anais... Araucária:Alltech, p.1-5, 2005.

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

BLANCO, M.; SOTELO, C.G.; CHAPELA, M.J.; PÉREZ-MARTÍN, R.I. **Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends**. Trends in Food Science & Technology, Kidlington, v.18, n.1, p.29-36, 2007.

BOONYARATPALIN, M. SURANEIRANAT, P.; TUNPIBAL, T. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.166, p.67-78, 1998.

BOOTH, M.A.; MOSES, M.D.; ALLAN, G. L. Utilization of carbohydrate by yellowtail kingfish *Seriola lalandi*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 376-379, n. 1- 4, p. 151-161, 2013.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atráctantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1397-1402, 2001.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.539-545, 2002.

BOSCOLO, W.R. *et al.* Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, v. 38, n. 09, p. 2579-2586, 2008.

BRANSDEN, M.P.; CARTER, C.G.; NICHOLS, P.D. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar*L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.135, p.611-625, 2003.

BRASIL. **Decreto nº 1.255, de 25 de Junho de 1962. Altera o Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 04 jul. 1962. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/historicos/dcm/dcm1255.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/historicos/dcm/dcm1255.htm)> Acesso em: 10 outubro de 2017.

BRASIL. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.** Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm#art541](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm#art541)> Acesso em: 10 outubro de 2017.

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. 115 p.

BRUMANO, G. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na nutrição animal**. 2 ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2010. 430p.

CALDER, P.C. Immunoregulatory and antiinflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, Ribeirão Preto, v.31, p.467-490, 1998.

CAMPECHE, D.F.B . ; BALZANA , L.; FIGUEIREDO, R.C.R.; BARBALHO, M.R.S.; REIS, F.J.S.; MELO, J.F.B. **Peixes nativos do rio São Francisco adaptados para cultivo**. EMBRAPA, p. 12 – 14, Dez. 2011.

CHO, C.Y., BUREAU, D.P. Determination of the energy requirements of fish with particular reference to salmonids. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, p.141-163, 1995.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 409p.

CORREA, L.O. **Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e dourados (*Salminus brasiliensis*)**. Tese de Doutorado, ESALQ, 103p. Piracicada, 2016.

CRUZ, T.P.; FURUYA, W.M. ; MICHELATO, M.; SILVA, T.S.C. ; URBICH, A.V.; RIBEIRO, J.W.A. ; FURUYA, V.R.B. **Carcass Traits, Whole-Body and Fillet Composition of Cage-Farmed Market Size Nile Tilapia Fed High-Density Diet**. 2017. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

FABREGAT, T.E.H.P.; PEREIRA, T.S.; BOSCOLO, C.N.; LVARADO, J.D.; FERNANDES, J.B.K. **Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para juvenis de curimba**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v.37(3), p.289–294, 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **2014, The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome, 2014. 223 p. Sofia. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e/index.html>>. Acesso em: 08 novembro de 2017.

FARIA, A.C.E.A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23(4), p.835-840, 2001.

GIRÃO, P.M. **Exigência em lisina e estimativa dos aminoácidos essenciais com base no conceito de proteína ideal para alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen***. 2005. 30p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

HOAR, W.S.; RANDALL, D.J. **Fish physiology**. Academic Press, London, v.I, 1969. 465p.

HONORATO, C.A.; USHIZIMA, T.T.; QUINTANA, C.I.F.; CAMPOS, C.M.; MARCONDES, V.M.; NASCIMENTO, C.A. SANTAMARIA, F.M. Níveis de proteína digestível para surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) criados em tanquede. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2781-2792, set./out. 2014.

HUANG, S.S.Y.; OO, A.N.; HIGGS, D.A.; BRAUNER, C.J.; SATOH, S. Effect of dietary canola oil level on the growth performance and fatty acid composition of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.271, p. 420-431, 2007.

IBAMA -**Estatística da pesca 2007. Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 151p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/estatisticadepescadigital.pdf>. Acesso em 20nov. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, **Produção Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_mensal/Fasciculo/lspa\\_201709.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_mensal/Fasciculo/lspa_201709.pdf) Acesso em 20/11/2017.

KAUSHIK, S.J. **Fish oil replacement in aquafeeds**. Aqua Feeds: Formulation and Beyond p.13-6. 2004.

KIKUCHI, K. Use of soybean meal as a substitute for fish meal in diets of japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Amsterdam: Elsevier, **Aquaculture**, 179, p. 3-11, 1999.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação de peixes cultivados**. Campo Grande, MS, 1998. p. 45-47.

LEONARD, A.E.; PEREIRA, S. L.; SPRECHER, H.; HUANG, H. S. Elogation of long-chain fatty acids. **Prog Lipid Res.** 2004;43:36–54.

LOOSE, C.E.; SATO, S.A.S.; ALEIXO, N.D.; FREITAS, C.O.; SOUZA, D.F.S. 2014 **Custos na criação de tambaqui (*Colossoma macropomum couvier, 1919*) nas propriedades participantes do Programa Peixe Forte em Cacoal (RO)**. XXI Congresso Brasileiro de Custos, Natal-RN. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3751/3752>. Acesso em: 10 out. 2017.

LOVELL, R.T. Use of soybean products in diets for aquaculture species. **Journal Aquatic Products**, v.2, p.27-52, 1988.

LOVELL, R.T. Nutrition of Aquaculture species. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4193-4200, 1991.

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

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

MACEDO-VIEGAS, E.M., SOUZA, M.L.R., KRONKA, S.N. Estudo da carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em quatro categorias de peso. **Rev. UNIMAR**, v.19(3), p.863-870, 1997.

MARTINEZ-LORENS, S.; VIDAL, A.T.; MONINO, A.V.; TORRES, M.P.; CERDA, M.J. Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture**, v.38, p.76–81, 2007.

MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v. 209, p. 233-246, 2002.

MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.323-327, 2002.

MEURER, F., HAYASHI, C., BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – Minas Gerais, v.32, n. 6, p. 1801-1809, 2003.

NAVARRO, R. D.; NAVARRO, F. K. S. P. ; RIBEIRO FILHO, O. P. ; FERREIRA, W. M. ; PEREIRA, M. M. ; SEIXAS FILHO, J. T. . Quality of polyunsaturated fatty acids in Nile tilapias (*Oreochromis niloticus*) fed with vitamin E supplementation. **Food Chemistry**, v. 134, p. 215-218, 2012.

NAVARRO, R. D.; COSTA, D. C. ; SILVA, W. S. E. ; SILVA, B. C. ; LUZ, R. K. . Long-term transportation of juvenile pacu's *Lophiosilurus alexandri* at different densities. **ACTA SCIENTIARUM-TECHNOLOGY**, v. 39, p. 211-214, 2017.

NETO, P.G.B.; SOUZA, R. H. B.; FREITAS, M. C.; DUTRA, F. M.; PORTZ, L. Crescimento de juvenis do apaiari alimentados com diferentes níveis de relação energia: proteína. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 18-31, 2013.

NUNES, M.L.C. Farinha de pescado. In: GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Atheneu, 2011. 608p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL – **Nutrient requirements of fish**. Washington, DC: National Academy Press, 1993. 114 p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL – **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy Press, 2011. 376 p.

OLSEN, R.L.; HASAN, M.R. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production **Trends Food Sci. Technol.**, v.27, p.120-128, 2012.

PASTORE, C.G.P.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Ed.). **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p. 295–346.

PEREIRA JUNIOR, G.P. ; PEREIRA, E. M. O.; PEREIRA FILHO, M.; BARBOSA, P. S.; SHIMODA, E.; BRANDÃO, L. V. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui

(*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) alimentados com rações contendo farinha de cruera de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) em substituição ao milho (*Zea mays*). **Acta Amazonica** (Impresso), v. 43, p. 217-226, 2013.

PETENUCCI, M.E.; STEVANATO, F.B.; VISENTAINER, E.L.; MATSUSHITA, M.; GARCIA, E.E.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Fatty acid concentration, proximate composition, and mineral composition in fishbone flour of Nile Tilapia. ALAN: **Archivos Latino Americanos de Nutrition**, Caracas, v. 58, n. 1, p. 87-90, 2008.

PEZZATO, L. E. Qualidade dos ingredientes, processamento e eficiência alimentar em aqüicultura. In.: Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Goiânia, 2002. **Anais**. Goiânia, 2002. P. 62-75.

PIKE, I. H. ; JACKSON, A. Fish oil: production and use now and in the future. **Lipid Technology**. March 2010, Vol. 22, No. 3. 2010.

PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. **Óleo de Pescado**. In: GONÇALVES, A. A. Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo. p.608. 2011.

REFSTIE, S. et al. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. **Aquaculture**, v.162, p.301-312, 1998.

RISTIC, M.D.; FILIPOVIC, S.S.; SAKAC, M.L.J. Liquid protein feedstuffs from freshwater fish by-products as a component of animal feed. **Romanian Biotechnological Letter**, v.7, n.3, p.729-736, 2002.

SANDRI, E. A. ; LOOSE, C. E. ; VILAS BOAS, F. C. ; FREITAS, C. O. ; SOUZA, V. L. . Custos de produção e resultado com a criação de tambaqui (*colossomamacropomumcuvier,1818*) em tanques escavados: um estudo no município de Pimenta Bueno Rondônia - Brasil. **Tactful Management**, v. 4, p. 1-15, 2015.

SANTOS, V. B.; MARTINS, T. R. ; FREITAS, R. T. F. Composição corporal de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes classes de comprimento. **Ciência Animal Brasileira** (Online), v. 13, p. 396-405, 2012.

SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. The lipids, p. 181-257. In J.E.Halver and R.W.Hardy (Eds.) *Fish Nutrition*, 3rd ed, Ch.4, Academic Press, San Diego Tocher DR (2003) Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 11, p. 107-184, 2002.

SATO, Y. **Reprodução de peixes da bacia do rio São Francisco: Indução e caracterização de padrões**. 1999. 179 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

SEABRA, A.G.L. **Manejo alimentar das fases iniciais do pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

SIGNOR, A.A.; NEU, D.H.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; POTRICH, F.R. ; BOSCOLO, W. R.. Digestibilidade protéica da farinha de resíduos da filetagem de tilápias e farinha de vísceras de aves para o piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 66-72, 2012.

SIMÕES, M.R.; RIBEIRO, C.F.A.; RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K.J.; MURR, F.E.X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 608-613, 2007.

SINDIRAÇÕES. **Boletim estatístico do setor**. Maio, 2014. Disponível em: <[http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2014/05/boletim-informativo-do-setor\\_vs-portugues\\_site-08052014.pdf](http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2014/05/boletim-informativo-do-setor_vs-portugues_site-08052014.pdf)>. Acesso em: 08 de novembro de 2017.

SINDIRAÇÕES. **Boletim estatístico do setor**. Dezembro, 2016. Disponível em: <[http://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2016/12/boletim\\_informativo\\_do\\_setor\\_dez\\_2016\\_vs\\_final\\_port.pdf](http://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2016/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2016_vs_final_port.pdf)>. Acesso em: 08 de novembro de 2017.

SHIBATA, O.A. **Family Pseudopimelodidae**. In: REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS JUNIOR, C.J. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS. p.401-405, 2003.

SOARES, D.R.P. **Substituição de farinha de peixe por farelo de soja para juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)**. Dissertação de Mestrado, UFMG, 47p. Belo Horizonte, 2015.

SOUZA, C.R.; CAMPECHE, D.F.B.; QUEIROZ, A.C.S.; FIGUEIREDO, R.A.C.R.; MELO, J.F.B. **Perfil glicêmico do pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) no período de 24 horas**. In: Simpósio de Produção Animal do Vale do São Francisco, 3., Palestras... UNIVASF, Petrolina, 2010.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Madri: Acribia, 1987. 275p.

TACON, A.G.J. **Feed ingredients for warmwater fish**. In: Fish meal and other processed feedstuffs. Rome: FAO, 1993. 64p. (Fishers Circular, n.856).

TACON, A.G.J. ; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p. 146-158, 2008.

TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N. Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade? **Panorama da Aqüicultura**, v.13, n.75, p.55-57, 2003.

TEITELBAUM, J.E.; WALKER, W.A. Review: The role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation **J. Nutr. Biochem.**, New York, v.12, p.21-32, 2001.

TEIXEIRA, E.A.; CREPALDI, D.V.; RIBEIRO, L.P.; SALIBA, E.O.S.; EUER, A.C.C.; FARIA, P.M.C.; MELO, D.C. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 30, n. 3-4, p. 118-125, 2006.

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

TENÓRIO, R.A.; SANTOS, A.J.G. .LOPES, J.P.; NOGUEIRA, E.M.S. Crescimento do niquim (*Lophiosilurus alexandri* Steindachner 1876), em diferentes condições de luminosidade e tipos de alimento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, 2006. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/160/230>>. Acesso em 10 de setembro de 2017.

TERRAZAS, W.D.M.; PEREIRA FILHO, M. ; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. . Efeito da farinha de resíduo de peixe e de frango no desempenho e na composição corporal de juvenis de tambaqui. *Colossoma macropomum* (CUVIER,1818). **Acta Amazonica** (Impresso), Manaus-AM, v. 32, n.1, p. 155-162, 2002.

TRAVASSOS, H. **Nótula sobre o pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876**. Atas da Sociedade de Biologia, v.4, p.1-2, 1959.

TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; WING-KEONG, N.G. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**, v.1, p.10-57, 2009.

UCCI, P. **Produção de silagem de pescado a partir de resíduo de industrialização de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 32 f. **Monografia** (Graduação em Engenharia de Pesca)- Centro de Engenharias e ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2004.

VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de Tilápia e sua utilização na alimentação animal**. [S.l.: s.n., 2006]. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao\\_caracterizacao.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf)>. Acesso em: 10 de agosto de 2017.

WILSON, R.P. **State of art of warmwater fish nutrition**. In: AQUICULTURA BRASIL'98, Recife. **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p.375-380.

XUE, M.; LUO, L.; WU, X.; REN, Z.; GAO, P.; YU, Y.; PEARL, G. (.Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acid composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). **Aquaculture**, v.260 206-214, 2006.

YOUDIM, A.K.; MARTIN, A.; JOSEPH, J.A. Essential fatty acids the brain: possible health implications. **Int. J. Dev. Neurosci.**, Oxford, v.18, p.383-399, 2000.



## **CAPÍTULO 2**

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE PELA FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUO DE TILAPIA DO NILO SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DAS CARÇAÇAS DE ALEVINOS PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*)**

## RESUMO

Foi realizado um estudo para avaliar o efeito no perfil de ácidos graxos da carcaça de alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas com diferentes níveis de substituição da farinha e do óleo de peixe pela farinha e óleo de resíduo de peixe oriundo da filetagem da tilápia. Foram formuladas oito dietas isoprotéicas e isoenergéticas com quatro níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe (0, 10, 20 e 30%) com duas fontes de óleo (peixe e resíduo de peixe) constituindo um delineamento em esquema fatorial 4x2 com três repetições por tratamento. 202 alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) com peso vivo inicial médio de  $12g \pm 2,02$  foram distribuídos aleatoriamente em 8 caixas de fibra de vidro com capacidade de 80 litros em um sistema de recirculação de água com sistema de filtragem. O fotoperíodo foi ajustado para 12:12h e a alimentação foi realizada no período noturno. Os animais receberam as dietas experimentais durante 60 dias quando ao final do período experimental dois animais de cada unidade experimental foram separados aleatoriamente e abatidos com a finalidade de se formar amostras compostas de carcaças de cada tratamento. As carcaças foram secas, moídas e sua fração lipídica extraída a frio através do método de Bligh Dyer. Após a extração o lipídio foi esterificado e então encaminhado para análise no cromatógrafo a gás. Após análise dos resultados o perfil de ácidos graxos nas carcaças finais apresentou semelhança entre os tratamentos não diferindo entre os níveis de substituição ou tipo de óleo. O quantitativo de ácidos graxos poliinsaturados se mostrou adequado, com teores de PUFA n-3 e n-6 compatíveis aos encontrados nas espécies de peixe de água doce. Concluiu-se, portanto, que a farinha de resíduo de peixe pode substituir a farinha de peixe em dietas para alevinos de pacamã em 30% sem alterar o perfil lipídico da carcaça. O óleo de resíduo de peixe pode substituir integralmente o óleo de peixe em dietas para alevinos pacamã.

**Palavras-chave:** aquicultura, piscicultura, peixes neotropicais, fontes protéicas

## ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the effect on the fatty acid profile of the carcass of pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) fingerlings fed diets with different levels of substitution of fish oil and fish meal for residual fish oil and residual fish meal from filleting. Eight isoproteic and isoenergetic diets with four levels of fishmeal substitution were formulated for the fish residue meal (0, 10, 20 and 30%) with two sources of oil (fish and fish residue) constituting a design in a factorial scheme 4x2 with three replicates per treatment. 202 pacman fingerlings (*Lophiosilurus alexandri*) with mean initial live weight of  $12\text{g} \pm 2.02$  were randomly distributed in 8 80-liter glass fiber boxes in a water recirculation system with filtration system. The photoperiod was adjusted to 12:12h and feeding was performed at night. The animals received the experimental diets for 60 days when at the end of the experimental period two animals from each experimental unit were randomly separated and slaughtered in order to form samples composed of carcasses of each treatment. The carcasses were dried, ground and their lipid fraction cold extracted by the Bligh Dyer method. After extraction the lipid was esterified and then routed for analysis on the gas chromatograph. After analyzing the results, the fatty acid profile in the final carcass showed similarity between the treatments, not differing between the substitution levels or oil type. The quantitative of polyunsaturated fatty acids was adequate, with n-3 and n-6 PUFA levels compatible with those found in freshwater fish species. It was concluded, therefore, that the fish residue meal can substitute the fish meal in diets for pacamanã fingerlings in 30% without changing the lipid profile of the carcass. Fish oil can completely replace fish oil in diets for pacamanian fingerlings.

**Keywords:** aquaculture, fish farming, lipid profile, pacamã, fish meal

## INTRODUÇÃO

Os lipídeos presentes nos alimentos são considerados fontes importantes de energia e ácidos graxos na dieta humana. No entanto, na década de 60, verificou-se que o consumo em excesso de lipídeos saturados estava aumentando a ocorrência de doenças cardio-vasculares. Desde então tem se preconizado a substituição de grande parte dos ácidos graxos saturados da dieta por ácidos graxos poliinsaturados. Os resultados das pesquisas em nutrição humana enfatizam a importância da ingestão, em proporções adequadas, de ácidos graxos das séries ômega 3 e 6, e por outro lado, da redução no consumo de ácidos graxos saturados (Bertolino et al., 2006; Eifert et al., 2006).

O conhecimento sobre a importância dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (PUFA) do tipo n-3, particularmente EPA e DHA, para a saúde humana aumentou consideravelmente desde a década de 1970 (Stansby, 1990a, b). Nesse sentido a carne de peixe foi identificada como uma excelente fonte de ácidos graxos poliinsaturados, e então indicada como alimento importante na dieta humana, tendo seu consumo estimulado.

Apesar da carne de peixe possuir elevada quantidade de ácidos graxos poliinsaturados em comparação com outros alimentos de origem animal e vegetal, sua concentração nas carcaças de peixes de consumo pode variar muito com valores observados de 0,02g/100g a 3,11g/100g e a razão entre os ácidos graxos ômega 6/3 pode variar de 0,18 a 9,03 dependendo da espécie (Scherr et al., 2014).

No organismo dos peixes, os lipídios compõem o segundo constituinte orgânico em proporção quantitativa, sendo uma importante forma de reserva de energia metabólica para o crescimento e a reprodução dos animais, além de ser fonte de alto valor nutricional (MARTINO et al., 2005). A fração lipídica nos peixes possui importância nutricional e econômica, pois o óleo extraído pode ser utilizado como suplemento nutricional de humanos ou como ingrediente de rações fornecendo energia e ácidos graxos essenciais.

Sabe-se que os óleos de peixe são fontes abundantes de ácidos graxos poliinsaturados n-3 e n-6 (Pigott e Tucker, 1987).

A quantidade de lipídios e a sua constituição nos tecidos dos peixes, além de variar entre as espécies, pode ser afetada pela salinidade da água, fase de desenvolvimento, época do ano e pela dieta. A manipulação da dieta para peixes com adição de fontes diferentes de lipídeos pode ser utilizada para se obter carcaças e filés com teores diferentes e desejáveis de determinados ácidos graxos.

O pacamã (*lophiosilurus alexandri*) é uma espécie nativa brasileira, de hábito alimentar carnívoro e com potencial para a aquicultura. Como espécie carnívora possui habilidade de utilizar os lipídios da dieta como fonte de energia. Os lipídios necessários ao seu crescimento e reprodução podem ser fornecidos nas rações através de diversos ingredientes de origem animal e vegetal, e em geral complementados com adição de óleo.

Dentre os ingredientes de rações a farinha de peixe se destaca na nutrição desta espécie por possuir alta digestibilidade, alta palatabilidade, excelente perfil de aminoácidos e de ácidos graxos. A farinha e o óleo de peixe são ingredientes que, historicamente, vêm sendo usados como fontes lipídicas para a alimentação de peixes (Bell et al., 2001).

Os óleos vegetais, como os de milho e soja, têm sido comumente utilizados nas dietas para essa espécie devido principalmente ao custo mais acessível. Esses óleos são ricos em ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados ômega-6 (PUFAs ômega-6). Por outro lado os óleos de peixe constituem fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs ômega-3) com um perfil de ácidos graxos mais adequado do que os de origem vegetal à dieta dos peixes. No entanto esse óleo apresenta um custo mais elevado de aquisição. Devido a isso ele tem sido substituído por outros tipos de óleos mais baratos e com maior disponibilidade.

Uma alternativa à farinha e ao óleo de peixe é a farinha e o óleo de resíduos da indústria de pescado (Espe et al., 1999). Boscolo e Feiden (2007) relataram que resíduos de peixe representavam cerca de 2/3 do volume de resíduos matéria-prima da indústria de processamento de pescado, constituindo grave problema ambiental quando descartados. Estudos relataram que estes ingredientes possuem excelente qualidade nutricional, com composição de nutrientes semelhante à farinha e ao óleo de peixe.

O óleo e a farinha de resíduos de peixe representam, portanto, potenciais substitutos da farinha e do óleo de peixe na formulação de dietas para peixes. Para avaliar o potencial desses ingredientes, além da necessidade de estudo sobre o desempenho dos peixes, torna-se necessário também o estudo sobre a influência destes sobre as características de carcaça no quantitativo das frações nutricionais e no perfil de ácidos graxos.

Desta forma, objetivou-se avaliar o perfil lipídico de carcaças de alevinos de pacamã (*lophiosilurus alexandri*) alimentados com dietas suplementadas com farinha de peixe e farinha de resíduo de Tilápia em diferentes proporções adicionadas com óleo de peixe ou resíduo de Tilápia.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa no Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos (Laboa) da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro. Avaliaram-se 8 (oito) dietas, isoenergéticas e isoprotéicas, com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia (0%, 10%, 20% e 30%) com duas fontes de óleo (óleo de peixe e óleo de resíduo de Tilápia), com três repetições, representando um delineamento fatorial 4x2. A farinha de resíduos de peixe foi composta pelas sobras provenientes do processamento das carcaças de tilápias, constituindo-se das peles, escamas, cabeças, nadadeiras e vísceras, que passaram por processo de cocção e retirada do óleo.

Para a confecção das 8 rações experimentais, os ingredientes foram moídos e passados em peneira TYLER 35 para que apresentassem diâmetro médio de 0,5 mm. Em seguida a mistura foi homogeneizada e submetida à um processo de extrusão em equipamento de rosca simples da marca nacional Extrutech<sup>®</sup>, modelo Ex Micro, do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) em Jaboticabal-SP, conforme Tabela 1. As rações produzidas constituíram grânulos com aproximadamente 4 mm de diâmetro e foram armazenadas em freezer à temperatura de -18°C antes do uso para conservação das características físico-químicas.

Para avaliação das dietas foram utilizados 202 alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) com peso vivo inicial médio de 12g±2,02; comprimento total de 9,9cm e comprimento padrão de 8,5cm, oriundos do laboratório de Aquicultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. No início do experimento 10 peixes foram abatidos, eviscerados e congelados para comporem uma amostra de carcaça inicial. Os peixes restantes foram distribuídos randomicamente em 24 caixas de fibra de vidro com capacidade de 80 litros cada, sendo a unidade experimental constituída por uma caixa com 8 peixes. As caixas estavam instaladas em um sistema de recirculação, onde a água

oriunda das caixas foi coletada em uma caixa de vidro, onde foi realizada a filtração mecânica e biológica, e em sequência bombeada, passando por um filtro de disco e um filtro ultravioleta, garantindo assim manutenção da qualidade da água. As caixas dispunham de aeração constante com auxílio de um soprador de ar que distribuía o ar através de difusores de pedra porosa. A água utilizada no sistema foi oriunda da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e antes de ser utilizada foi previamente clorada. Nas caixas, que possuem fundo cônico, foram colocados suportes de acrílico perfurados para possibilitar o repouso dos peixes. A metodologia de pesquisa do experimento foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais conforme UnBDoc 129101/2015.

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã

Ingrediente (%)	Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo Tilápia			
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
Farelo de soja	34,90	36,47	38,05	39,62	34,90	36,47	38,05	39,62
Farelo de trigo	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
Farinha de resíduos de peixe	0,00	3,38	6,78	10,14	0,00	3,38	6,78	10,14
Farinha de peixe	33,38	30,00	26,60	23,24	33,38	30,00	26,60	23,24
Milho	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
Amido de milho	5,00	3,43	1,85	0,28	5,00	3,43	1,85	0,28
Quirera de arroz	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Óleo de resíduos de peixe	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo de peixe	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antioxidante BHT <sup>1</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento (vit. + min.) <sup>2</sup>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Óxido de cromo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Soma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Dietas formuladas com base em valores médios tabelados dos nutrientes dos alimentos. Valores com base na matéria seca. Dietas isoprotéicas contendo 42% de proteína bruta e isoenergéticas (4.340kcal/Kg de EB).

<sup>1</sup> Butil-Hidroxi-tolueno (antioxidante)

<sup>2</sup> Suplemento vitamínico e mineral (composição por grama do produto): Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit K3, 2.400 mg; Vit B3, 4.800 mg; Vit B2, 4.800 mg, Vit B6, 4.000 mg, Vit B12, 4.800 mg., Ácido fólico, 1.200 mg; Pantotenato de Cálcio 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; Biotina, 48 mg; Colina, 108.000 mg; Niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

As composição químico-bromatológica das rações experimentais está apresentada na tabela 2 e a composição de ácidos graxos está descrita nas tabelas 3 e 4.



Tabela 2. Composição química-bromatológica das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã

Constituintes (%)	Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo Tilápia				Média	DP
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%		
Matéria seca	92,96	92,76	93,34	92,81	93,23	92,58	93,34	93,04	93,01	0,28
Matéria orgânica*	88,05	87,73	87,88	87,82	88,18	88,08	87,67	87,51	87,87	0,23
Proteína Bruta*	45,84	46,59	46,63	46,21	45,52	45,83	46,67	46,04	46,51	1,16
Extrato Etéreo*	8,82	8,33	9,01	7,65	8,64	8,52	7,97	9,77	8,59	0,65
Fibra Bruta*	13,12	11,33	15,39	11,75	15,31	14,44	11,65	11,92	13,11	1,71
Cinzas*	11,95	12,27	12,12	12,18	11,82	11,92	12,33	12,49	12,14	0,23
Cálcio*	4,64	5,47	5,27	5,09	4,82	4,64	4,54	5,06	4,94	0,33
Fósforo*	2,06	2,28	2,31	2,25	2,12	1,96	2,27	2,12	2,17	0,12

\*Valores expressos em porcentagem da matéria seca total da ração.

Tabela 3 . Perfil de ácidos graxos das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã

Ácido Graxo Fórmula estrutural	Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo Tilápia				Média	Desvio Padrão
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%		
C14:0	3,00	3,18	3,04	2,82	3,08	2,86	3,12	3,21	3,04	0,13
C16:0	26,12	26,19	28,42	26,15	25,42	26,96	27,33	25,55	26,52	0,94
C17:0	4,21	4,89	4,85	4,98	5,3	4,51	3,46	4,78	4,62	0,53
C18:0	5,37	5,32	4,85	5,73	5,39	6,05	5,24	6,05	5,50	0,39
C20:0	0,42	0,60	0,30	0,28	0,50	0,40	0,55	0,37	0,43	0,11
C22:0	0,25	0,21	0,18	0,36	0,51	0,2	0,2	0,28	0,27	0,10
C16:1 n-7	1,84	2,05	2,06	2,03	2,38	2,28	1,75	2,40	2,10	0,22
C16:1 n-9	0,15	0,44	0,24	0,36	0,40	0,30	0,29	0,40	0,32	0,09
C17:1	0,62	0,55	0,50	0,70	0,52	0,65	0,48	0,62	0,58	0,07
C18:1 n-9	35,55	34,74	35,25	34,38	33,66	34,79	35,68	34,20	34,78	0,65
C18:2 n-6	18,77	19,68	17,27	19,41	19,2	18,76	19,57	19,21	18,98	0,72
C18:3 n-3 (LNA)	0,84	0,65	0,59	0,54	0,44	0,52	0,65	0,54	0,60	0,11
C18:3 n-6	0,45	0,44	0,49	0,60	0,55	0,40	0,55	0,48	0,50	0,06
C20:4 n-6 (ARA)	2,10	2,46	2,68	2,38	2,45	2,28	2,15	2,65	2,39	0,20
C20:5 n-3 (EPA)	1,28	1,37	1,11	1,21	1,35	1,10	1,13	1,20	1,22	0,10
C22:6 n-3 (DHA)	1,80	1,10	1,35	1,28	1,12	1,24	1,10	1,30	1,29	0,21

Os resultados são expressos em porcentagem de área relativa ou grama por 100 gramas de carcaça e representam médias de 3 replicatas.

LNA: ácido linolênico; ARA: ácido araquidônico; EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico.

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos das rações experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã- somatório dos constituintes

Ácido Graxo Fórmula estrutural	Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo Tilápia				Média	Desvio Padrão
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%		
∑ AGS(%)	36,37	37,21	38,6	37,5	37,12	38,12	36,78	37,03	37,34	0,67
∑ AGS (g/100g)	3,21	3,10	3,48	2,87	3,21	3,25	2,93	3,62	3,21	0,24
∑ AGMI(%)	40,26	40,24	40,73	39,85	39,41	40,30	40,35	40,27	40,18	0,36
∑ AGMI (g/100g)	3,55	3,35	3,67	3,05	3,41	3,43	3,22	3,93	3,45	0,26
∑ PUFA(%)	23,14	23,24	20,81	23,04	22,66	22,02	23	22,73	22,58	0,76
∑ PUFA (g/100g)	0,74	0,72	0,72	0,66	0,73	0,72	0,67	0,82	0,72	0,05
∑ PUFA/∑AGS	0,64	0,62	0,54	0,61	0,61	0,58	0,63	0,61	0,61	0,03
∑ n-3 (%)	3,92	3,12	3,05	3,03	2,91	2,86	2,88	3,04	3,10	0,32
∑ n-6 (%)	19,22	20,12	17,76	20,01	19,75	19,16	20,12	19,69	19,48	0,74
∑ PUFA n-3 (g/100g)	0,35	0,26	0,27	0,23	0,25	0,24	0,23	0,30	0,27	0,04
∑ PUFA n-6 (g/100g)	1,70	1,68	1,60	1,53	1,71	1,63	1,60	1,92	1,67	0,11
∑ PUFA n-3/∑ PUFA n-6	0,20	0,16	0,17	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,02
∑ PUFA n-6/∑ PUFA n-3	4,90	6,45	5,82	6,60	6,79	6,70	6,99	6,48	6,34	0,63

Os resultados são expressos em porcentagem de área relativa ou grama por 100 gramas de carcaça e representam médias de 3 replicatas.

AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; PUFA: ácidos graxos poliinsaturados; PUFA n-3: ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3; PUFA n-6: ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 6; ∑ PUFA/∑AGS: relação entre PUFA e AGS; PUFA n-3/∑ PUFA n-6: relação entre n-3 e n-6; ∑ PUFA n-6/∑ PUFA n-3: relação entre n-6 e n-3.

Os peixes passaram por um período de adaptação de 15 dias para se habituarem à rotina de alimentação e ao ambiente experimental. Após esse período passaram a receber as rações experimentais em quantidade ajustada quinzenalmente para 3% do peso vivo durante 60 dias. O fotoperíodo foi ajustado para 12 horas de luz e 12 horas de escuro e a alimentação foi realizada no período escuro conforme Kitagawa (2012). A ração foi fornecida através de comedouros automáticos, às 20:00 horas da noite e às 4:00 horas da manhã. Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados, sendo aferidos diariamente a temperatura, por meio de um termômetro digital, e semanalmente o oxigênio dissolvido, por meio de um Oxímetro AT 155 microprocessado, o teor de amônia, com auxílio de um Teste de Amônia Tóxica da marca Labcon, e o pH, por meio de um pHmetro portátil digital. Com a finalidade de manter a qualidade da água, além da filtragem constante, foram realizadas sifonagens e drenagens da água do fundo das caixas a cada 3 dias.

Ao final do período experimental os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas e, após este período, dois animais de cada unidade experimental foram separados aleatoriamente e abatidos com a finalidade de se formar amostras compostas de carcaças de cada tratamento. Para a coleta das amostras de carcaça os peixes foram insensibilizados através de um banho de imersão em um recipiente contendo eugenol diluído em água na concentração de 100mg/L e abatidos. Em seguida foram submetidos à laparotomia ventral para a retirada das vísceras e em seguida congelados em freezer à -18°C.

As amostras de carcaças foram posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UnB aonde foram secas em estufa ventilada a 40°C por 48 horas e moídas. A fração lipídica das amostras de carcaças foi extraída através do método Bligh Dyer (Bligh & Dyer, 1959), em duplicata, com a finalidade de posterior esterificação (metilação) dos ácidos graxos para a análise cromatográfica. Esse método de extração é realizado sem aquecimento, permitindo a utilização dos lipídeos extraídos para qualquer tipo de determinação, sem alterações químicas e físicas.

Após a extração a frio os lipídios passaram por processo de esterificação (metilação), realizada segundo método descrito por Christie (1989). A metilação tem a função de transformar os ácidos graxos livres em metil ésteres, o que facilita sua volatilização na coluna do cromatógrafo. As amostras esterificadas foram acondicionadas em tubos de vidro com capacidade volumétrica de 2mL, com tampa rosqueável, septo de silicone e atmosfera saturada de nitrogênio e armazenadas a -18 °C até o momento das análises no cromatógrafo a gás.

Após o preparo de todas as amostras elas foram encaminhadas em duplicata à Central Analítica do Instituto de Química – IQ/UnB para análise dos ácidos graxos. A análise dos ácidos graxos esterificados (metilados) foi realizada no cromatógrafo gasoso CG-2010 Shimadzu com detector MS-QP2010 Plus, (quadropolo, impacto de elétrons), de fabricação japonesa, com autoinjeter AOC-5000. A separação dos ácidos graxos foi feita utilizando a Coluna J & W Scientific 122-2362 DB-23. O detector do cromatógrafo gasoso utilizado consiste em um espectrômetro de massas (Shimadzu, GCMS-QP2010 Plus) acoplado diretamente à saída da coluna capilar.

A identificação de cada ácido graxo foi feita por comparação com o tempo de retenção do padrão de ácidos graxos Supelco 37 component FAME mix (Supelco®, USA) e confirmados com os espectros de tais substâncias, já existentes em uma biblioteca no programa do próprio equipamento. Os resultados foram expressos em percentual da área de cada ácido graxo, em relação à área dos ácidos graxos totais.

Os dados obtidos relacionados à qualidade da água e perfil lipídico foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial. Posteriormente, as médias dos parâmetros que eventualmente apresentaram diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Zar, 1996). As análises estatísticas dos dados foram realizadas com auxílio do programa estatístico Assistat 7.7.

## RESULTADOS

Os teores dos nutrientes das dietas experimentais não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). O teor médio de proteína bruta observado foi superior ao calculado, porém dentro da faixa recomendada para alevinos de peixes carnívoros: 40 a 48,6% PB para pirarucu (Ituassú et al., 2005; Del Risco et al., 2008); 40% para pintado (Zanardi et al., 2008) e 43% PB para bagre africano (Ali et al., 2005) e próximo aos 47,4% de PB utilizados para alevinos de pacamã em experimento conduzido por Santos et al. (2012).

Os parâmetros de qualidade de água mensurados permaneceram constantes durante o período experimental não diferindo entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ).

Tabela 5. Média ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento

Parâmetros	Médias $\pm$ Desvio Padrão
Temperatura (°C)	29,35 $\pm$ 0,73
pH	6,03 $\pm$ 0,25
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,18 $\pm$ 0,85
Amônia (mg/L)	0,35 $\pm$ 0,13

Após a separação da fração lipídica das carcaças foi possível identificar 16 ácidos graxos que estão apresentados em forma percentual e crescente em tamanho de cadeia e quantidade de insaturações na tabela 6. Os somatórios e razões dos ácidos graxos conforme o grupo estão apresentados na tabela 7.

Os ácidos graxos majoritários encontrados nas carcaças, independente da dieta, foram os ácidos palmítico (30,73%), oléico (30,14%), linoléico (11,83%) que representaram em média 72,7% do total dos ácidos graxos.

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos em carcaças de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Ácido Graxo Fórmula estrutural	Carcaça Inicial	Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo Tilápia				Fatores	
		0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%	Tipo de óleo	Nível de substituição
C14:0	2,12±0,01	3,01±0,20 <sup>a</sup>	3,13±0,80 <sup>a</sup>	3,6±0,88 <sup>a</sup>	3,12±0,33 <sup>a</sup>	2,89±0,75 <sup>a</sup>	2,99±0,10 <sup>a</sup>	2,86±0,56 <sup>a</sup>	2,75±0,15 <sup>a</sup>	ns	ns
C16:0	32,19±0,01	28,47±6,13 <sup>a</sup>	36,21±1,01 <sup>a</sup>	28,04±0,50 <sup>a</sup>	27,79±9,56 <sup>a</sup>	28,02±0,79 <sup>a</sup>	33,23±1,45 <sup>a</sup>	32,84±1,28 <sup>a</sup>	31,22±4,20 <sup>a</sup>	ns	ns
C17:0	2,13±0,01	2,54±0,04 <sup>a</sup>	1,89±0,08 <sup>a</sup>	2,20±0,08 <sup>a</sup>	1,98±0,10 <sup>a</sup>	2,36±0,84 <sup>a</sup>	1,99±0,14 <sup>a</sup>	2,24±0,08 <sup>a</sup>	2,10±0,06 <sup>a</sup>	ns	ns
C18:0	5,46±0,11	6,73±0,09 <sup>a</sup>	6,29±0,12 <sup>a</sup>	4,70±1,77 <sup>a</sup>	3,10±1,29 <sup>b</sup>	4,53±0,07 <sup>b</sup>	4,78±0,05 <sup>a</sup>	4,14±1,25 <sup>a</sup>	6,32±0,35 <sup>a</sup>	ns	ns
C20:0	0,57±0,03	0,61±0,06 <sup>a</sup>	0,59±0,06 <sup>a</sup>	0,54±0,07 <sup>a</sup>	0,46±0,10 <sup>a</sup>	0,55±0,06 <sup>a</sup>	0,55±0,11 <sup>a</sup>	0,53±0,05 <sup>a</sup>	0,56±0,09 <sup>a</sup>	ns	ns
C22:0	0,14±0,01	0,12±0,02 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>a</sup>	0,14±0,04 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>	0,12±0,04 <sup>a</sup>	0,11±0,02 <sup>a</sup>	ns	ns
C16:1 n-7	2,76±0,06	3,51±0,49 <sup>a</sup>	2,83±1,39 <sup>a</sup>	2,35±1,65 <sup>a</sup>	2,90±0,39 <sup>a</sup>	3,38±0,79 <sup>a</sup>	3,84±0,98 <sup>a</sup>	2,91±0,79 <sup>a</sup>	2,85±0,41 <sup>a</sup>	ns	ns
C16:1 n-9	0,21±0,01	0,17±0,02 <sup>a</sup>	0,20±0,05 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>a</sup>	0,22±0,04 <sup>a</sup>	0,18±0,01 <sup>a</sup>	0,20±0,06 <sup>a</sup>	0,19±0,06 <sup>a</sup>	0,16±0,04 <sup>a</sup>	ns	ns
C17:1	0,70±0,01	0,83±0,20 <sup>a</sup>	0,64±0,06 <sup>a</sup>	0,66±0,06 <sup>a</sup>	0,62±0,10 <sup>a</sup>	0,66±0,08 <sup>a</sup>	0,63±0,04 <sup>a</sup>	0,65±0,09 <sup>a</sup>	0,69±0,05 <sup>a</sup>	ns	ns
C18:1 n-9	31,30±0,35	34,90±1,36 <sup>a</sup>	30,68±2,41 <sup>a</sup>	28,59±2,34 <sup>a</sup>	29,96±3,11 <sup>a</sup>	26,06±0,57 <sup>b</sup>	28,46±1,44 <sup>a</sup>	30,01±1,07 <sup>a</sup>	32,50±3,11 <sup>a</sup>	ns	ns
C18:2 n-6 (AL)	13,49±0,17	11,70±0,61 <sup>a</sup>	13,05±0,42 <sup>a</sup>	12,47±0,81 <sup>a</sup>	12,54±0,89 <sup>a</sup>	10,54±0,44 <sup>b</sup>	10,60±0,88 <sup>b</sup>	11,27±0,51 <sup>b</sup>	12,45±0,23 <sup>a</sup>	**	linear **
C18:3 n-3 (ALN)	0,60±0,05	0,77±0,04 <sup>a</sup>	0,59±0,06 <sup>a</sup>	0,64±0,01 <sup>a</sup>	0,70±0,05 <sup>a</sup>	0,65±0,07 <sup>a</sup>	0,58±0,02 <sup>a</sup>	0,70±0,06 <sup>a</sup>	0,73±0,04 <sup>a</sup>	ns	ns
C18:3 n-6	0,76±0,02	0,70±0,04 <sup>a</sup>	0,60±0,02 <sup>b</sup>	1,02±0,04 <sup>a</sup>	0,74±0,30 <sup>a</sup>	1,06±0,12 <sup>a</sup>	0,72±0,10 <sup>a</sup>	0,81±0,07 <sup>a</sup>	0,56±0,02 <sup>b</sup>	ns	ns
C20:4 n-6 (ARA)	3,12±0,38	5,36±0,59 <sup>a</sup>	4,49±0,44 <sup>a</sup>	5,15±0,88 <sup>a</sup>	4,21±1,78 <sup>a</sup>	5,30±0,99 <sup>a</sup>	4,58±0,66 <sup>a</sup>	5,11±0,70 <sup>a</sup>	5,19±0,40 <sup>a</sup>	ns	ns
C20:5 n-3 (EPA)	1,17±0,02	1,28±0,04 <sup>a</sup>	1,13±0,17 <sup>a</sup>	1,24±0,06 <sup>a</sup>	1,28±0,10 <sup>a</sup>	1,25±0,14 <sup>a</sup>	1,26±0,08 <sup>a</sup>	1,11±0,18 <sup>a</sup>	1,19±0,15 <sup>a</sup>	ns	ns
C22:6 n-3 (DHA)	1,39±0,02	1,25±0,04 <sup>a</sup>	1,11±0,05 <sup>a</sup>	1,24±0,08 <sup>a</sup>	1,42±0,12 <sup>a</sup>	1,34±0,09 <sup>a</sup>	1,21±0,014 <sup>a</sup>	1,25±0,06 <sup>a</sup>	1,31±0,09 <sup>a</sup>	ns	ns

Os resultados são expressos em porcentagem de área relativa e representam médias + desvio padrão de 3 replicatas. As médias seguidas de letras diferentes, na horizontal, representam diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ) ns: não significativo ( $p \geq .05$ )

linear: as médias apresentaram comportamento linear

AL: ácido linoléico; ALN: ácido linolênico; ARA: ácido araquidônico; EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico

Tabela 7. Somatório dos constituintes dos ácidos graxos em carcaças de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Ácido Graxo	Carcaça Inicial	Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo de Tilápia				Fatores	
		0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%	Tipo de óleo	Nível de substituição
∑ AGS(%)	42,61±1,03	41,48±2,05 <sup>a</sup>	48,21±2,50 <sup>a</sup>	39,23±1,80 <sup>a</sup>	36,57±1,50 <sup>a</sup>	36,27±1,60 <sup>a</sup>	43,64±2,04 <sup>a</sup>	42,43±2,85 <sup>a</sup>	43,06±3,04 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ AGMI(%)	38,09±2,01	44,77±3,22 <sup>a</sup>	38,84±2,25 <sup>a</sup>	36,91±3,04 <sup>a</sup>	37,91±2,01 <sup>a</sup>	36,04±1,84 <sup>b</sup>	37,71±2,40 <sup>a</sup>	38,87±2,09 <sup>a</sup>	41,39±3,15 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA(%)	17,41±1,45	15,70±1,06 <sup>a</sup>	17,05±2,54 <sup>a</sup>	16,61±1,85 <sup>a</sup>	16,68±2,03 <sup>a</sup>	14,84±0,95 <sup>a</sup>	14,37±1,08 <sup>a</sup>	15,14±1,45 <sup>a</sup>	16,24±2,01 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ AGS (g/100g)	2,41±0,02	2,99±0,35 <sup>a</sup>	3,45±0,25 <sup>a</sup>	2,69±0,09 <sup>a</sup>	2,46±0,18 <sup>b</sup>	2,42±0,20 <sup>b</sup>	2,96±0,28 <sup>b</sup>	2,75±0,14 <sup>a</sup>	3,01±0,28 <sup>a</sup>	ns	cúbica **
∑ AGMI (g/100g)	2,16±0,06	3,23±0,93 <sup>a</sup>	2,78±0,85 <sup>a</sup>	2,53±1,12 <sup>a</sup>	2,55±0,90 <sup>a</sup>	2,41±0,65 <sup>a</sup>	2,56±1,20 <sup>a</sup>	2,52±0,89 <sup>a</sup>	2,96±1,45 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA (g/100g)	0,98±0,04	1,13±0,12 <sup>a</sup>	1,22±0,25 <sup>a</sup>	1,14±0,40 <sup>a</sup>	1,12±0,24 <sup>a</sup>	0,99±0,09 <sup>a</sup>	0,97±0,14 <sup>a</sup>	0,98±0,18 <sup>a</sup>	1,14±0,10 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA/∑AGS	0,41±0,03	0,38±0,08 <sup>a</sup>	0,35±0,06 <sup>a</sup>	0,42±0,08 <sup>a</sup>	0,46±0,05 <sup>a</sup>	0,41±0,06 <sup>a</sup>	0,33±0,04 <sup>a</sup>	0,36±0,05 <sup>a</sup>	0,38±0,05 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA n-3 (%)	3,16±1,04	3,30±1,05 <sup>a</sup>	2,83±0,95 <sup>a</sup>	3,12±1,10 <sup>a</sup>	3,40±0,80 <sup>a</sup>	3,24±1,25 <sup>a</sup>	3,05±1,40 <sup>a</sup>	3,06±0,98 <sup>a</sup>	3,23±1,06 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA n-6 (%)	14,25±2,23	12,40±1,80 <sup>a</sup>	13,65±2,54 <sup>a</sup>	13,49±2,05 <sup>a</sup>	13,28±1,98 <sup>a</sup>	11,60±2,30 <sup>a</sup>	11,320±1,45 <sup>a</sup>	12,08±2,04 <sup>a</sup>	13,01±1,95 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA n-3 (g/100g)	0,18±0,04	0,24±0,06 <sup>a</sup>	0,20±0,04 <sup>a</sup>	0,21±0,05 <sup>a</sup>	0,23±0,08 <sup>a</sup>	0,22±0,05 <sup>a</sup>	0,21±0,04 <sup>a</sup>	0,20±0,08 <sup>a</sup>	0,23±0,02 <sup>a</sup>	ns	cúbica **
∑ PUFA n-6 (g/100g)	0,81±0,04	0,90±0,08 <sup>a</sup>	0,98±0,12 <sup>a</sup>	0,92±0,10 <sup>a</sup>	0,89±0,08 <sup>a</sup>	0,77±0,06 <sup>a</sup>	0,77±0,07 <sup>a</sup>	0,78±0,10 <sup>a</sup>	0,91±0,08 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA n-3/∑ PUFA n-6	0,22±0,03	0,27±0,04 <sup>a</sup>	0,21±0,06 <sup>a</sup>	0,23±0,02 <sup>a</sup>	0,26±0,05 <sup>a</sup>	0,28±0,06 <sup>a</sup>	0,27±0,08 <sup>a</sup>	0,25±0,04 <sup>a</sup>	0,25±0,06 <sup>a</sup>	ns	ns
∑ PUFA n-6/∑ PUFA n-3	4,51±1,24	3,76±1,02 <sup>a</sup>	4,82±1,20 <sup>a</sup>	4,32±1,84 <sup>a</sup>	3,91±1,75 <sup>a</sup>	3,58±0,85 <sup>a</sup>	3,71±1,05 <sup>a</sup>	3,95±0,95 <sup>a</sup>	4,03±1,58 <sup>a</sup>	ns	ns

Os resultados são expressos em porcentagem de área relativa e representam médias + desvio padrão de 3 replicatas. As médias seguidas de letras diferentes, na horizontal, representam diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ) ns: não significativo ( $p \geq .05$ )

cúbica: as médias apresentaram comportamento cúbico

AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; PUFA: ácidos graxos poliinsaturados; PUFA n-3: ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3; PUFA n-6: ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 6; ∑ PUFA/∑AGS: relação entre PUFA e AGS; PUFA n-3/∑ PUFA n-6: relação entre n-3 e n-6; ∑ PUFA n-6/∑ PUFA n-3: relação entre n-6 e n-3



## DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade de água aferidos se mantiveram adequados à criação do pacamã durante todo o período experimental com valores médios próximos ao ótimo (Costa et al., 2014).

Os ácidos graxos majoritários encontrados nas carcaças dos pacamãs ao final do período experimental foram os mesmos observados nas dietas experimentais e estão de acordo com o esperado para carcaças e filés de peixes, com predominância do ácido graxo saturado palmítico (C16:0) e dos ácidos graxos insaturados oleico (C18:1 n-9) e linoléico (C18:2 n-6). Os quantitativos desses ácidos graxos, no entanto, diferem dos encontrados por Iwamoto (2015), que observou percentuais menores em pacamãs oriundos de aquicultura e selvagens.

Os resultados mostraram que não houve influência do tipo de óleo ou nível de substituição entre os diferentes tratamentos para o percentual de ácido graxo palmítico ou oleico nas carcaças com valores médios de 30,73% e 30,15% respectivamente ( $p > 0,05$ ). No entanto houve diferença significativa no percentual de ácido graxo linoleico de acordo com o tipo de óleo utilizado com valores médios superiores para o óleo de peixe com 12,44% em relação ao óleo de resíduo de peixe 11,21% ( $p < 0,05$ ). Também foi observado um aumento linear no percentual desse ácido graxo com o aumento da substituição da farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe.

Os percentuais de ácidos graxos saturados nas carcaças não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, com média de 41,36%, quantitativo maior do que os percentuais encontrados nas dietas experimentais que foi de 37,34%. A composição de AG das carcaças dos peixes sofre influência direta de vários fatores como a quantidade e da natureza dos AG da dieta, taxa de crescimento, espécie, tamanho, idade, entre outros fatores ambientais. No presente trabalho, com os fatores ambientais e genéticos homogêneos, a maior quantidade de AGS nas carcaças pode ser explicada pela possibilidade de formação de novos AGS através de fontes de carbono não lipídicas.

Os ácidos graxos linoléico e linolênico são considerados essenciais, pois não podem ser sintetizados pelo organismo do peixe. Desta forma, as carcaças em geral apresentam proporção semelhante desses ácidos graxos em relação às dietas fornecidas, como o ocorrido no presente estudo. Essa correlação é explicada por Méndez et al., (1998), segundo os quais os níveis dos ácidos linoléico e linolênico encontrados na gordura dos animais vertebrados são originários da dieta, porque estes são incapazes de sintetizá-los.

Os teores médios de EPA (1,22%) e ARA (4,92%) encontrados nas carcaças, acima do observado nas dietas fornecidas, demonstra a capacidade do pacamã de dessaturar e alongar ácidos graxos precursores como AL e ALN. Os mecanismos bioquímicos envolvidos nesse processo ainda não estão totalmente elucidados, mas sabe-se que a demanda por PUFA de cadeia longa pode ser suprida através de AG insaturados como o linoléico e o linolênico.

As dietas ocidentais em geral são ricas em AGS e PUFA n-6 que estão associadas ao surgimento de diversas doenças. Portanto, o suprimento de PUFA n-3 na dieta humana vem sendo estimulado, sendo a carne e o óleo de peixe os alimentos mais comumente indicados.

O teor médio de ácidos graxos ômega 3 encontrados nas carcaças não diferiu entre as diferentes dietas com média de 0,22g/100g ( $p > 0,05$ ). Para atingir as recomendações de 2.000 mg/dia de ômega-3 para prevenção de doenças cardiovasculares seria necessário consumir 1.250g de pacamã por dia (Santos et al., 2013). Essa quantidade encontra-se abaixo das encontradas em peixes marinhos como Salmão e Pescadinha, mas acima de algumas espécies de água doce como a truta (0,16g/100g) e o pirarucu (0,03g/100g) como observados em análises realizadas por Scherr et al. (2015). Ramos Filho et al. (2009), avaliando o perfil lipídico no tecido muscular de quatro espécies de peixes nativos do Brasil encontrou valores que variaram de 0,16 a 0,76g/100g e de 0,14 a 0,62g/100g de ácidos graxos n-6 e n-3, respectivamente.

A razão ideal entre os ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 na alimentação humana deve ser de 1/1 ou 2/1 segundo Simopoulos, 2012. No presente estudo a relação média não diferiu entre os tratamentos com valores observados de 4,01/1. Essa alta razão se deve ao alto conteúdo de ácidos graxos n-6 encontrados nas carcaças analisadas o que é comumente observado em carcaças e filés de peixes de água doce. Tonial et al. (2011), por exemplo, encontraram valores que variaram de 9,22 a 13,98 na razão n-6/n-3 em filés de tilápias suplementadas com ração contendo óleo de soja. O Departamento de Saúde e Segurança Social do Reino Unido-DHSS considera que a razão n-6/n-3 deve se situar abaixo de 4,0 na dieta para prevenção de riscos cardiovasculares.

A razão entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados não diferiu entre os tratamentos com média de 0,39. Apesar do DHSS considerar ideal uma razão igual ou maior que 0,45 esse fator não pode ser considerado isoladamente já que há outros fatores relacionados como os efeitos metabólicos dos ácidos graxos monoinsaturados (DHSS, 1984; Williams, 2000).

Considerando que os resultados encontrados nas diferentes dietas experimentais foram semelhantes para quase todos os ácidos graxos já que não foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de quase todos os ácidos graxos, analisados isoladamente e agrupados, pode-se inferir que 100g de carcaça de pacamã estaria fornecendo 42% de EPA + DHA e 5,75% de ácido  $\alpha$ -linolênico nas necessidades diárias de uma dieta de 2.000kcal para humanos (Krauss et al., 2000; Kris-etherton; Harris; Appel, 2003).

Sabe-se que composição de ácidos graxos nas carcaças dos peixes é influenciada pela dieta (Mourente et al., 2005). Portanto, devido à semelhança na composição lipídica das dietas experimentais, os perfis de ácidos graxos nas carcaças observados no presente estudo apresentaram comportamento análogo independente do tipo de óleo utilizado ou do nível de substituição da farinha de resíduo de peixe. Isso se deve possivelmente pela semelhança no perfil de ácidos graxos entre as duas farinhas utilizadas na suplementação e entre os dois óleos utilizados.

## CONCLUSÃO

A farinha de resíduos de Tilápia pode substituir a farinha de peixe em 30% e o óleo de resíduo de Tilápia pode substituir totalmente o óleo de peixe na dieta para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), proporcionando carcaças com perfil semelhante de ácidos graxos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, J.G.; MCEVOY, J.; TOCHER, D.R.; MC GHEE, F.; CAMPBELL, P.J.; SARGENT, J.R. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. **J. Nutr.**, v.131, p. 1535-1543, 2001.
- BERTOLINO, C.N.; CASTRO, T.G.; SARTORELLI, D.S.; FERREIRA, S.R.G.; CARDOSO, M.A. Dietary trans fatty acid intake and serum lipid profile in Japanese-Brazilians in Bauru, São Paulo, **Brazil. Cad. Saúde Pública**, v. 22, n. 2, p. 357-364, 2006.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** v.37, p. 911-917, 1959.
- BOSCOLO, W.R., & FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo, GFM Gráfica & Editora, 172p. 2007.
- CHRISTIE, W.W. **Gas chromatography and lipids: a practical guide**. Oily, Great Britain, 191p. 1989.
- DHSS - DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. **Diet and cardiovascular disease**. Report on Health and Social Subjects, n.28. London: HMSO, 1984.
- EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LANNA, D.P.D.; LEOPOLDINO, W.M.; ARCURI, P.B.; LEÃO, M.I.; COTA, M.R.; FILHO, S.C.V. Milk fatty acid profile of cows fed monensin and soybean oil in early lactation. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 1, p. 219-228, 2006.
- ESPE, M.; SVEIER, H.; HOGOY, I. LIED, E.. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. **Aquaculture**, v.174, p.119-137, 1999.
- HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; MEURER, F. Uso de diferentes óleos vegetais em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), na fase inicial. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2000. CD ROM.
- ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCÊNCIO, R.; CAVERO, B.A.S.; GANDRA, A.L. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 255-259, 2005.

IWAMOTO, A.A. **Pacamã (*Lophiosilurus alexandri*): características sensoriais, químicas e agregação de valor. Dissertação Mestrado**, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, 2015, 44p.

KITAGAWA, Alexandre Takio. **Influência do fotoperíodo no crescimento do pacamã. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)- UNIFENAS, Alfenas - MG**, 42p. 2012.

KRAUSS, R.M. et al. **American Heart Association Dietary Guidelines Revision 2000: A Statement for Healthcare Professionals From the Nutrition Committee of the American Heart Association**. *Circulation*, Dallas, v. 102, n. 18, p. 2284-2299, 2000.

KRIS-ETHERTON, P.M.; HARRIS, W.S.; APPEL, L.J. **Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: New recommendations from the American Heart Association**. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*, Dallas, v. 3, n. 2, p.151-152, 2003.

MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L, TRUGO, L.C. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquacult Nutr**. v.11, p.131-137. 2005.

MÉNDEZ, E.; SANHUEZA, J.; NIETO, S.; SPEISKY, H.; VALENZUELA, A. Fatty acid composition, extraction, fractionation, and stabilization of bullfrog (*Rana catesbeiana*) oil. **JAOCS**, v. 75, n. 1, p. 67-71, 1998.

MOURENTE, G, GOOD, J.E. & BELL, J.G. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma, prostaglandins E2/F2 $\alpha$ , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Aquacult. Nutr**. v.11, p.25-40.2005.

PIGOTT, G.M.; TUCKER, B.W. Science opens new horizons for marine lipids in human nutrition. **Food Review International**, v.3, p.105-138, 1987.

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M.; XAVIER, H.T.; MAGNONI, C.D.; CASSANI, R.; LOTTENBERG, A.M. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol**. v.100(1Supl.3), p.1-40, 2013.

SCHERR, C.; GAGLIARDI, A.C.M.; MINAME, M.H.; SANTOS, R.D. Concentração de Ácidos Graxos e Colesterol de Peixes Habitualmente Consumidos no Brasil. **Arq. Bras. Cardiol**.;v.104(2), p.152-158.2015.

SILVA, A.P.; NASCIMENTO, L.; OSSO, F.; MIZURINI, D.; MARTINEZ, A.M.B.; CARMO, M.G.T. Plasma fatty acids, lipid metabolism and lipoproteins in rats fed on palm oil and partially hydrogenated soybean oil. **Rev. Nutr.**, v.18, n.2, p.229-237, 2005.

SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**.v.56(8), p.365-379.2002.

STANSBY, M.E. **Nutritional properties of fish oil for human consumption-early developments**. In: M.E.Stansby (Editor), *Fish Oils in Nutrition*. Van Nostrand Reinhold, New York, p.268-288.1990a.

STANSBY, M.E. **Nutritional properties of fish oil for human consumption-modern aspects.** In: M.E.Stansby (Editor), Fish Oils in Nutrition. Van Nostrand Reinhold, New York, p.289-308.1990b.

TONIAL, I.B.; BRAVO, C.E.C.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M.; FURUYA, W.M.; VISENTAINER, J.V. Qualidade nutricional dos lipídios de tilápias (*oreochromis niloticus*) alimentadas com ração suplementada com óleo de soja. **Alim. Nutr.**, Araraquara. v.22, n.1, p.103-112. 2011.

WILLIAMS, C.M. Dietary fatty acids and human health. **Annales de Zootechnie**, Paris, v.49, n.3, p.165-180, 2000.

ZANARDI, M.F.; BOQUEMBUZO, J.E.; KOBERSTEIN, T.C.R.D. Desempenho de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com três diferentes dietas. **Revista acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v.6, p.445-450, 2008.

WILSON, R.P. **Lipid nutrition of fish. Nutrition and utilization technology.** In: Aquaculture. Champaign: AOAC, 1995. p. 74-81.

ZAR, J.H. 1996. **Biostatistical analysis.** Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey.

### **CAPÍTULO 3**

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE PELA  
FARINHA E ÓLEO DE RESÍDUO DE TILAPIA DO NILO SOBRE O  
DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE APARENTE E A COMPOSIÇÃO DA  
CARÇA DE ALEVINOS PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*)**



## RESUMO

Foi realizado um estudo para avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de peixe e do óleo de peixe pela farinha e óleo de resíduo de peixe oriundos da filetagem de tilápias em dietas para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). Foram formuladas 8 dietas isoprotéicas e isoenergéticas com 4 níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de tilápia (0, 10, 20 e 30%) com duas fontes de óleo (peixe e resíduo de peixe) constituindo um delineamento em esquema fatorial 4x2 com 3 repetições por tratamento. Para isso foram realizados dois experimentos. No primeiro, para avaliação do desempenho foram utilizados 192 alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) com peso vivo inicial médio de  $12g \pm 2,02$ , que foram distribuídos randomicamente em 24 caixas de fibra de vidro com capacidade de 80 litros cada, dotadas de sistema fechado de renovação de água com filtragem mecânica e biológica e aeração constante. Durante 60 dias os peixes foram alimentados através de comedouro automático duas vezes ao dia até a saciedade aparente. Para se avaliar o desempenho dos peixes foi realizada uma biometria inicial e uma ao final do experimento onde foram aferidos o peso vivo, comprimento padrão e comprimento específico final e para se avaliar a composição da carcaça 10 peixes foram sacrificados no início do experimento para formação de uma amostra composta. Ao final do período experimental foram avaliados o ganho de peso diário; ganho de peso relativo; taxa de crescimento específico; ganho de peso e também a composição das carcaças finais através da análise química e bromatológica de parte dos peixes de cada unidade experimental. Também foram determinados o rendimento de carcaça com cabeça, índice hepatossomático, índice víscero-somático, gordura no ganho de peso, proteína no ganho de peso, taxa de deposição de gordura e taxa de deposição de proteína. No segundo experimento, objetivando avaliar a digestibilidade das dietas, foram utilizados 64 alevinos de pacamã com  $30,24 \pm 5,01g$  de peso vivo, oriundos do primeiro ensaio, distribuídos randomicamente em 8 caixas de fibra de vidro com fundo cônico dotadas de

registro ao fundo para encaixe de tubos falcon para coleta das fezes. Foram utilizadas as mesmas rações do primeiro experimento com adição óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) para servir como indicador na proporção de 0,5% da matéria seca total da ração. O experimento ocorreu em três etapas, com 30 dias cada, totalizando 90 dias de período experimental aonde foram alternados períodos de alimentação e de coleta de fezes em cada etapa. Após o final dos períodos de coleta as fezes e as rações foram analisadas e determinadas as concentrações de óxido de cromo para cálculo da digestibilidade da matéria seca e da proteína das rações experimentais. Após a análise dos resultados obtidos verificou-se que não houve diferença significativa nos parâmetros de desempenho e na carcaça dos peixes alimentados com as diferentes dietas ( $p>0,05$ ). Com relação à digestibilidade das dietas não foi verificada diferença estatística entre os diferentes tipos de óleos utilizados, no entanto houve aumento linear da digestibilidade com o aumento dos níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe ( $p<0,05$ ). Concluiu-se que a farinha de resíduo de peixe pode substituir a farinha de peixe em dietas para alevinos de pacamã em 30% sem prejudicar o desempenho ou a característica de carcaça. O óleo de resíduo de peixe pode substituir integralmente o óleo de peixe em dietas para pacamã.

**Palavras-chave:** nutrição protéica, piscicultura, metabolismo protéico, peixes neotropicais

## ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the effect on the fatty acid profile of the carcass of pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) fingerlings fed diets with different levels of substitution of fish oil and fish meal for residual fish oil and residual fish meal from tilápia filleting. Eight isoproteic and isoenergetic diets with four levels of fishmeal substitution were formulated for the fish residue meal (0, 10, 20 and 30%) with two sources of oil (fish and fish residue) constituting a design in a factorial scheme 4x2 with three replicates per treatment. Two experiments were carried out. In the first, to evaluate the performance, 192 pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) fry were used with average initial weight of  $12\text{g} \pm 2.02$ , which were distributed randomly in 24 boxes of glass fiber with capacity of 80 liters each, equipped with system closed water renovation with mechanical and biological filtration and constant aeration. During 60 days the fish were fed through automatic feeder twice a day until apparent satiety. In order to evaluate the fish performance, an initial biometry was performed and one at the end of the experiment where the live weight, standard length and final specific length were measured. To evaluate the carcass composition, 10 fish were sacrificed at the beginning of the experiment to form a composite sample. At the end of the experimental period, the daily weight gain was evaluated; relative weight gain; specific growth rate; weight gain and also the composition of the final carcasses through the chemical and bromatological analysis of part of the fish of each experimental unit. The carcass yield with head, hepatosomatic index, viscera-somatic index, fat on weight gain, protein on weight gain, fat deposition rate and protein deposition rate were also determined. In the second experiment, to evaluate the digestibility of the diets, 64 pacamã alevins with  $30.24 \pm 5.01$  g of live weight, from the first trial, were randomly distributed in 8 boxes of fiberglass with conical bottom endowed with registration to the bottom for fitting falcon tubes for stool collection. The same rations of the first experiment with addition of chromium oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) to serve as indicator in the proportion of 0.5% of the total dry matter of the ration. The experiment was carried out in

three stages, with 30 days each, totaling 90 days of experimental period, where feeding and faecal collection periods were alternated at each stage. After the end of the collection periods the feces and the rations were analyzed and determined the concentrations of chromium oxide to calculate the digestibility of the dry matter and the protein of the experimental diets. After analyzing the obtained results it was verified that there was no significant difference in the performance and carcass parameters of the fish fed with the different diets ( $p > 0.05$ ). In relation to the digestibility of the diets, there was no statistical difference between the different types of oils used. However, there was a linear increase in the digestibility with the increase of fishmeal substitution levels for fish meal ( $p < 0.05$ ). It was concluded that fishmeal meal can substitute fish meal in diets for pacman fingerlings by 30% without impairing performance or carcass traits. Fish oil can completely replace fish oil in pacman diets.

**Keywords:** protein nutrition, fish farming, protein metabolism, neotropical fishes

## INTRODUÇÃO

A produção de peixes tem se tornado uma excelente alternativa para obtenção de alimento de qualidade e de renda para agricultores familiares, pois é uma atividade que pode apresentar alta produção por área e demanda pouca mão de obra. Porém o acesso aos insumos muitas vezes limita o ingresso dos pequenos produtores à atividade, sendo a ração o mais limitante, pois corresponde à maior parcela dos custos de produção da aquicultura semi-intensiva e intensiva ficando entre 50 e 70% do custo total (Pezatto et al., 2000).

A ração deve ser formulada de forma a atender às exigências nutricionais das diversas espécies e para isso é necessária uma combinação de ingredientes adequada. A utilização de ingredientes de alta qualidade se torna necessária para maximizar o ganho de peso dos peixes bem como melhorar o rendimento de carcaça e diminuir excedentes de nutrientes ao meio, especialmente nitrogênio e fósforo, sendo o suprimento dietético adequado de proteína um dos principais fatores (Tibbets et al., 2000; Fernandes et al., 2001; Sá & Fracalossi, 2002; Meurer et al., 2007).

Dentre os alimentos nobres utilizados na piscicultura a farinha de peixe se destaca pela alta quantidade de proteína e excelente perfil de aminoácidos, além de melhorar a palatabilidade da ração. Devido às suas qualidades nutricionais a farinha de peixe vem sendo amplamente empregada na aquicultura como fonte proteica nas rações para diversas espécies cultivadas (Galdioli et al., 2001) sendo considerada um dos melhores ingredientes para a composição de rações para organismos aquáticos (NRC, 2011).

A qualidade nutricional da farinha de peixe a torna um ingrediente desejável em formulações de rações para peixes, no entanto ela possui alto custo e disponibilidade limitada. Além disso, o aumento da demanda por farinha de peixe pela aquicultura começa a ser criticado com a justificativa de que o uso de farinha de peixe oriunda da pesca extrativista, para alimentar peixes cultivados, é ineficiente e ambientalmente insustentável, pois são

necessários 6 quilos de peixe não cultivado para produzir um quilo de peixe cultivado (Hardy, 2006).

Uma alternativa à farinha de peixe é a farinha de resíduos da indústria de pescado (Espe et al., 1999). Boscolo & Feiden (2007) relataram que resíduos de peixe representavam cerca de 2/3 do volume de resíduos da matéria-prima da indústria de processamento de pescado, constituindo grave problema ambiental quando descartados. Esses resíduos são geralmente constituídos por cabeças, carcaças, peles, vísceras, barbatanas e aparas da toalete antes do enlatamento, carne escura e peixes fora do tamanho para consumo. Os resíduos da pesca e da indústria de processamento do pescado podem ter grande potencial para uso na aquicultura, desde que processados de maneira correta (Espe et al., 1999). Em frigoríficos que processam filés de tilápia 62,5% a 66,5% do peso total dos peixes é descartado como resíduos (Boscolo et al., 2004).

A qualidade nutricional da farinha de resíduos de peixe oscila bastante de acordo com a matéria prima e o processo de beneficiamento podendo possuir grandes quantidades de ossos e nadadeiras. Devido ao maior percentual de ossos são encontrados teores maiores de minerais, glicina e prolina e teores menores de proteína. Signor et al. (2012) encontrou valores de 57,63%; 30,39% e 16,31% de proteína bruta, cinzas e lipídios.

Outros coprodutos importantes da indústria do pescado são os óleos de peixe e de resíduos de peixe. O óleo de peixe pode ser obtido através da produção da farinha de peixe e é composto por 90% de lipídios neutros (triacilgliceróis, ácidos graxos livres) e lipídios polares (fosfolipídios, esfingolipídios e lipídios oxidados) (Prentice-Hernández, 2011).

Tanto a farinha quanto o óleo de resíduos do processamento de peixes são matérias primas com alto potencial para uso na aquicultura e que podem vir a substituir a farinha e o óleo de peixe convencional. Para que sejam usados de forma adequada devem ser conhecidos seus aspectos nutricionais e avaliados na alimentação de peixes em crescimento. Além da composição químico-bromatológica devem ser levados em consideração as suas digestibilidades e o efeito na composição das carcaças.

Baseado nessas informações, objetivou-se avaliar o efeito da substituição da farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia do Nilo e do óleo de peixe pelo óleo de resíduo de Tilápia do Nilo, bem como a interação entre eles, em dietas para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), uma espécie nativa brasileira, de hábito alimentar carnívoro e com potencial para a aquicultura.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi desenvolvida através de dois experimentos realizados em sequência no Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos da Universidade de Brasília - UnB.

### **Ensaio 1 – Desempenho**

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos (Laboa), da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro. Para avaliação das dietas foram utilizados 202 alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) com peso vivo inicial médio de  $12g \pm 2,02$ ; comprimento total de 9,9cm e comprimento padrão de 8,5cm, oriundos do setor de Aquicultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Os peixes foram distribuídos randomicamente em 24 caixas de fibra de vidro com capacidade cúbica de 80 litros cada, sendo cada unidade experimental constituída por uma caixa com 8 peixes.

As caixas estavam instaladas em um sistema fechado de recirculação, onde a água oriunda das caixas foi coletada em uma caixa de vidro para filtragem mecânica e biológica, e em sequência bombeada, passando por um filtro de disco e um filtro ultravioleta, garantindo assim a manutenção da qualidade da água. As caixas dispunham de aeração constante através de soprador de ar com difusor de pedra porosa. A água utilizada no sistema foi oriunda da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e antes de ser utilizada foi previamente clorada. Em virtude do hábito de vida bentônico do pacamã foram colocados suportes de acrílico perfurados nas caixas, que tem fundo cônico, para possibilitar o repouso dos peixes. A metodologia de pesquisa do experimento foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais conforme UnBDoc129101/2015.

Avaliaram-se 8 dietas, isoenergéticas e isoprotéicas, com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia (0%, 10%, 20% e 30%) com duas fontes de óleo (óleo de peixe e óleo de resíduo de Tilápia), com três repetições, representando um delineamento fatorial 4x2. A farinha de resíduos de peixe foi composta pelas sobras provenientes do processamento das carcaças de tilápias, constituindo-se das peles, escamas, cabeças, nadadeiras e vísceras, que passaram por processo de cocção e retirada do óleo.

Para a confecção das 8 rações experimentais, os ingredientes foram moídos e passados em peneira TYLER 35 para que apresentassem diâmetro médio de 0,5 mm. Em seguida a mistura foi homogeneizada e submetida à um processo de extrusão em equipamento de rosca simples da marca nacional Extrutech<sup>®</sup>, modelo Ex Micro, do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) em Jaboticabal-SP, conforme Tabela 1. As rações produzidas constituíram grânulos com aproximadamente 4 mm de diâmetro e foram armazenadas em freezer à temperatura de -18°C antes do uso para conservação das características físico-químicas.

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais contendo diferentes proporções de farinha de peixe e farinha de resíduos de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Ingrediente (%)	Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo de Tilápia			
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
Farelo de soja	34,90	36,47	38,05	39,62	34,90	36,47	38,05	39,62
Farelo de trigo	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
Farinha de resíduos de peixe	0,00	3,38	6,78	10,14	0,00	3,38	6,78	10,14
Farinha de peixe	33,38	30,00	26,60	23,24	33,38	30,00	26,60	23,24
Milho	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
Amido de milho	5,00	3,43	1,85	0,28	5,00	3,43	1,85	0,28
Quirera de arroz	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Óleo de resíduos de peixe	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo de peixe	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antioxidante BHT <sup>1</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento (vit. + min.) <sup>2</sup>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Óxido de cromo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Soma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Dietas formuladas com base em valores médios tabelados dos nutrientes dos alimentos. Valores com base na matéria seca. Dietas isoprotéicas contendo 42% de proteína bruta e isoenergéticas (4.340kcal/Kg de EB).

<sup>1</sup> Butil-Hidroxi-tolueno (antioxidante)

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico e mineral (composição por grama do produto): Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit K3, 2.400 mg; Vit B3, 4.800 mg; Vit B2, 4.800 mg, Vit B6, 4.000 mg, Vit B12, 4.800 mg., Ácido fólico, 1.200 mg; Pantotenato de Cálcio 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; Biotina, 48 mg; Colina, 108.000 mg; Niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg



Tabela 2. Composição química-bromatológica das rações experimentais contendo diferentes proporções de farinha de peixe e farinha de resíduos de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Constituintes (%)	Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de resíduo Tilápia				Média	DP
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%		
Matéria seca	92,96	92,76	93,34	92,81	93,23	92,58	93,34	93,04	93,01	0,28
Matéria orgânica*	88,05	87,73	87,88	87,82	88,18	88,08	87,67	87,51	87,87	0,23
Proteína Bruta*	45,84	46,59	46,63	46,21	45,52	45,83	46,67	46,04	46,51	1,16
Extrato Etéreo*	8,82	8,33	9,01	7,65	8,64	8,52	7,97	9,77	8,59	0,65
Fibra Bruta*	13,12	11,33	15,39	11,75	15,31	14,44	11,65	11,92	13,11	1,71
Cinzas*	11,95	12,27	12,12	12,18	11,82	11,92	12,33	12,49	12,14	0,23
Cálcio*	4,64	5,47	5,27	5,09	4,82	4,64	4,54	5,06	4,94	0,33
Fósforo*	2,06	2,28	2,31	2,25	2,12	1,96	2,27	2,12	2,17	0,12

\*Valores expressos em porcentagem da matéria seca total da ração

Os peixes passaram por um período de adaptação de 15 dias para se habituarem à rotina de alimentação e ao ambiente experimental. Após esse período passaram a receber as rações experimentais em quantidade proporcional a 3% do peso vivo, ajustada quinzenalmente conforme o crescimento dos peixes durante 60 dias. O fotoperíodo foi ajustado para 12 horas de luz e 12 horas de escuro e a alimentação foi realizada no período escuro conforme Kitagawa (2012). A ração foi fornecida através de comedouros automáticos, às 20:00 horas da noite e às 4:00 horas da manhã. Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados, sendo aferidos diariamente a temperatura, por meio de um termômetro digital, e semanalmente o oxigênio dissolvido, por meio de um Oxímetro AT 155 microprocessado, o teor de amônia, com auxílio de um Teste de Amônia Tóxica da marca Labcon, e o pH, por meio de um pHmetro portátil digital. Com a finalidade de manter a qualidade da água, além da filtragem constante, foram realizadas sifonagens e drenagens da água do fundo das caixas a cada 3 dias.

Ao final do período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas e, após este período, foram efetuadas as medidas individuais de peso (g) e comprimento (cm) dos peixes de cada unidade experimental.

Foram avaliados o ganho de peso diário (GPD), ganho de peso relativo (GPR), taxa de crescimento específico (TCE) e ganho de peso (GP) conforme as seguintes equações:

$$\text{GPD (g)} = \text{peso final (g)} - \text{In peso inicial (g)}/\text{dias}$$

$$\text{GPR (\%)} = 100[\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}/\text{peso inicial (g)}]$$

$$\text{TCE (\%)} = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})/\text{dias de cultivo}] \times 100$$

$$\text{GP (g)} = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$$

Para avaliação das carcaças 10 peixes foram sacrificados no início do experimento para formação de uma amostra composta de carcaças iniciais e ao final do período experimental foram coletadas amostras compostas de carcaças de cada repetição de cada tratamento na quantidade de duas por unidade experimental. Para a coleta das amostras de carcaça os peixes foram insensibilizados através de um banho de imersão em um recipiente contendo eugenol diluído em água na concentração de 100mg/L e abatidos. Em seguida foram submetidos à laparotomia ventral para a retirada das vísceras, e em seguida pesados sem vísceras, para determinação do rendimento de carcaça com cabeça (RC). Foram pesados também o fígado para determinação do índice hepatossomático (IHS) e as vísceras para determinação do índice víscero-somático (IVS). Para a pesagem das vísceras foi utilizada balança eletrônica de precisão 0,001g. Após a coleta as amostras foram congeladas.

Para a determinação desses índices foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{RC (\%)} = (\text{peso da carcaça}/\text{peso do peixe}) \times 100$$

$$\text{IHS (\%)} = (\text{peso do fígado}/\text{peso do peixe}) \times 100$$

$$\text{IVS (\%)} = (\text{peso das vísceras}^1/\text{peso do peixe}) \times 100$$

<sup>1</sup>Vísceras = fígado, gônadas, trato gastrointestinal vazio e gordura mesentérica

As amostras de carcaças foram secas, moídas e analisadas para obtenção de sua composição de umidade, minerais, proteína bruta e gordura total (extrato etéreo) segundo procedimentos descritos por Silva (1990). Com os dados bromatológicos foram calculadas também a taxa de deposição de gordura (TDG), taxa de deposição de proteína (TDP), porcentagem de proteína no ganho de peso (PBGP) e porcentagem de gordura no ganho de peso (GGP) através das seguintes fórmulas:

$$\text{TDG (mg/dia)} = (\text{peso de gordura na carcaça final} - \text{peso de gord. na carcaça inicial})/\text{n}^\circ \text{ dias};$$

$$\text{TDP (mg/dia)} = (\text{peso de proteína na carcaça final} - \text{peso de prot. na carcaça inicial})/\text{n}^\circ \text{ dias};$$

$$\text{PBGP (\%)} = \text{PGP} = [(\text{PBf} \times \text{Pf}) - (\text{PBi} \times \text{Pi})] \times 100/(\text{Pf} - \text{Pi});$$

$$\text{GGP (\%)} = \text{GGP} = [(\text{Gf} \times \text{Gf}) - (\text{Gi} \times \text{Gi})] \times 100/(\text{Gf} - \text{Gi}).$$

Os dados obtidos relacionados à qualidade da água, desempenho e características da carcaça foram submetidos à análise de variância para que fosse avaliado o efeito do tipo de óleo, do nível de substituição e a interação entre os fatores sobre os parâmetros. Posteriormente, os parâmetros que eventualmente apresentaram diferenças significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Zar, 1996). As análises dos dados foram feitas com auxílio do software estatístico Assistat 7.7.

## **Ensaio 2 – Digestibilidade**

O experimento para avaliação da digestibilidade das dietas foi realizado no Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos (Laboa) da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro.

Foram utilizados 64 alevinos de pacamã com  $30,24 \pm 5,01$ g de peso vivo, distribuídos aleatoriamente em 8 caixas de fibra de vidro com capacidade de 80 litros cada, sendo a unidade experimental constituída por uma caixa com 8 peixes. As caixas estavam instaladas em um sistema fechado de recirculação, onde a água oriunda das caixas foi coletada em uma caixa de vidro para filtragem mecânica e biológica, e em sequência bombeada, passando por um filtro de disco e um filtro ultravioleta, garantindo assim a manutenção da qualidade da água. As caixas dispunham de aeração constante através de soprador de ar com difusor de pedra porosa. A água utilizada no sistema foi oriunda da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e antes de ser utilizada foi previamente declarada. Em virtude do hábito de vida bentônico do pacamã e para possibilitar a coleta de fezes foram colocados suportes metálicos em forma de grelha nas caixas, que tem fundo cônico. A metodologia de pesquisa do experimento foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais conforme UnBDoc129101/2015.

Avaliaram-se 8 dietas, isoenergéticas e isoprotéicas, com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de peixe (0%, 10%, 20% e 30%) com duas fontes de óleo (óleo de peixe e óleo de resíduo de peixe), com três repetições, representando um delineamento fatorial 4x2. A farinha de resíduos de peixe foi composta pelas sobras provenientes do processamento das carcaças de tilápias, constituindo-se das peles, escamas, cabeças, nadadeiras e vísceras, que passaram por processo de cocção e retirada do óleo.

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos ao acaso, com oito tratamentos, em esquema fatorial (4x2), composto por 4 níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de peixe e 2 tipos de óleo. O experimento ocorreu em três etapas de coleta fecal em que cada etapa constituiu uma repetição. Para possibilitar a determinação da digestibilidade foi adicionado óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), para servir como indicador, na proporção de 0,5% da matéria seca total da ração durante a confecção das rações.

O experimento ocorreu em três etapas, com 30 dias cada, totalizando 90 dias de período experimental e 7 dias de adaptação em cada etapa às unidades experimentais. Após cada período de adaptação se deu o início a coletas de fezes. Foi adotada uma metodologia semelhante à de Furuya et al. (2001) onde os peixes permaneceram dois dias nas caixas de alimentação e 14 horas nas caixas de coleta de fezes. As caixas de coletas de fezes eram idênticas às de alimentação e dotadas de um coletor tipo tubo falcon onde, através da gravidade, as fezes foram armazenadas. Durante a coleta os tubos falcon permaneceram envolvidos por uma caixa de isopor com gelo para diminuir a ação bacteriana e degradação pela luz dos compostos nitrogenados. Ao final de cada período de coleta, após a transferência dos peixes, as caixas foram limpas. Durante o período de coleta de fezes o sistema de filtragem da água foi desligado para que não houvesse perda de dejetos.

Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados em dias alternados onde se aferiu a temperatura, oxigênio dissolvido, amônia e pH. Com a finalidade de manter a qualidade da água além da filtragem constante foram realizadas sifonagens e drenagens da água do fundo a cada transferência dos peixes. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia durante o período de escuro. O fotoperíodo foi ajustado para 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

Para o cálculo da digestibilidade aparente foi utilizadas a seguinte fórmula:

$$Da_{(n)} = 100 - \left[ 100 \left( \frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left( \frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

onde:

Da(n) = Digestibilidade aparente;  
 $\text{Cr}_2\text{O}_{3r}$  = % de óxido de cromo-III na ração;  
 $\text{Cr}_2\text{O}_{3f}$  = % de óxido de cromo-III nas fezes;  
 $N_r$  = Nutrientes na ração;  
 $N_f$  = Nutriente nas fezes.

Após cada coleta, as fezes foram separadas do excesso de água através da centrifugação dos tubos falcon e então coletadas, armazenadas em potes de plástico opaco e

congeladas a  $-20,0$  °C. Ao final de cada período de coleta (bloco) as amostras de fezes foram desidratadas em estufa com ventilação forçada a  $55,0$  °C por 48 horas. As análises bromatológicas (PB, MS, EE, EB) dos alimentos, das rações e das fezes foram realizadas no Laboratório de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UNB.

Para determinação da concentração de óxido de cromo nas fezes e nas rações as amostras foram levadas a uma mufla para aquecimento a  $600^{\circ}\text{C}$  até a sua queima total. O resíduo da queima foi pesado e determinada a porcentagem de matéria mineral das amostras. Parte do resíduo mineral das amostras foi encaminhada ao Laboratório de Química Analítica do Instituto de Química da UnB para que fosse determinada, por espectrofotometria de absorção atômica, a quantidade de óxido de cromo, segundo a metodologia descrita por Willians et al. (1962).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial aonde foi avaliado o efeito do tipo de óleo, do nível de substituição e a interação entre os fatores na digestibilidade aparente da MS e PB. Posteriormente, os parâmetros que eventualmente apresentaram diferenças significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Zar, 1996). As análises dos dados foram feitas com auxílio do programa estatístico Assistat 7.7.

## RESULTADOS

### Ensaio 1 – Desempenho

Os parâmetros de qualidade de água mensurados se mantiveram constantes durante o período experimental não diferindo entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) e estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Média ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento

Parâmetros	Médias $\pm$ Desvio Padrão
Temperatura (°C)	29,35 $\pm$ 0,73
pH	6,03 $\pm$ 0,25
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,18 $\pm$ 0,85
Amônia (mg/L)	0,35 $\pm$ 0,13

O teor médio de proteína observado nas rações experimentais não diferiu entre os tratamentos e foi superior ao calculado, porém dentro da faixa recomendada para alevinos de peixes carnívoros: 40 a 48,6% PB para pirarucu (Ituassú et al., 2005; Del Risco et al., 2008); 40% para pintado (Zanardi et al., 2008) e 43% PB para bagre africano (Ali et al., 2005) e próximo aos 47,4% de PB utilizados para alevinos de pacamã em experimento conduzido por Santos et al., 2012.

Foi observada diferença significativa ( $P<0,05$ ) para a taxa de sobrevivência entre os tipos de óleo utilizados, sendo que os peixes alimentados com dietas contendo óleo de peixe e óleo de resíduo de Tilápia obtiveram média de 100% e 88,54 respectivamente. No entanto entre os níveis de substituição não houve diferença significativa.

Tabela 4. Taxa de sobrevivência de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Níveis de substituição	Taxa de Sobrevivência (%)		
	óleo de peixe	óleo de resíduo	Médias
0%	100,00	87,50	93,75
10%	100,00	100,00	100,00
20%	100,00	75,00	87,50
30%	100,00	91,67	95,83
médias	100,00	88,54	
CV(%)	11,90		

Os valores médios relacionados aos parâmetros de desempenho estão contidos nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Ganho de peso, ganho de peso relativo e ganho médio diário de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Níveis de substituição	Ganho de Peso(g)		Ganho de Peso Relativo (%)		Ganho médio diário (g)	
	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo
0%	18,21±9,93	15,78±3,81	151,93±82,79	131,51±31,72	0,30±0,17	0,25±0,07
10%	19,88±2,03	19,37±2,56	165,63±16,93	161,39±21,32	0,33±0,03	0,32±0,04
20%	14,70±2,20	24,09±7,24	122,50±18,30	200,76±60,31	0,25±0,04	0,40±0,12
30%	19,24±1,39	17,36±1,52	160,31±11,57	144,70±12,63	0,30±0,03	0,29±0,03
CV(%)	25,91		25,90		26,69	

Tabela 6. Comprimento padrão, rendimento de carcaça com cabeça e taxa de crescimento específico de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Níveis de substituição	Comprimento Padrão (cm)		Rendimento de Carcaça com cabeça (%)		Taxa de Crescimento Específico (%)	
	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo
0%	11,20±1,41	10,54±0,49	93,48±1,61	93,52±0,46	1,48	1,07
10%	11,13±0,66	11,35±0,54	92,73±0,74	93,47±0,28	1,57	1,60
20%	10,50±0,49	11,72±1,56	93,34±1,34	92,92±0,90	1,33	1,81
30%	11,40±0,63	11,09±0,47	91,91±0,63	93,47±0,90	1,55	1,49
CV(%)	6,69		1,25		17,28	

Após a pesagem das vísceras foi possível obter o rendimento de carcaça com cabeça dos alevinos nos diferentes tratamentos não sendo encontrada diferença significativa entre as dietas com óleo de peixe e óleo de resíduo de Tilápia ( $P>0,05$ ). Também não foi encontrada

diferença significativa na interação entre tipo de óleo utilizado e níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia. Já para o fator Níveis de Substituição foi aplicada regressão polinomial não sendo encontrada também diferença significativa ( $P>0,05$ ). O mesmo ocorreu com o índice hepatossomático e com o índice viscerossomático que não diferiram em nenhum tratamento, tampouco houve interação significativa entre os fatores ( $P>0,05$ ).

Tabela 7. Índice Hepatossomático e Índice Viscerosomático de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Níveis de substituição	Índice Hepatossomático (%)		Índice Viscerosomático (%)	
	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo
0%	1,30±0,32	1,42±0,19	6,52±1,61	6,48±0,46
10%	1,52±0,28	1,40±0,12	7,27±0,74	6,53±0,28
20%	1,44±0,43	1,61±0,69	6,57±1,34	7,08±2,12
30%	1,76±0,29	1,35±0,37	8,09±0,63	6,53±0,90
CV(%)	24,54		18,43	

As porcentagens de proteína e de gordura no ganho de peso nas carcaças dos alevinos não diferiu entre os tratamentos, seja entre os tipos de óleos, níveis de substituição ou da interação entre os fatores ( $P>0,05$ ). Os valores médios estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8. Proteína Bruta no Ganho de Peso e Gordura no Ganho de Peso de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Níveis de substituição	Proteína Bruta no Ganho de Peso (%)		Gordura no Ganho de Peso (%)	
	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo
0%	56,03±5,56	60,87±0,54	28,92±1,97	27,31±1,49
10%	59,54±5,27	61,58±8,54	29,99±1,26	28,10±1,15
20%	62,51±0,62	60,92±2,26	29,27±4,04	25,11±1,77
30%	61,25±6,68	64,48±4,22	27,04±0,52	28,04±2,90
CV(%)	8,20		7,70	

Os valores observados para Taxa de Deposição de Gordura e de Proteína estão expressos na Tabela 9. Não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para a variável Taxa de Deposição de Proteína e para a Taxa de Deposição de Gordura entre os tipos de óleos utilizados, níveis de substituição e na interação entre os fatores ( $P>0,05$ ).



Tabela 9. Taxa de deposição de gordura e Taxa de deposição de proteína de alevinos de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Níveis de substituição	Taxa de Deposição de Gordura (mg/dia)		Taxa de Deposição de Proteína (mg/dia)	
	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo
	0%	79,45±62,57	56,36±20,07	165,47±92,53
10%	85,08±24,72	83,57±14,54	193,40±33,99	190,38±13,94
20%	55,42±7,92	118,32±8,89	149,26±21,05	235,98±73,56
30%	78,34±10,41	75,74±17,68	183,55±36,70	179,17±19,40
CV(%)	33,78		27,19	

Na Tabela 10 podem ser observadas as médias das composições químicas das carcaças na matéria natural referentes à população inicial e aos diferentes tratamentos ao final do período experimental.

Tabela 10. Composições químicas das carcaças de alevinos de pacamã (médias + desvio padrão) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia

Variáveis	População inicial	Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de peixe				Níveis de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia com inclusão de óleo de res. de Tilápia			
		0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
Umidade	75,87	72,84	73,88	74,01	73,62	73,77	74,01	73,53	73,06
Proteína Bruta	16,53	16,07	15,90	16,33	16,36	16,78	16,60	16,77	17,76
Extrato Etéreo	5,66	7,22	7,15	6,85	6,72	6,68	6,79	6,48	7,00
Matéria Mineral	2,49	3,13	3,14	3,12	3,02	2,63	2,87	3,56	2,78
Soma	100,55	99,25	100,06	100,31	99,72	99,87	100,27	100,34	100,60

Valores expressos em porcentagem da matéria seca total da ração

<sup>2</sup>Calculada a partir dos valores médios para proteína (5,64 kcalg<sup>-1</sup>) e lipídios (9,44 kcalg<sup>-1</sup>) descritos no NRC (2011).

## Ensaio 2 – Digestibilidade

Os valores médios de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e amônia, verificados durante o período experimental estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Média ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento

Parâmetros	Médias $\pm$ Desvio Padrão
Temperatura (°C)	29,64 $\pm$ 0,85
pH	6,25 $\pm$ 0,37
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,45 $\pm$ 0,78
Amônia (mg/L)	0,25 $\pm$ 0,15

Não foi observada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre as médias dos resultados do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta entre os tipos de óleos utilizados nas dietas. No entanto foi observado efeito linear nos níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia representado pela equação expressa na figura 3.

Tabela 12. Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta das rações experimentais

Níveis de substituição	Matéria Seca		Proteína Bruta	
	óleo de peixe	óleo de resíduo	óleo de peixe	óleo de resíduo
0%	29,74 $\pm$ 0,38	27,75 $\pm$ 2,79	67,91 $\pm$ 0,17	67,51 $\pm$ 1,64
10%	35,38 $\pm$ 1,82	33,89 $\pm$ 0,64	69,23 $\pm$ 0,87	73,61 $\pm$ 0,22
20%	42,27 $\pm$ 1,20	41,76 $\pm$ 0,10	70,58 $\pm$ 0,70	71,06 $\pm$ 0,05
30%	47,21 $\pm$ 3,99	45,29 $\pm$ 1,59	74,19 $\pm$ 1,95	70,79 $\pm$ 0,72
CV(%)	5,24		1,45	

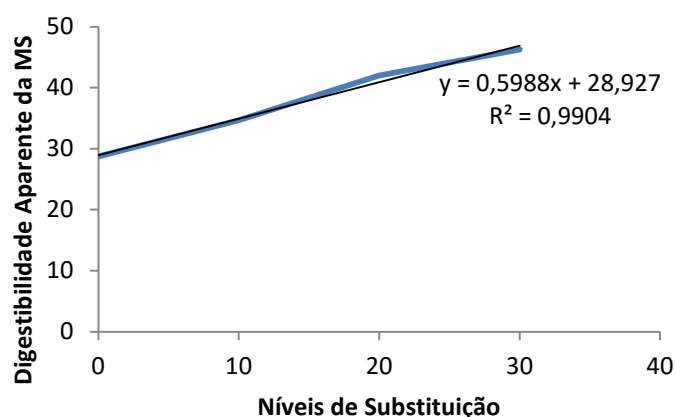


Figura 1. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca de dietas compostas por diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de resíduo de Tilápia com óleo de peixe ou óleo de resíduo de Tilápia na alimentação de alevinos de pacamã.

## DISCUSSÃO

### Ensaio 1 - Desempenho

Os parâmetros de qualidade de água aferidos se mantiveram adequados à criação do pacamã durante todo o período experimental com valores médios próximos ao ótimo (Costa et al., 2014). A mortalidade observada nos peixes alimentados com rações compostas com óleo de resíduo ocorreu desassociada dos outros parâmetros de desempenho e qualidade de água, portanto não se pode inferir que houve influência das diferentes dietas na mortalidade dos peixes.

Foram realizadas análises de variância para as variáveis relacionadas ao desempenho: Ganho de Peso, Ganho de Peso Relativo, Ganho Médio Diário, Taxa de Crescimento Específico, Comprimento Total Final e Comprimento Padrão Final, não sendo encontrada diferença significativa entre o tipo de óleo utilizado e entre os níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de resíduo de Tilápia.

No presente experimento o desempenho foi estatisticamente semelhante entre os grupos de animais alimentados com as dietas avaliadas, indicando assim que não houve influência do tipo de óleo ou da farinha utilizada nas dietas. O resultado pode ser explicado pelas características similares que as farinhas de peixe e de resíduo de Tilápia apresentam com relação aos teores de PB, EE, aminoácidos, bem como no teor energético e de perfil de ácidos graxos que ambos os óleos possuem, como descritas nos trabalhos de Boscolo et al. (2008), Galan et al. (2013), Furuya et al. (2001), Meurer et al. (2003), Stevanato et al. (2007).

A taxa de crescimento específico média encontrada de 1,48% foi semelhante às observadas por Souza et al. (2014) em dietas para alevinos de pacamã com diferentes níveis de proteína, onde todas as rações continham 20% de farinha de peixe. Os valores também se assemelham aos encontrados por Canton et al. (2007) em juvenis de jundiá. Resultado semelhante também foi encontrado por Terrazas et al. (2002) em Tambaqui alimentados com dietas com diferentes proporções de resíduo de peixe. Numericamente, a maior taxa foi

observada com a dieta composta por 20% de substituição de farinha de peixe pela farinha de resíduo com adição de óleo de resíduo, o que proporcionou ao final do experimento maior ganho de peso para este tratamento.

O rendimento de carcaça com cabeça teve médias de 93,11%, superiores às encontradas por Souza et al. (2013), Meurer et al. (2010) e Seabra (2010) que observaram valores entre 82,63% e 90,92% avaliando diferentes dietas com alevinos de pacamã, demonstrando com isso bom rendimento com as dietas fornecidas no presente experimento, independentemente do tipo de óleo ou do nível de substituição da farinha de peixe pela de resíduo de peixe.

O índice hepatossomático encontrado está de acordo com os valores encontrados por Souza et al. (2013), que avaliando a exigência de proteína bruta para juvenis de pacamã encontraram valores entre 0,53 a 1,70. O índice hepatossomático representa o percentual de massa do fígado em relação à massa corporal e é uma forma de quantificar o estoque de energia (glicogênio) no fígado (Cyrino et al., 2000). Os resultados encontrados eram esperados já que os peixes se encontravam sob temperatura adequada, com mesmo manejo, sem serem submetidos a estresse e com dietas isoenergéticas.

A taxa de deposição de proteína observada pode ser considerada adequada quando comparada a outros resultados encontrados. Melo et al. (2001) quando avaliaram diferentes fontes e níveis de lipídios para alimentação de alevinos de jundiá encontraram uma taxa de deposição de proteína média de 101,3 mg/dia, inferior à encontrada no presente experimento. Já para o híbrido tambacu a taxa de deposição de proteína encontrada por Pereira et al. (2011) foi bem inferior com níveis médios de 55,7 mg/dia.

O tratamento composto pelo nível de substituição de 20% de farinha de resíduos de peixe com óleo de resíduo de *Tilápia* proporcionou taxa de deposição de gordura corporal estatisticamente superior aos demais tratamentos e numericamente superior também para a taxa de deposição de proteína. Esse resultado pode ser explicado pelo maior ganho de peso e taxa de crescimento específico encontrados para esta dieta. No entanto não houve diferença na composição da carcaça e na porcentagem de gordura e proteína no ganho de peso entre os tratamentos.

As carcaças analisadas apresentaram proporção de nutrientes semelhantes aos encontrados para híbridos piaupara (*Leporinus macrocephalus*) x *Leporinus elongatus*) em experimento conduzido por Finkler et al. (2010) que avaliaram níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de vísceras de aves.

No entanto, a composição das carcaças com base na matéria seca, que apresentou 63,07% de Proteína Bruta, 25,61% de Extrato Etéreo e 11,31% de Matéria Mineral, diferiu do encontrado por Souza et al. (2013) em alevinos de pacamã alimentados com diferentes níveis de proteína na ração que obtiveram 73,09% PB e 9,4% de EE. O maior acúmulo de lipídios nas carcaças pode ser explicado pelo fato das dietas utilizadas no presente experimento terem uma densidade energética superior às utilizadas por aqueles autores. Segundo Signor et al. (2007), a composição química da carcaça está diretamente relacionada com os nutrientes fornecidos através da dieta, ou seja, uma alimentação com balanceamento diferente em nutrientes pode resultar em diferentes valores de nutrientes (proteínas, lipídios e outros) na carcaça dos peixes.

Os resultados de desempenho encontrados no presente trabalho são corroborados por Kotzamanis et al. (2001), que utilizaram farinha de resíduo do processamento de trutas na alimentação do “gilthead bream”, uma espécie marinha, e obtiveram sucesso substituindo aproximadamente 20% da farinha de peixe pela de resíduo de peixe. Ao avaliar o efeito da utilização da farinha de resíduos de peixes e da farinha de resíduos de frango em dietas para tambaqui, Terrazas et al. (2002) também não encontraram diferenças no desempenho dos peixes alimentados com diferentes proporções dessas farinhas nas rações experimentais. Boscolo et al. (2005) ao utilizarem níveis crescentes de resíduo de peixe na alimentação de larvas tilápia-do-nylo, até a proporção de 20% da MS total, não observaram diferença no desempenho e na mortalidade, mostrando também ser satisfatória sua utilização até esse nível.

## **Ensaio 2 – Digestibilidade**

Os parâmetros de qualidade de água aferidos se mantiveram adequados à criação do pacamã durante todo o período experimental.

Os resíduos de peixe em geral possuem teores de minerais mais elevados e proteínas menos digestíveis, uma vez que a matéria prima é composta grande parte por peles, cabeças e barbatanas. No entanto houve aumento linear da digestibilidade aparente da matéria seca com o aumento da proporção de farinha de resíduos no presente experimento. Uma vez que a proporção de nutrientes não diferiu entre as dietas e nem o desempenho foi afetado pela substituição da farinha de peixe pela de resíduos de Tilápia, infere-se que a farinha de resíduos utilizada possuía alta qualidade nutricional se assemelhando à farinha de peixe integral.

A farinha de resíduos de peixe possui composição muito variada dependendo da espécie utilizada, do tipo de resíduo e modo de processamento, podendo apresentar alta variação em sua composição, em termos de proteína, gordura, cinzas e aminoácidos, podendo variar, ainda, quanto à digestibilidade desses nutrientes, podendo causar prejuízo ao desempenho dos peixes (Anderson et al., 1995; Aksnes et al., 1997). Este fato pode ser comprovado através de resultados discrepantes como os apresentados por Signor et al. (2012) que encontraram média de 89,94% de digestibilidade da proteína de farinha de resíduos de peixes fornecidas à juvenis de piavuçu e os apresentados por Boscolo et al. (2004) que encontraram valores de digestibilidade da PB de 70,67% para farinha de resíduos de corvina e 67,09% para a farinha de resíduos de tilápia.

A farinha de peixe também é um ingrediente de alta digestibilidade. Tonini et al. (2012) avaliaram a digestibilidade da farinha de peixe para *Trichogaster leeri* e encontraram valores de 68,63% e 89,25% para MS e PB respectivamente. Da mesma forma Melo et al. (2016) avaliando diversos ingredientes na dieta de pacamã encontraram valores de digestibilidade aparente da MS e da PB de 85,2% e 82,4% para a farinha de peixe. No entanto Pezzato et al. (2002) encontraram valores menores de digestibilidade da farinha de peixe de 57,46% e 78,55% para a MS e PB.

Da mesma forma a farinha de peixe apresenta digestibilidade bastante variável na literatura. Kaushik et al. (2004) avaliando a substituição da farinha de peixe por ingredientes vegetais para *Dicentrarchus labrax* não encontraram diferenças entre a digestibilidade aparente das dietas com valores de digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta de 80,28% e 95,36% respectivamente. Da mesma forma Carter et al. (2000), avaliando a substituição da farinha de peixe por farinhas de origem vegetal em dietas para Salmão do Atlântico encontraram valores de digestibilidade aparente entre 76,52% e 85,5% para a MS e entre 92,71% e 95,9% para PB. Resultado semelhante foi observado por Allan et al. (2000) que observaram valores de digestibilidade da MS variando de 76,8% a 93,9% e da PB variando de 89% a 94,2% em *Bidyanus bidyanus* alimentados com três tipo de farinha de peixe.

No presente experimento os teores de digestibilidade aparente da matéria seca, que variaram de 27,75% a 47,21%, se mostraram baixos. Como foi avaliada a digestibilidade das dietas completas, pode ter havido influência negativa dos ingredientes vegetais que apresentam comumente baixa digestibilidade aparente para peixes carnívoros como a quirera de arroz, o farelo de trigo, o farelo de soja e o fubá de milho.

## **CONCLUSÃO**

A farinha de resíduos de tilápia pode ser utilizada em substituição à farinha de peixe em 30% em dietas para alevinos de pacamã, sem prejuízo ao desempenho dos peixes e sem alterar a composição das carcaças. O óleo de resíduo de Tilápia pode ser utilizado em substituição ao óleo de peixe em dietas para alevinos de pacamã.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, G.; 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.

ALI, M.Z. & JAUNCEY, K. Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture Nutrition*. v.11, p.95-101, 2005.

AKSNES, A.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAIANA, L. Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.153, n.3/4, p.251-261, 1997.

AKSNES, A.; OPSTVEDT, J. Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. *Aquaculture*, v.161, p.45-53, 1998.

ANDERSON, S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.138, n.1/4, p.291-301, 1995.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.1, p.8-13, 2004.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A.; REIDEL, A. Farinha de Resíduos da Filetagem de Tilápias na Alimentação de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na Fase de Reversão Sexual. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.6, p.1807-1812, 2005.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; SIGNOR, A.A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Rural* (UFSM. Impresso), v. 38, p. 1-8, 2008.

BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo:GFM Gráfica & Editora, 2007. 272p.



CARTER, C.G.; HAULER, R.C. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Aquaculture** 185 2000 299–311

COSTA, D.P.; DE OLIVEIRA P.L., FABÍOLA; TAKATA, R. ; COSTA, D.C. ; DE SOUZA E SILVA, W.; MELILLO FILHO, R.; ALVES, G.M.; LUZ, R.K. Effects of temperature on growth, survival and physiological parameters in juveniles of *Lophiosilurus alexandri*, a carnivorous neotropical catfish. **Aquaculture Research**, v. 1, 2014.

CYRINO, J.E.P.; PÓRTZ, L.; MARTINO, R.C.I. **Retenção de proteína e energia em juvenis de “Black Bass”** *Micropterus Salmoides*. *Sci Agric*, v.57, p.609-616, 2000.

DEL RISCO, M.; VELÁSQUEZ, J.; SANDOVAL, M.; PADILLA, P.; MORI-PINEDO, L.; CHU- KOO, F. Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822). **Folia Amazónica**, v.17, p.29-37, 2008.

ESPE, M.; SVEIER, H.; HOGOY, I. et al. Nutrient absorption and growth os Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. **Aquaculture**, v.174, p.119-137, 1999.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.617–626, 2001.

FINKLER, J.K.; FREITAS, J. M. A.; SIGNOR, A.A.; ZAMINHAM, M.; BOSCOLO, W.; FEIDEN, A. **Substituição da farinha de peixe por farinha de vísceras deaves na alimentação de alevinos híbridos de piavuçu**, *Boletim Instituto da Pesca*, v.36, n.3, p.237–243, 2010.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. et al. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de canola pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** , v.30, n.3, p.611-616, 2001.

GALAN, G.L.; FRANCO, M.L.R.S.; SOUZA, E.D.; SCAPINELLO, C.; GASPARINO, E.; VISENTAINER, J.V.; DEL VESCO, A.P. **Farinha de carcaça de Tilápia em dietas para coelhos: composição química e resistência óssea**. *Semina. Ciências Agrárias (Online)*, v. 34, p. 2473, 2013.

GALDIOLI, E.M.; HAYASHI, C.; FARIA, A.C.E.A.; SOARES, C.M. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta cientiarum, Animal Science**, v.23, n.4, p.841-847, 2001.

HARDY, R.W. Worldwide fish meal production outlook and use of alternative protein meals for aquaculture. In: *Simposium Internacional de Nutricion Acuicola VIII*. **Universidade Autonoma de Nuevo Leon**, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. p. 410- 419. 2006. Disponível em: <http://w3.dsi.uanl.mx/publicaciones/maricultura/viii/pdf/25Hardy.pdf>. Acesso em: 12/11/2017.

ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCÊNCIO, R.; CAVERO, B.A.S.; GANDRA, A. L. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 255-259, 2005.

JAUNCEY, K.; ROSS, B.A **guide to tilapia feed and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.

KITAGAWA, Alexandre Takio. **Influência do fotoperíodo no crescimento do Pacamã**. 2012. 43p. Dissertação (**Mestrado em Ciências Animais**) -Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, Alfenas-MG, 2012.

KAUSHIK, S.J.; COVE'S, D.; DUTTO, G.; BLANC, D. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v.230,p.391–404, 2000.

LANDS, W.E.M. **FISH, omega-3 and human health**.2.ed. Champaign: AOCS Press, 2005. 220p.

KOTZAMANIS, Y.P.; ALEXIS, M.N.; ANDRIOPOULOU, A. et al. Utilization of waste material resulting from trout processing in gilthead bream (*Sparus aurata* L.) diets. **Aquaculture Research**, v.32 (supl.1), p.288-295, 2001.

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

MELO, J.F.B.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J.H.S.; TROMBETTA,C.G.Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá(*Rhamdia quelen*)alimentados com dietas contendo diferentes fontesde lipídios. **Ciência Rural**, v.32, p.323-327, 2002.

MELO, K.D.M.; OLIVEIRA, G.R.; BRITO, T.S.; SOARES, D.R.P.; TESSITORE, A.J.A.; ALVARENGA, E.R.; TURRA, E.M.; SILVA, F.C.O.; TEIXEIRA, E.A. Digestibilidade de ingredientes em dietas para juvenis de pacamã(*Lophiosilurus alexandri*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2016, vol.51, n.6, pp.785-788, 2016.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade Aparente de Alguns Alimentos Protéicos pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003.

MEURER, F.; OLIVEIRA, S.T.L.; SANTOS, L.D.; OLIVEIRA, J.S.; COLPINI, L.M.S. Níveis de oferta de pós-larvas de tilápia do Nilo para alevinos pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.111–116, 2010.

PEREIRA, M.C.; AZEVEDO, R.V.; BRAGA, L.G.T. Óleos vegetais em rações para o híbrido tambacu (macho *Piaractus mesopotamicus* x fêmea *Colossoma macropomum*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [online], v.12, n.2, p.551-562, 2011.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Óleo de Pescado. In: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo. p.608. 2011.

SÁ, M.V.C.; FRACALOSSO, D.M. Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.1-10, 2002.

SANTOS, L.D. dos; SILVA, L.C.R. da; AMORIN, J.V.O.; BALEN, R.E.; MEURER, F. Effect of food processing on the development of pacamã fingerlings (*Lophiosilurus alexandri*). **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umarama, v. 15, n. 2, p. 115-120, jul./dez. 2012.

SEABRA, A.G.L. **Manejo alimentar das fases iniciais do pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; REIDE, A.; SIGNOR, A.; GROSSO I.R. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37(3),p.828-834, 2007.

SIGNOR, A.A.; Neu, D.H.;FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; Potrich, F.R. ; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade protéica da farinha de resíduos da filetagem de tilápias e farinha de vísceras de aves para o piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 66-72, 2012.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa : UFV, 1990. 165p.

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**, v. 14, p. 362-370, 2013.

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

STEVANATO, F.B.; PETENUCCI, M.E.; MATSUSHITA, M ; Mesomo, M.C.; de SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.E.L; ALMEIDA, V.V.; VISENTAINER, J.V. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 567-571, 2007.

TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N. **Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade?** Panorama da Aqüicultura, v.13, n.75, p.55-57, 2003.

TERRAZAS, W.D.M.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. Efeito da farinha de resíduo de peixe e de frango no desempenho e na composição corporal de juvenis de tambaqui. *Colossoma macropomum* (CUVIER,1818). **Acta Amazonica**, Manaus-AM, v. 32, n.1, p. 155-162, 2002.

TIBBETTS, S.M.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. Dietary protein requirement of juvenile American eel (*Anguilla rostrata*) fed practical diets. **Aquaculture**, v.186, n.1/2, p.145–155, 2000.

TONINI, W.C.T.; POLESE, M.F.; ABREU, M.L.C.; MATOS, D.C.; VIDAL JUNIOR, M.V.; ANDRADE, D.R. Digestibilidade aparente de alimentos proteicos e energéticos para *Trichogaster leeri*. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n. 2, p.569-577, 2012.

WARD, O.P. **Microbial production of long-chain pufas**. *Inform*, v.6, n.6, p.683-688, 1995.

WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J., IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **J. Agric. Sci.**, v.59(3), p.381-385, 1962.

ZAR, J. H. 1996. **Biostatistical analysis**. Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey.

ZANARDIM, F; BOQUEMBUZO, J.E.; KOBERSTEIN, T.C.R.D. Desempenho de juvenis de pintado (*pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com três diferentes dietas **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v.6, n.4, p.445-450, out./dez. 2008.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na produção de peixes é fundamental que se conheça as exigências de nutrientes e os efeitos dos diferentes ingredientes no desempenho e na composição da carcaça. Com o mercado consumidor cada vez mais exigente, torna-se necessário o fornecimento de carnes de maior qualidade, com baixo teor de gorduras saturadas e alta quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente as séries ômega 3 e 6.

A farinha de resíduos de Tilápia demonstrou no presente estudo, dentro das condições experimentais e pra fase de alevinagem, poder substituir a farinha e óleo de peixe em 30% nas rações para pacamã. Nesse sentido, maiores níveis de substituição devem ser testados para que se estabeleça se há limites na sua utilização.

O óleo de peixe é reconhecidamente uma das melhores fontes de AG ômega 3, e pelos resultados apresentados verificou-se que ele pode ser substituído integralmente pelo óleo de resíduos de peixe. Desta forma os resíduos, produzidos em larga escala na indústria de processamento do pescado, podem ter uma finalidade nobre retornando ao sistema de produção como fonte de nutrientes nas rações.

Existe pouca regulamentação sobre a produção e padronização das farinhas e óleo de peixe e de resíduo de peixe. Devido à isso as farinhas encontradas no mercado possuem qualidade muito variável, sendo necessária uma análise bromatológica a cada lote produzido.

Recomenda-se também que sejam feitas pesquisas aonde se estendam o período experimental para que seja avaliada a qualidade do produto final entregue ao consumidor.

**ANEXOS**

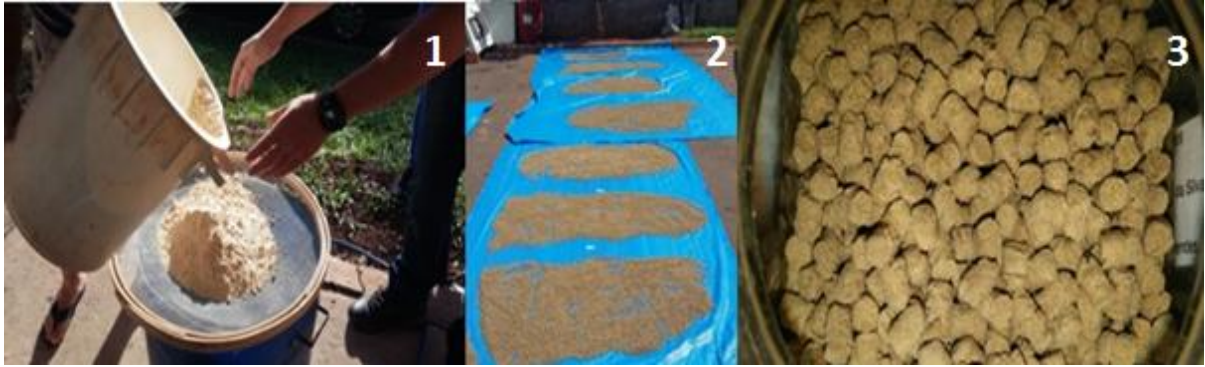


Figura 1. Preparo das rações experimentais utilizadas em experimentos de avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe para alevinos de pacamã. (1. Homogeneização e peneiração; 2. Secagem; 3. Ração pronta).



Figura 2. LABOA-Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos – Local aonde foram realizados os experimentos avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe para alevinos de pacamã.



Figura 3. Caixas de fibra de vidro com 80 litros de capacidade cúbica, em sistema fechado de recirculação de água aonde foram acondicionados alevinos de pacamã para avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.



Figura 4. Unidade experimental constituída por uma caixa de fibra de vidro com fundo cônico com capacidade cúbica de 80 litros de água aonde foram acondicionados alevinos de pacamã para avaliação de rações com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.





Figura 5. Alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) utilizados nos experimentos de avaliação de rações contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.

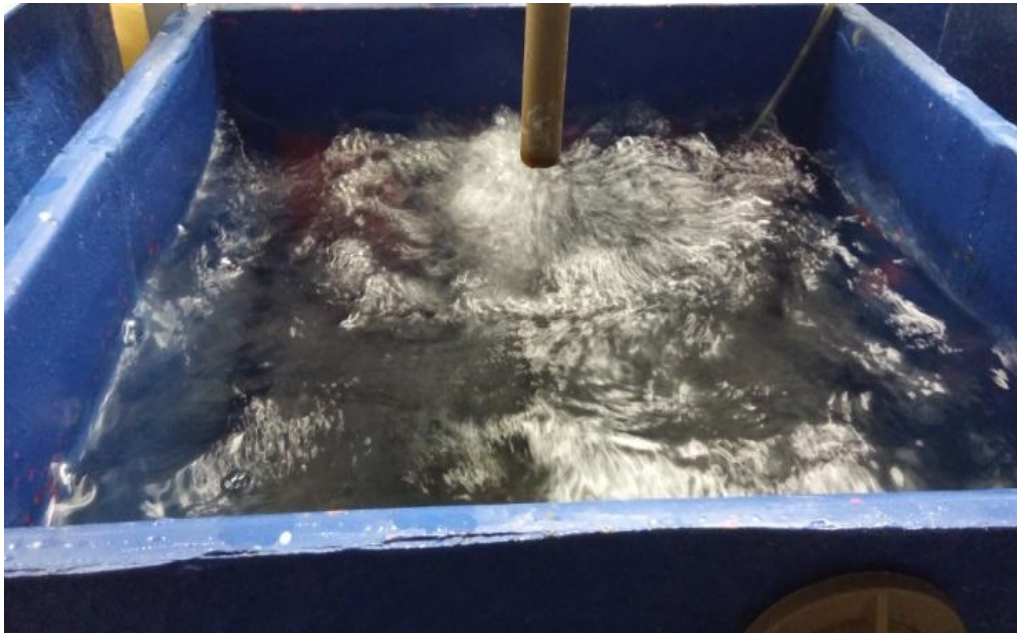


Figura 6. Detalhe da entrada de água do sistema de recirculação e da aeração para manutenção da qualidade da água em caixa de fibra de vidro utilizada na avaliação do desempenho de alevinos de pacamã alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.



Figura 7. Procedimento de ambientação de alevinos de pacamã às caixas experimentais utilizadas para determinação de digestibilidade de dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.



Figura 8. Tubo falcon para coleta de fezes instalado em sistema GuelphModificado para determinação de digestibilidade em experimento de avaliação de dietas para alevinos de pacamã.



Figura 9. Caixas de coletas de fezes com tubo coletor em recipiente com gel utilizadas na avaliação da digestibilidade de dietas com diferentes níveis de farinha de resíduo de peixe para alevinos de pacamã.



Figura 10. Comedouro automático utilizado no fornecimento de dietas experimentais à alevinos de pacamã para avaliação do desempenho e características de carcaça.



Figura 11. Alevino de pacamã em procedimento de biometria para determinação do comprimento padrão com utilização de paquímetro após um período de 60 dias alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.



Figura 12. Alevino de pacamã em procedimento de biometria para determinação do peso total após um período de 60 dias alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe com utilização de balança semi-analítica de bancada com precisão de 0,01 gramas.



Figura 13. Procedimento de evisceração de alevino de pacamã para coleta de vísceras e fígado após um período de 60 dias alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduo de peixe.