

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DÉBORAH RODRIGUES PEDROSA SOARES

**Substituição de farinha de peixe por farelo de soja
para juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)**

**Belo Horizonte
2015**

DÉBORAH RODRIGUES PEDROSA SOARES

**Substituição de farinha de peixe por farelo de soja
para juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal

Profa. Orientadora: Dra. Paula Adriane Perez Ribeiro

**Belo Horizonte
2015**

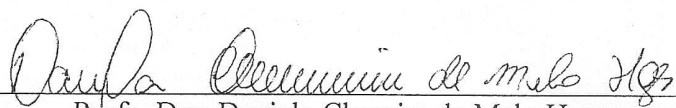
S676s Soares, Déborah Rodrigues Pedrosa, 1986-
Substituição de farinha de peixe por farelo de soja para juvenis de pacamã
(*Lophiosilurus alexandri*) / Déborah Rodrigues Pedrosa Soares. – 2015.
47 p. : il.

Orientadora: Paula Adriane Perez Ribeiro
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

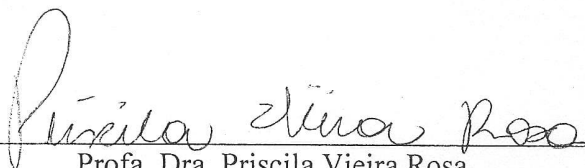
1. Pacamã (Peixe) – Alimentação e rações – Teses. 2. Farelo de soja como ração –
Teses. 3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Desempenho produtivo – Teses. I. Ribeiro, Paula
Adriane Perez. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.
III. Título.

CDD – 639.31

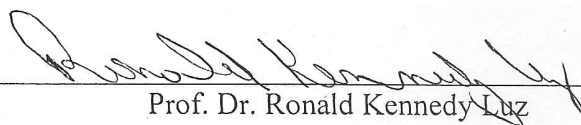
Dissertação defendida e aprovada em 28 de janeiro de 2014 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:



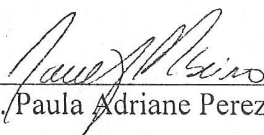
Profa. Dra. Daniela Chemim de Melo Hoyos



Profa. Dra. Priscila Vieira Rosa



Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz



Profa. Dra. Paula Adriane Perez Ribeiro (Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os envolvidos nesse trabalho pela dedicação e paciência. Sem vocês eu não conseguiria completar essa etapa.

À minha orientadora Professora Paula Adriane Perez Ribeiro, pela orientação, compreensão e ajuda, Também agradeço à minha co-orientadora Daniela Chemim de Melo.

Aos amigos do LAQUA, pelo esforço e auxílio na condução do experimento. Por isso também agradeço aos colegas de outras áreas.

Aos professores do LAQUA.

À professora Eloísa de Oliveira Simões Saliba, pela colaboração para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários técnico-administrativos engajados nos crescimento da instituição, principalmente ao Antônio Arymatéia Monteiro (Toninho), do laboratório de nutrição, e ao Danilo Gonçalves Bastos, do departamento de estatística, pela educação, disponibilidade, e gentileza com que tratam todos os estudantes e colegas de trabalho.

Aos membros da banca de avaliação da dissertação.

À UFMG pela oportunidade de ser aluna dessa grande e respeitada Universidade.

Ao meu amigo e antigo orientador, Professor José Geraldo de Vargas Júnior, por sempre me acolher nos momentos de dificuldade e ao Centro de Ciências Agrárias da UFES, por me receber de portas abertas.

À minha família, que sempre apoiou minhas decisões.

E por último, mas não menos importante, ao meu marido Emanuel Mello, pelo companheirismo de todos os dias.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Produção aquícola brasileira	13
2.2. O Pacamã (<i>Lophiosilurus alexandri</i>)	15
2.3. Proteína na alimentação de peixes	16
2.4. Farinha de peixe e farelo de soja	17
3. OBJETIVOS	20
3.1. Objetivo geral	20
3.2. Objetivos específicos	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÃO	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Figura 1. Foto ilustrativa do pacamã (<i>Lophiosilurus alexandri</i>).....	15
Tabela 1. Principais espécies cultivadas no Brasil (ton).....	14
Tabela 2. Nível de desenvolvimento tecnológico de peixes no Brasil (Notas 0-10).....	14
Tabela 3. Composição das dietas experimentais	22
Tabela 4. Composição inicial das carcaças de juvenis de pacamã (<i>L. alexandri</i>)	23
Tabela 5. Ganho de peso total(g), ganho de peso médio/ animal(g) e ganho de peso diário/animal(g) de juvenis de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta	28
Tabela 6. Consumo total(g) e Consumo médio/animal(g) de juvenis de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja.....	29
Tabela 7. Eficiência proteica (EP), índice hepatossomático (IHS) e tamanho das vilosidades intestinais (VI - μm) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta.....	29
Tabela 8. Teores médios de matéria seca (MS em %), proteína bruta (PB em %), extrato etéreo (EE em %) e matéria mineral (MM em %) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta	30
Tabela 9. Valores das variáveis hematológicas glicose (mg/dL) e hematócrito (%) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta	34
Tabela 10. Valores da variável sanguínea proteína total (g/dL) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta	35
Tabela 11. Atividade da aspartato transaminase (AST, em UI/mL) e alanina transaminase (ALT, em UI/mL) em amostras sanguíneas de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta	36

LISTA DE SIGLAS

ALT = enzima alanina transferase

AOAC = Association of Official Agricultural Chemists

AST = enzima aspartato transferase

CEUA = Comissão de Ética no Uso Animal

DHA = ácidos graxos docosaenoico

EE = extrato etéreo

EP = eficiência proteica

EPA = ácidos graxos eicosapentaenoico

FAO = Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FB = fibra bruta

GP = ganho de peso

IBAMA = Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IFFO = The Marine Ingredients Organisation

IHS = índice hepatossomático

LAQUA = Laboratório de Aquicultura

MG = Minas Gerais

MM = matéria mineral

MPA = Ministério da Pesca e Aquicultura

MS = matéria seca

NRC = National Research Council

PB = proteína bruta

pH = Potencial Hidrogeniônico

UFMG = Universidade Federal de Minas Gerais

VI = vilosidade intestinal

LISTA DE SÍMBOLOS

% = porcentagem

± = mais ou menos

≈ = aproximadamente

°C = graus Celsius

μm = micrómetro

dL = decilitro

g = gramas

G = grande

h = hora

Kg = quilograma

L = litro

M = médio

mg = miligramas

min = mínimo

n^o = número

P = pequeno

t = tonelada

UI = unidade internacional

SUBSTITUIÇÃO DE FARINHA DE PEIXE POR FARELO DE SOJA PARA JUVENIS DE PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*)

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar parâmetros bioquímicos e de desempenho de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), submetidos a dietas formuladas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja como fonte proteica na ração. Para isso foram analisados ganho de peso; consumo; eficiência proteica; tamanho das vilosidades intestinais; índice hepatossomático; composição química corporal; proteína plasmática total; glicemia; hematócrito; dosagens de alanina transaminase e aspartato transaminase. Os animais foram separados em três categorias (P, M e G) de acordo com seu peso. Cada categoria compôs duas repetições por tratamento. Foram testadas cinco dietas (0, 25,50, 75 e 100% de inclusão de farelo de soja em substituição a farinha de peixe) e seis repetições, totalizando 30 parcelas. O experimento teve duração de 74 dias, sendo cinco dias de adaptação e 69 dias de fornecimento das dietas experimentais. A alimentação foi fornecida três vezes ao dia, às 08:00, 12:00 e 16:00 horas. O ensaio experimental foi realizado em laboratório de recirculação de água, onde foram utilizadas 30 caixas de fibra de vidro, com capacidade total de 100L cada. A temperatura foi monitorada diariamente, duas vezes ao dia, às 08:00 e às 16:00 horas. O monitoramento do pH e do oxigênio foi realizado semanalmente. Os dados obtidos foram analisados com auxílio software INFOSTAT. As médias foram comparadas pelo teste de probabilidades de Tukey, a 5% de significância quando paramétricas, e pelo teste de Kruskal Wallis, também a 5% de significância, quando não paramétricas. A temperatura se manteve estável durante todo o período experimental, apresentando valor médio de $28,93 \pm 0,36^\circ\text{C}$. O mesmo aconteceu com os valores de pH e oxigênio dissolvido, que apresentaram valores médios de $7,40 \pm 0,14$ e $6,13 \pm 0,50$ mg/L respectivamente. A sobrevivência foi de 100% para todos os tratamentos. As médias de consumo, ganho de peso (diário e médio), índice hepatossomático, demonstraram diferença estatística entre categorias, já a eficiência proteica, tamanho das vilosidades intestinais, ganho de peso total não apresentaram diferença entre os tratamento e categorias testados. Análise das carcaças dos animais também demonstrou diferença estatística entre as categorias para matéria mineral, proteína bruta, matéria seca e extrato etéreo, sendo este último também diferente estatisticamente entre os tratamentos. Dentre os parâmetros sanguíneos analisados (glicemia, hematócrito, proteína total, enzimas AST e ALT) apenas hematócrito não apresentou diferença significativa entre as categorias. Proteína plasmática total foi diferente entre categorias e tratamentos. Apesar de alguns índices zootécnicos apresentarem diferença estatística, podemos concluir que se pode substituir totalmente a farinha de peixe por farelo de soja para juvenis de pacamã, sem que haja prejuízos à fisiologia dos animais e consequentemente à criação, dentro de um período de 69 dias.

Palavras chave: Peixe carnívoro, siluriformes, desempenho.

REPLACEMENT OF FISHMEAL TO SOYBEAN MEAL FOR PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*) JUVENILES

ABSTRACT

This study aimed to evaluate biochemical and performance parameters of juvenile pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), subjected to diets formulated with different replacement levels of fishmeal by soybean meal, as a protein source in the feed. Thereunto, weight gain, consumption, protein efficiency, size of intestinal villus, hepatossomatic rate, chemical body composition, total plasmatic protein, glycemia, haematocrit, doses of alanine aminotranferase and aspartate aminotranferase were analyzed. The animals were separated into three categories (S, M and L), according to their weight. Each category was composed by two repetitions per treatment. Five diets (0, 25, 50, 75 and 100% of soybean inclusion in replacement of fishmeal) and six repetitions were tested, totalizing 30 parcels. The experiment lasted 74 days, being five of adaptation and 69 of the experimental diets supply. The food was provided three times a day, at 8a.m., 12p.m. and 4p.m. The experimental test was performed in a recirculation water laboratory, using 30 boxes of fiberglass, with total capacity of 100L each. The temperature was monitored daily, twice a day, at 8a.m. and 4p.m. The monitoring of pH and oxygen was done weekly. The data obtained were analyzed using the INFOSTAT software. The averages were compared by the Tukey probability test, at 5% of significance when parametric, and by the Kruskal-Wallis test, also at 5% of significance, when not parametric. The temperature remained stable during the entire experimental period, presenting an average value of $28.93 \pm 0.36^{\circ}\text{C}$. The same happened with the amounts of pH and dissolved oxygen, which showed average values of 7.40 ± 0.14 and 6.13 ± 0.50 mg/L respectively. The survival rate was 100% for all treatments. The consumption, weight gain (daily and average), and hepatossomatic rate averages showed a statistic difference between categories, the protein efficiency, size of intestinal villus, and total weight gain, however, showed no difference between the treatments and tested categories. The analyze of animal carcasses also showed statistic difference between categories for mineral matter, crude protein, dry matter and ethereal extract, with the last one also being statistically different between treatments. Among the blood parameters analyzed (glucose, haematocrit, total protein, enzymes AST and ALT) only haematocrit did not show a significant difference between categories. Total plasmatic protein was different between categories and treatments, Even though some livestock indexes showed statistic difference, it is possible to conclude that fishmeal can be fully replaced by soybean meal for juvenile pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), with no injury to the animal physiology and consequently to the breeding, within a period of 69 days.

Keywords: carnivorous fish, siluriformes, performance.

1. INTRODUÇÃO

A nutrição de peixes está longe de estabelecer um padrão geral de exigências nutricionais. Por se tratarem de animais heterotérmicos, são mais afetados pelas variações ambientais quando comparados aos homeotérmicos. Seus hábitos alimentares e dietas formuladas não só influenciam diretamente seu comportamento, integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, reprodução e crescimento, como também alteram as condições ambientais do sistema de produção (Cyrino et al., 2010).

Vários fatores determinam o papel dos alimentos para organismos aquáticos no impacto ambiental, tais como: composição química, origem da fonte proteica (animal ou vegetal), digestibilidade, palatabilidade, hábito alimentar das espécies, estabilidade na água, entre outros (Kuz'mina, 2008).

Apesar do alto potencial de algumas espécies nativas para a piscicultura ainda faltam informações que possibilitem a implantação de um processo de cultivo. Pesquisas têm sido realizadas sobre nossa fauna autóctone, embora normalmente objetivando a solução de aspectos isolados do cultivo das diferentes espécies.⁷

Hoje a deficiência tecnológica continua enorme, principalmente em relação à nutrição destes animais, que representa aproximadamente 70% do custo total de produção. Porém, um avanço considerável já foi realizado e o cenário é otimista.

O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) é uma espécie carnívora endêmica do rio São Francisco, pertencente à ordem Siluriforme. Embora a literatura sobre o seu cultivo seja escassa, vários autores destacam seu potencial para a produção aquícola (Pedreira et al., 2008). Para que isso seja possível é necessário determinar o manejo alimentar, nutricional e sanitário adequado à espécie.

A farinha de peixe é considerada alimento padrão na criação de animais aquáticos sendo a fonte de proteína mais utilizada na formulação de dietas. Isso porque possui um ótimo perfil aminoacídico; vitaminas lipó e hidrossolúveis; ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e minerais (Masumoto et al., 1996).

As fontes de proteína de origem vegetal geralmente apresentam menor digestibilidade, são deficientes em aminoácidos sulfurosos como metionina e lisina, além de poder apresentar fatores antinutricionais que afetam o aproveitamento da proteína pelos animais, tais como: inibidores de protease; taninos e lecitina; fatores que afetam o uso de minerais (fitatos, gossipol, oxalatos e glucosinolatos); antivitaminas; e outras toxinas como micotoxinas, alcalóides, saponinas, nitrato e fitoestrógenos (NRC, 2011).

O farelo de soja é o substituto da farinha de peixe mais utilizado em pesquisas de nutrição animal por apresentar um perfil aminoacídico satisfatório (exceção aos sulfurosos) e baixo custo, sendo a fonte de proteína vegetal que até o momento mereceu mais atenção e esforços de pesquisa (Butolo, 2002).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção aquícola brasileira

A demanda por proteína animal vem aumentando de forma expressiva no Brasil e no mundo. De acordo com Roppa (2009), entre 1961 e 2009 o consumo *per capita* mundial mais que dobrou, passando de 23 para 46,6 quilos de carne por habitante/ano.

Existe intensa correlação entre consumo de carnes e aumento da renda. Em países como Brasil, China e Índia, com altos índices populacionais, o aumento do poder aquisitivo das camadas mais pobres permitiu maior consumo de proteínas de origem animal.

Os pescados são a fonte de proteína animal mais produzida e consumida no mundo. Segundo dados da FAO (2010) a produção global de pescados foi de 145.100 t em 2009, com um consumo de 116.960 t, valor superior a 17 kg por habitante. No Brasil, a produção total foi de 1.241 t, conforme dados divulgados pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2011), com média de consumo *per capita* bastante inferior, ficando em torno de 9 kg por habitante ao ano.

Apesar de o Brasil possuir a maior reserva de água doce do planeta e uma costa litorânea bastante extensa, o aproveitamento desses recursos para a produção aquícola ainda está muito aquém de seu potencial. A indústria de pescados é incipiente, com métodos de pesca e de produção ainda artesanais e rudimentares. São recorrentes problemas de manejo, de gestão inadequada da atividade e de falta de qualificação da mão de obra. Por outro lado tais déficits operacionais e de gestão demonstram bastante espaço para a evolução do setor no país, com oportunidades significativas para seu desenvolvimento (Sidonio et al., 2012). De acordo com os autores, as exigências de capital fixo do setor não são muito grandes, mas são necessárias grandes somas de capital de giro, o que dificulta a permanência dos produtores na atividade.

A exigência de capital de giro se deve, sobretudo, aos longos ciclos produtivos da maioria das espécies de peixe que interessam ao mercado. A tilápia, por exemplo, que é uma espécie considerada de ciclo curto, leva seis meses da fase de alevino até a despesca. Para demais peixes, esse prazo pode ser maior que um ano.

A falta de conhecimento técnico e a não utilização de insumos adequados geram problemas na padronização dos lotes de peixes, com grande discrepância de peso e tamanho. Fato este observado principalmente em espécies nativas (Sidonio et al., 2012).

De acordo com o MPA (2011), as principais espécies cultivadas no país são exóticas, como a tilápia e a carpa. A maior produção dessas variedades se deve mais à existência de informações básicas de criação do que às suas características próprias.

De acordo com Fernandes et al. (2003), eventuais fugas de espécies exóticas podem ocasionar desequilíbrio ambiental na região onde a criação é alocada. A utilização de espécies nativas, portanto, torna a atividade mais segura e oferece menos riscos aos ecossistemas naturais.

Devido à grande extensão e diversidade climática encontrada no Brasil, várias espécies têm sido estudadas para aproveitamento em aquicultura. Dentre elas destacam-se o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o matrinxã (*Brycon cephalus*) na Região Norte, o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) na Região Centro Oeste, o jundiá (*Rhamdia quelen*) e o dourado (*Salminus brasiliensis*) na Região Sul. Porém, para atrair investimentos e assegurar o produtor, existe a necessidade de mais estudos que comprovem a viabilidade dessas espécies para a piscicultura (Tenório, 2006).

A Tabela 1 mostra uma relação com as principais espécies produzidas no Brasil.

Tabela 1. Principais espécies cultivadas no Brasil (t)

Espécies	2007	2009	Crescimento (%)
Tilápia	95.091	132.957	40
Carpa	36.631	60.695	66
Tambaqui	30.598	46.454	52
Tambacu	10.854	18.492	70
Pacu	12.397	18.171	47

Fonte: Adaptado de MPA (2011)

Os peixes nativos brasileiros são exemplos de 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).

Hoje a deficiência tecnológica continua enorme, porém, um avanço considerável já foi realizado e o cenário é otimista (Roppa, 2009).

A Tabela 2 mostra o nível de desenvolvimento de algumas espécies produzidas no Brasil de acordo com a Embrapa (2011).

Tabela 2. Nível de desenvolvimento tecnológico de peixes no Brasil (Notas 0-10)

	Tilápia	Tambaqui	Pintado
Melhoramento genético	8	2	2
Reprodução e larvicultura	8	7	2
Sistema de cultivo	8	7	2
Nutrição	8	5	5
Sanidade	5	3	3
Processamento	8	4	5

Fonte: Adaptado de Embrapa (2011)

Nota-se que o pacote tecnológico das espécies nativas aos poucos vem se desenvolvendo, principalmente nos quesitos nutrição e processamento.

A ração é o insumo com maior peso sobre o custo da produção, representando até 70% do total. O uso de rações balanceadas e de boa qualidade é fundamental para obtenção de altas taxas de produtividade. Adicionalmente, rações de boa qualidade proporcionam alta digestibilidade, o que contribui para reduzir o lançamento de resíduos no meio ambiente.

No Brasil não há grandes dificuldades técnicas para a produção de rações: há disponibilidade de soja e milho, principais matérias-primas da alimentação animal. Entretanto, como os pacotes tecnológicos ainda são pouco desenvolvidos para espécies aquáticas - sobretudo nativas - e a escala de produção ainda é pequena. As rações oferecidas são de baixa qualidade e variedade (Sidonio et al., 2012).

2.2 O Pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)



FIGURA 1. Foto ilustrativa do pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)

Na bacia do rio São Francisco existe vários peixes que se destacam pelo potencial econômico. Dentre eles estão os grandes migradores, como o surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*), o pirá (*Conorhynchus conirostris*), o dourado (*Salminus brasiliensis*), o matrinchã (*Brycon lundii*) e o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*).

O pacamã (*L. alexandri*) - também conhecido como pocomã, pacamão, niquim ou linguado do São Francisco - apresenta cabeça achatada e mandíbula que ultrapassa a maxila, deixando os dentes expostos quando a boca está fechada (Britski et al., 1984). É uma espécie carnívora e de comportamento sedentário; tem preferência por ambientes lênticos de fundo de areia ou de pedras (Travassos, 1959); e sua desova é parcelada, liberando seus ovos, considerados grandes, no substrato arenoso (Sato et al., 2003). Quando adulto, seu peso pode ultrapassar 8 Kg (Cardoso et al., 1996).

O niquim (*L. alexandri*), em ambiente natural, alimenta-se quase exclusivamente de peixes, sendo de grande importância para o controle da população de peixes herbívoros ou detritívoros (Alvim e Peret, 2004).

No cultivo do pacamã (*L. alexandri*) as perdas de larvas podem ocorrer por canibalismo, que se intensifica com a elevação da densidade populacional (Lopéz e Sampaio, 2000). Embora a literatura sobre o cultivo do pacamã seja escassa, vários autores consideram esta uma espécie interessante para a produção aquícola devido às características de sua carcaça, que apresenta alto rendimento de filé e ausência de espinhos intramusculares, fazendo com que sua carne seja bastante apreciada (Pedreira et al., 2008).

Possui ainda interesse comercial como peixe ornamental devido à sua aparência exótica, podendo ser comercializado em unidades (Lins et al., 1997). Estes fatos reforçam o potencial para criação comercial. No entanto, não existe um pacote tecnológico definido para o cultivo do pacamã nas fases de cria, recria e engorda (Embrapa Semiárido, 2011).

2.3 Proteína na alimentação de peixes

A nutrição de peixes está longe de estabelecer um padrão geral de exigências nutricionais. Trata-se de animais heterotérmicos, portanto, mais afetados pelas variações ambientais, quando comparados aos homeotérmicos. Os hábitos alimentares e as dietas dos peixes não só influenciam diretamente seu comportamento, integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, reprodução e crescimento, como também alteram as condições ambientais do sistema de produção (Cyrino et al., 2010).

Altas densidades de estocagem e a utilização de dietas com alta relação proteína/energia são características de sistemas intensivos de produção aquícola. Como consequência, os peixes eliminam grande quantidade de resíduos nitrogenados (íon amônio, amônia não ionizada e nitrito) (Urbinati e Carneiro, 2004), que sobrecarregam o sistema de produção, sujeitando os animais a um possível estresse condicionado pelas variações dos parâmetros de qualidade da água (Boyd, 1990).

Fezes e sobras alimentares são as principais fontes de resíduos em efluentes de pisciculturas. Vários fatores determinam o papel dos alimentos para organismos aquáticos no impacto ambiental, tais como: composição química, origem da fonte proteica (animal ou vegetal), digestibilidade, palatabilidade, hábito alimentar das espécies, estabilidade na água, entre outros (Kuz'mina, 2008).

O estresse causado por um ambiente insalubre reduz o consumo de alimento e, por conseguinte, o ganho de peso; estende o ciclo de produção; aumenta o risco de mortalidade; e reduz a rentabilidade das operações pelo aumento dos custos de produção associados ao uso sistemático de medicamentos e necessidade de serviço veterinário especializado (Cyrino et. al., 2010).

Segundo McGoogan e Gatlin (2003), as rações que eram apenas desenvolvidas para maximizar o crescimento dos peixes, agora devem atender a outras necessidades, como a sustentabilidade ambiental das criações, o que pode ser atingido pela otimização do uso

dos nutrientes nas dietas, utilizando, para isso, um adequado balanço entre a energia e a proteína.

Os peixes apresentam variações circadianas na procura por alimento (Bolliet et al., 2000). Essa variação pode influenciar os picos de produção de enzimas digestivas, alterando a digestibilidade e síntese de proteínas para formação do tecido muscular (López-Vásquez, 2001). Estas variações ligadas à alimentação dependem da espécie, da fase da vida, da fase do ciclo anual e do convívio intra e interespecífico (Imre e Boiscalar, 2004).

Atualmente a piscicultura busca a diversificação das espécies cultivadas. O Brasil detém uma grande diversidade de peixes carnívoros com potencial mercadológico, seja como peixe de consumo, destinado à pesca esportiva ou ornamental (Meurer et al., 2010)

No cultivo de peixes carnívoros, a elaboração de dietas é um entrave. Além da alta quantidade de proteína que deve ser adicionada, há o problema da aceitação da dieta inerte.

Recomenda-se, para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) uma dieta com percentual de 52% de farinha de peixe e de 40% de proteína bruta total (Pedreira et al., 2008). Para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a recomendação de proteína é de no mínimo 29%, para garantir uma boa produção (NRC, 2011).

Alimentar peixes com dietas contendo energia prontamente disponível e altamente digestível pode condicionar o efeito poupador de proteína, diminuindo a excreção de compostos nitrogenados (McGoogan e Gatlin III, 2000). Peixes em geral têm a capacidade de estocar grandes quantidades de glicogênio no fígado, sendo esta variação energética evidenciada de maneira significativa no seu peso, através da relação hepatossomática (Hoar e Randall, 1971).

A obtenção de um manejo alimentar adequado de uma espécie depende de um conjunto de fatores que influenciam a ingestão dos alimentos, tais como: quantidade e qualidade do alimento, tamanho, textura, cor, propriedades organolépticas, temperatura da água, oxigênio dissolvido, horário de arraçoamento, sistema de criação, teor de proteína e energia da ração (Simpson e Raubenheimer, 2001).

Dentre os ingredientes protéicos utilizados na alimentação animal cabe destaque à farinha de peixe e farelo de soja, discutidos a seguir.

2.4 Farinha de peixe e farelo de soja

A farinha de peixe é considerada alimento padrão na criação de animais aquáticos, sendo a fonte de proteína mais utilizada. Apresenta cerca de 62 a 72% proteína bruta e 1,67 a 4,21% de fósforo disponível (NRC, 2011), além de possuir ótimo perfil aminoacídico. Destaca-se também os conteúdos de vitaminas lipo e hidrossolúveis, quantidades elevadas de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e minerais presentes neste ingrediente (Masumoto et al., 1996).

A farinha e o óleo de peixe são produzidos a partir de peixes inteiro (cerca de 75%) e de subprodutos do processamento de pescado para consumo humano (cerca de 25%). A maioria dos peixes inteiros usados nesta fabricação são pequenos pelágicos, como anchovas e sardinhas (Tacon et al., 2011).

De acordo com IFFO (2012) para que a farinha de peixe seja de boa qualidade, é necessário seguir alguns requisitos para sua produção: 1) Matéria-prima fresca e bem acondicionada, minimizando ao máximo o tempo entre captura e processamento, evitando assim perda no valor nutricional devido à deterioração; 2) Temperatura de processamento, onde o cozimento e secagem devem ser feitos a 90°C ou menos, evitando alterações no perfil nutricional por quebra de compostos termolábeis, como vitaminas, além de eliminar patógenos e melhorar a digestibilidade; 3) Estabilidade dos ácidos graxos, sendo necessária a adição algum antioxidante à farinha de peixe, como a etoxiquina, para que não haja perda por rancificação dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, principalmente os conhecidos ômega-3 (EPA - ácido eicosapentaenoico e DHA - ácido docosaetanoico). 4) Manejo sanitário adequado nos barcos de pesca, no transporte, poços, fábrica, etc., a fim de minimizar possíveis contaminações do produto por *Salmonella sp.*, *Vibrium Cholerae* e/ou *Shigella sp.*; 5) Atender a todos os requisitos legais para teor de contaminantes, sendo isenta da presença de patógenos e micotoxinas/toxinas naturais; 6) Pureza adequada, não sendo permitido o processamento de outros tipos de animais, como aves ou mamíferos nas fábricas que manipulam apenas peixes ou outros animais marinhos. Testes sensíveis estão disponíveis para garantir que não haja contaminação durante a cadeia de manuseio.

Rações para animais fabricadas de acordo com procedimento sanitários corretos são essenciais para a saúde não apenas de animais, mas também humana.

As perspectivas de aumento da produção de farinha de peixe e óleo de peixe são muito limitadas, já que a maioria dos fornecedores agora destina seu produto ao consumo humano. Há também uma preocupação ambiental quanto à pesca por arrasto, que acaba capturando espécies não comerciais e em risco de extinção (Tacon et al., 2011).

Além dos fatores descritos para a diminuição no fornecimento de peixes para produção de farinha/óleo, quando ocorre o fenômeno meteorológico El Niño, há uma diminuição significativa na produtividade da pesca devido ao aumento das temperaturas aquáticas que desviam a rota dos cardumes. Com o baixo fornecimento de animais para a fabricação de farinha/óleo de peixe, há o aumento no preço do produto, onerando toda a cadeia produtiva.

Em 1992, a aquicultura consumiu de 15 a 20% da produção global de farinha de peixe e óleo de peixe, respectivamente (Tacon, 2005). Já em 2006, o consumo atingiu valores de 68% da produção disponível de farinha de peixe e 89% de óleo de peixe. Tal aumento gera a necessidade de se buscar fontes proteicas alternativas, a fim de diminuir o alto custo das dietas e driblar a possível escassez desse ingrediente num futuro próximo (Tacon e Metian, 2008).

Estudos vêm sendo realizados na tentativa de se achar um substituto que garanta uma produção satisfatória e com um custo mais baixo, como os de origem vegetal, dando destaque ao farelo de soja.

Substituir ingredientes de origem animal por ingredientes de origem vegetal é uma prática consolidada. Porém, os resultados variam conforme a espécie, condições ambientais e sistema de produção, e nem sempre garante melhor desempenho (Tantikitti et al., 2005).

Fontes de proteína de origem vegetal geralmente apresentam menor digestibilidade, são deficientes em aminoácidos, principalmente os sulfurados (metionina e lisina), além de poderem apresentar fatores antinutricionais que afetam o aproveitamento de nutrientes pelos animais, como por exemplo, inibidores de protease, taninos e lecitina; fatores que afetam o uso de minerais (fitatos, gossipol, oxalatos e glucosinolatos); antivitaminas; além de outras toxinas como micotoxinas, alcalóides, saponinas, nitrato e fitoestrógenos (NRC, 2011). Alguns desses fatores antinutricionais são termolábeis, sendo eliminados ou inibidos após tratamento térmico, a exemplo dos inibidores proteolíticos.

De acordo com Tacon et al. (2011), o papel do fósforo de origem vegetal é muitas vezes visto de forma negativa no que se diz respeito à nutrição de animais carnívoros. Em sementes de angiospermas, o elemento fósforo é encontrado na forma de ácido fítico que não pode ser digerido por animais monogástrico.

Cerca de 358 espécies de peixes são cultivados atualmente. Dessas, pelo menos 54 foram testadas com dietas baseadas em soja, destacando-se a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e salmão do atlântico (*Salmo salar*) (IFFO, 2012).

O farelo de soja contém 44 a 50% de proteína e 0,28 a 0,69% de fósforo disponível (NRC, 2011), sendo a fonte de proteína vegetal que até o momento mereceu mais atenção e esforços de pesquisa, pois é o substituto mais viável da farinha de peixe, em razão de seu menor custo e bom valor nutricional (Butolo, 2002).

As deficiências de aminoácidos do farelo de soja podem ser corrigidas com a inclusão de aminoácidos sintéticos nas dietas. Os aminoácidos sintéticos são prontamente disponíveis e rapidamente absorvidos, podendo alcançar picos plasmáticos logo após sua ingestão e, por conseguinte, aumentar a excreção de nitrogênio. Assim, a suplementação de aminoácidos sintéticos na dieta exige um parcelamento cuidadoso do alimento oferecido aos peixes ao longo do dia, para estabilizar a concentração plasmática e otimizar a utilização destes aminoácidos (El-Saidy e Gaber, 2002).

Os fatores antinutricionais presentes na soja podem alterar a morfologia intestinal de peixes, principalmente carnívoros. Refstie et al. (2000), testaram dietas com farelo de soja em substituição a farinha de peixe para salmão e truta e observaram que os peixes alimentados com farelo de soja exibiram alterações morfológicas no intestino distal, apresentando aspecto inflamatório.

Desempenho de crescimento reduzido em peixes alimentados com dietas contendo soja pode ser atribuído a vários fatores como a redução da biodisponibilidade de minerais e de baixa digestibilidade da proteína. Os danos causados pelo fitato na região dos cecos pilóricos do intestino resultam na redução da absorção de nutrientes (Sajjadi e Carter, 2004).

Desta forma, o conhecimento do aproveitamento dos ingredientes e nutrientes de origem vegetal e animal pelas diferentes espécies de peixes são fundamentais para a formulação de dietas ambientalmente corretas e economicamente viáveis.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar parâmetros de desempenho, hematológicos e morfometria da mucosa intestinal de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), submetidos a dietas formuladas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja, como fonte proteica na ração.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar a influência dos níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na ração, sobre:

- variáveis de desempenho: ganho de peso (GP), consumo e eficiência proteica (EP);
- índice hepatossomático (IHS) e tamanho das vilosidades intestinais (VI/ μm);
- composição química corporal: matéria seca (MS%); proteína bruta (PB%); extrato etéreo (EE%); cinzas ou matéria mineral (MM%).
- variáveis sanguíneas: proteína total; glicose; contagem de hematócrito, e dosagens de alanina transaminase (ALT) e aspartato transaminase (AST).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura (LAQUA) da Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte, MG, com duração de 75 dias, sendo cinco dias de adaptação e 70 dias de fornecimento das dietas experimentais. Os índices de desempenho foram realizados aos 50 dias de experimento, já as variáveis sanguíneas, enzimáticas, histomorfológicas e bromatológicas foram feitas em animais submetidos a 70 dias de experimento.

O ensaio experimental foi realizado em sistema de recirculação de água, utilizando-se 30 caixas de fibra de vidro, com capacidade total de 100L cada. As caixas foram cobertas por tela para evitar possíveis perdas de animais. O sistema era composto por filtro mecânico e biológico e controle de temperatura, com precisão de duas casas decimais. A aeração foi fornecida a cada tanque com pedra de ar para manter o oxigênio dissolvido durante todo o experimento. O fluxo de renovação da água foi constante durante todo o período experimental. A temperatura foi monitorada diariamente, duas vezes ao dia, às 08:00 e às 16:00 horas, com termômetro (TIC – 17S, Easyware), acoplado a um controlador de temperatura (LC1 – D80, Telemecanique), do próprio sistema de recirculação do laboratório. O monitoramento do pH e do oxigênio foi realizado semanalmente, com sonda multiparamétrica portátil (YSI, 6920B2).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (0, 25, 50, 75 e 100% de inclusão de farelo de soja em substituição à farinha de peixe, sendo denominadas dietas 1, 2, 3, 4 e 5) e seis repetições, totalizando 30 parcelas. Os animais foram separados em três categorias (P, M e G) de acordo com seu peso.

Foram utilizados 200 juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), sendo 70 animais (classificados na categoria P) com peso médio inicial de $73,00 \pm 0,75$ g/animal, 70 animais (classificados na categoria M) com peso médio inicial de $106,38 \pm 3,75$ g/animal e 60 animais (classificados na categoria G) com peso médio inicial de $184,09 \pm 9,31$ g/animal. Os animais foram separados por categoria, pois no período pré-experimento houve uma grande mortalidade dos animais, com alto índice de canibalismo, deixando o lote com nº insuficiente de animais com mesmas características fisionômicas para a experimentação.

As dietas foram extrusadas em pellets de 4-5 mm de diâmetro, na unidade de processamento de dietas experimentais do LAQUA/UFMG e armazenadas em câmara fria, a 0°C, durante o período experimental até o momento da utilização. A Tabela 3 ilustra a composição das dietas experimentais.

Tabela 3. Composição das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de Substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
	0%	10%	20%	30%	40%
Farelo de soja	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
Farelo de trigo	18,40	14,25	10,00	3,05	0,30
Farelo de glúten de milho 60%	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Quirera de arroz	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Farinha de Carne e Ossos 55%	10,00	10,00	10,00	10,00	11,50
Farinha de Salmão	26,0	19,75	13,50	7,90	0,00
Farinha de Vísceras	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Óleo de soja	2,75	3,70	4,70	6,33	7,60
Fosfato Bicálcio	0,70	1,71	2,72	3,62	1,51
Inerte	3,08	1,51	0,00	0,00	0,00
DL-Metionina	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Lisina HCL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
¹ Suplemento vitamínico e mineral	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal Comum	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Total	100	100	100	100	100
Composição aproximada de nutrientes²					
PB* (%)	39,42	39,72	39,56	39,80	39,70
EE* (%)	14,24	16,00	16,98	15,83	17,12
³ FB* (%)	2,32	2,63	2,94	2,09	3,48
Composição aproximada de aminoácidos presentes nos ingredientes⁴					
Lisina (%)	3,18	2,39	2,20	2,04	1,77
Metionina (%)	1,22	1,09	0,95	0,82	0,65
Treonina (%)	1,73	1,63	1,53	1,44	1,30

*PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo. FB = fibra bruta

¹ Níveis de garantia do Complexo Vitamínico e Mineral: Ácido fólico (Min) 2500 mg/kg, Ácido pantotênico (Min) 3750 mg/kg, BHT (Min) 2500 mg/kg, Biotina (Min) 125 mg/kg, Zinco (Min) 20 g/kg, Cobre (Min) 2000 mg/kg, Colina (Min) 125 g/kg, Ferro (Min) 15 g/kg, Iodo (Min) 125 mg/kg, Vit K3 (Min) 1000 mg/kg, Manganês (Min) 3700 mg/kg, Niacina (Min) 7800 mg/kg, Selênio (Min) 75 mg/kg, Vit A (Min) 2.000.000 UI/kg, Vit E (Min) 15000 UI/kg, Vit B1 (Min) 2500 mg/kg, Vit B12 (Min) 5000 mg/kg, Vit B2 (Min) 2500 mg/kg, Vit B6 (Min) 2000 mg/kg, Vit D3 (Min) 500.000 UI/kg, Etoxiqum (Min) 2500 mg/kg.

² Dados da composição química analisada da dieta na matéria seca; valores analisados em laboratório.

^{3,4} Valores calculados de acordo com NRC (2011).

No período de adaptação, os animais receberam a mistura do refugo de todas as dietas experimentais, três vezes ao dia. Após este período, 10 animais de cada categoria foram retirados das instalações, insensibilizados em gelo fundente, abatidos e congelados em freezer para posterior análise de carcaça.

A Tabela 4 demonstra a composição da carcaça dos animais, antes do fornecimento das dietas experimentais.

Tabela 4. Composição inicial de carcaças de juvenis de pacamã (*L. alexandri*)

Categoria	*MS (%)	*PB (%)	*EE (%)	*MM (%)
P	24,25±1,46	56,13±3,53	29,40±2,31	12,62±0,89
M	24,25±1,75	54,86±3,19	30,47±2,72	11,32±0,81
G	25,97±4,33	54,29±7,12	36,23±5,29	8,34±1,36

*MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral. Valores analisados em laboratório.

A utilização dos animais foi autorizada pela CEUA (Comissão de Ética e Uso Animal) de acordo com o protocolo de nº 71/2011.

Após a adaptação, os animais passaram a ser alimentados com as dietas experimentais, à vontade, por 70 dias, três vezes ao dia (08:00, 12:00 e às 16:00 horas). A quantidade fornecida foi padronizada diariamente, conforme a saciedade dos peixes. Depois de cada alimentação, as sobras foram coletadas com auxílio de peneiras. A ração decantada foi sifonada e adicionada às sobras. As sobras foram pesadas para posterior análise de desempenho.

Ao final do experimento, quatro animais de cada caixa foram amostrados. Os peixes foram submetidos a oito horas de jejum (com diferença de 1 hora entre os tratamentos, na ordem crescente de substituição, na tentativa de reduzir possíveis discrepâncias nos resultados das amostras). Eles foram insensibilizados em gelo fundente, abatidos por secção medular e eviscerados. O fígado foi separado e pesado para determinação do índice hepatossomático.

Retirou-se aproximadamente dois centímetros da porção anterior do intestino médio, para análise da morfometria da mucosa intestinal. Este material foi preservado em solução de formol (10%), até o momento da realização das análises. As amostras foram abertas longitudinalmente, lavadas com solução salina, fixadas em solução de “Bouin” por 6 horas, desidratadas em série ascendente de álcool, diafanizadas em xilol, e incluídas em parafina para obtenção de cortes histológicos semisseriados. Foram realizados cortes de sete µm de espessura, corados posteriormente pelo método de hematoxilina-eosina.

As amostras de carcaça foram submetidas a análises de matéria seca (MS), cinzas (MM), extrato etéreo (EE), de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2011). As análises de proteína bruta (PB) foram realizadas de acordo com a metodologia de Kjeldahl.

As variáveis de desempenho eficiência proteica (EP), ganho de peso (GP) e o índice hepatossomático (IHS), foram contabilizadas de acordo com os seguintes cálculos:

EP = ganho de peso/proteína bruta ingerida;

GP = peso final – peso inicial;

IHS = (peso do fígado/peso do peixe) x 100.

Os dados obtidos foram analisados com auxílio software INFOSTAT. As médias, quando paramétricas, foram comparadas pelo teste de probabilidades de Tukey a 5% de significância, e ao teste de Kruskal-Wallis, também a 5% de significância, quando não paramétricas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura se manteve estável durante todo o período experimental, apresentando valor médio de $28,93 \pm 0,36^\circ\text{C}$. O mesmo aconteceu com os valores de pH e oxigênio dissolvido, cujos valores médios foram de $7,40 \pm 0,14$ e $6,13 \pm 0,50$ mg/L, respectivamente. Tal fato já era esperado, já que o experimento foi conduzido em laboratório de recirculação fechada de água. Todos os valores estão dentro da faixa ideal para peixes tropicais, segundo Zweig et al. (1999). A sobrevivência foi de 100% para todos os tratamentos. Os animais passaram bastante tempo em fase de domesticação, no mesmo ambiente em que foi montado o experimento, o que provavelmente contribuiu para a ausência de mortes durante todo o período experimental.

Todas as dietas formuladas foram isoproteicas ($\approx 39\%$ Proteína Bruta). Para garantia que não houvesse falta de aminoácidos essenciais nas dietas, foi adicionado L-Lisina HCL e DL-Metionina, na mesma proporção (1,0 % e 0,5% do peso total da ração, respectivamente) em todas. Dentre os aminoácidos essenciais pesquisados na alimentação de espécies aquáticas de cultivo, lisina e metionina se destacam como limitantes na maioria das espécies (Jackson, 2012).

Entre as variáveis de ganho de peso (GP) total, médio/animal e diário/animal, duas demonstraram diferença significativa ($P > 0,05$). Ganho de peso médio/animal, ganho de peso diário/animal, ambos do período de 0-20 dias, são diferentes estatisticamente ($P > 0,05$) entre as categorias P e G, apenas para dieta 1. No período de 21-50 dias, não foi observado diferença significativa ($P > 0,05$) entre os animais testados.

Durante o experimento foi observado menor consumo da categoria P do tratamento que recebeu a dieta 1 (0% substituição de farinha de peixe por farelo de soja), nas duas primeiras semanas experimentais. O motivo pelo qual os animais não receberam bem essa dieta não foi elucidado.

As variáveis consumo total(g) e consumo médio/animal(g) apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) sendo maior em animais da categoria G. Menores valores são encontrados no consumo total(g) e consumo médio/animal(g) pela categoria P dos animais que receberam as dietas 1 e 2, as quais possuíam maior quantidade de farinha de peixe em sua composição. Era esperado que as dietas contendo maior nível de farinha de peixe fossem mais consumidas pelos animais devido a sua palatabilidade.

Os índices de desempenho eficiência proteico (EP %) e tamanho das vilosidades intestinais ($\text{VI}/\mu\text{m}$) não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$), mostrando que os tratamentos não alteraram a síntese de tecido, nem absorção de nutrientes. Essas evidências

são corroboradas pela ausência de diferença no ganho de peso total entre os peixes testados na presente pesquisa. Já o índice hepatossomático (IHS) apresentou diferença estatística ($P > 0,05$) entre as categorias G (menor valor) e M (maior valor) dos tratamentos que receberam as dietas 2 e 5, respectivamente. Observa-se, para esse índice, que todos os peixes pertencentes à categoria G, independente de tratamento, obtiveram valores mais baixos quando comparados às outras categorias. Não houve evidências de que as dietas testadas tenham influenciado diretamente os valores obtidos para esse índice.

Sabe-se que o fígado é um órgão importante no que diz respeito ao metabolismo do nitrogênio e também produz vários metabólitos ligados a digestão. Esta produção parece estar em maior custo metabólico quando a dieta contém apenas proteínas de origem vegetal (Vilhelmsson et al., 2004). A implicação dessa afirmação é que essas dietas levam as células do fígado a terem uma hiperplasia, causada pela presença de amido digestível, especialmente para amidos simples. Esses açúcares podem estimular a atividade do fígado para uma produção maior de metabólitos, tais como glicogênio, que pode levar ao crescimento desse órgão, principalmente em espécies carnívoras (De Francesco et al., 2004). A desintoxicação do organismo também causa uma hipertrofia/hiperplasia dos hepatócitos, levando a um aumento nos valores do índice hepatossomático (Goede e Barton, 1990).

Vários estudos demonstram que peixes carnívoros toleram algum grau de substituição de farinha de peixe por proteína de soja. Verificou-se que 20-50% da proteína da farinha de peixe poderia ser substituído nas dietas de dourada *Sparus aurata* L. (Kissil et al., 2000); red seabream *Pagrus major* (Takagi et al., 2001); falso alabote japonês *Paralichthys olivaceus* (Deng et al., 2006); sem interferência no ganho de peso. As substituições de farinha de peixe por proteínas de soja em níveis mais elevados (75-94%), apresentam resultados satisfatórios para pós-larvas linguado senegalês *Solea senegalensis* (Aragão et al., 2003) e juvenis de bijupirá *Rachycentron canadum* (Salze et al., 2010).

Utilizando bijupirá (*Rachycentron canadum*) Lunger et al. (2007), observaram que 40% de proteína da farinha de peixe pode ser substituída por diferentes fontes proteicas vegetais (levedura, farelo de soja, proteína de soja isolada, ou farinha de semente de cânhamo), sem afetar negativamente o desempenho. Takagi et al. (2000) constataram que 50% de proteína da farinha de peixe pode ser substituída por farelo de soja para sea bream (*Sparus aurata*) sem efeito deletério no ganho de peso.

Uma substituição de até 80% de farinha de peixe por proteína de soja não mostrou efeitos adversos sobre o crescimento de salmão do atlântico *Salmo salar* L. (Espe et al., 2006);

Em contraponto, Francis et al., (2001); Hemre et al., (2003); Opstvedt et al., (2003); encontraram baixo crescimento de salmonídeos alimentados com dietas contendo altos níveis de inclusão de proteínas de origem vegetal. Os autores associam esse fato ao aumento nos níveis de carboidratos, menor palatabilidade, presença de fatores antinutricionais e perfil aminoacídico insatisfatório.

Kader et al. (2012), substituindo farinha de peixe por farelo de soja+atrativos para red sea bream (*Pagrus major*), observaram maior ganho de peso em dietas onde houve uma mistura de farinha de peixe com farelo de soja, mas não apresentou diferença

estatística para o índice hepatossomático entre os tratamentos. De acordo com Khan et al. (2003), ingredientes vegetais combinados à farinha de peixe garantem uma ótima taxa de crescimento, devido a combinação aminoacídica entre os dois ingredientes.

Song et al. (2014), substituindo farinha de peixe por proteína hidrolisada de soja para linguado (*Platichthys stellatus*), encontraram diferença estatística entre os valores de eficiência protéica em animais que receberam dietas com maiores níveis de inclusão do ingrediente vegetal. O contrário ocorreu com o índice hepatossomático, se mostrando maior na dieta controle. Não houve alteração no ganho de peso e na composição da carcaça dos animais testados. Como conclusão, os autores afirmam que uma substituição de até 70% pode ser feita para esses animais sem afetar o desempenho.

Imanpoor e Bagheri (2011), testando dietas contendo farelo de soja suplementado ou não com fósforo, magnésio e fitase para esturjão persa (*Acipenser persicus*), observaram diferença significativa no ganho de peso, taxa de crescimento e índice hepatossomático. Os autores afirmam que os animais aproveitaram de forma mais eficiente à dieta contendo farinha de peixe como fonte de proteína.

Fernandes et al. (2001), testando três níveis de proteína bruta (18, 22 e 26%) e três níveis de substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja (0, 50 e 100%), para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), não observaram diferença no consumo pelos animais entre os níveis proteicos, nem em relação aos ingredientes testados.

Pratoomyot et al. (2010), substituindo farinha de peixe por uma mistura protéica vegetal (farelo de girassol, glúten de milho e proteína concentrada de soja) para juvenis de salmão do atlântico (*Salmo salar*) em dois períodos diferentes (0-8 semanas e 8-19 semanas), observaram diferença estatística no ganho de peso. Eles não encontraram diferenças significativas para o IHS dos animais testados. Já para a eficiência protéica, os autores acharam diferença significativa apenas para o 1º período de experimentação. Segundo eles, os salmonídeos possuem baixa capacidade para utilização de carboidratos, fazendo com que as dietas com maior volume de ingredientes vegetais não demonstrassem um efeito positivo para esse índice. Esses autores constataram que após as 8 semanas de experimentação houve uma adaptação metabólica aos ingredientes testados, não havendo alterações na composição da carcaça desses animais.

De acordo com Lee et al. (2012), a proteína da soja pode beneficiar do crescimento celular intestinal através da modulação de fatores-chave nas vias de sinalização e de transdução.

Phumee et al. (2011), afirmam que o baixo consumo de ração é diretamente proporcional ao consumo de proteína, o que por sua vez afeta a taxa de crescimento. Portanto, além da composição de aminoácidos, a palatabilidade também deve ser considerada durante a formulação da ração. Este fato não foi evidenciado no presente experimento, pois, apesar do menor consumo encontrado para animais da categoria P, o ganho de peso total(g) dos animais testados não foi divergente entre categorias e tratamentos, evidenciando ganho de peso compensatório desses animais no segundo período de experimentação.

O menor ganho de peso e crescimento encontrados na administração de dietas com inclusão de farelo de soja pode ser atribuído a vários fatores como redução da

biodisponibilidade mineral, baixa digestibilidade da proteína e dano causado por fitato na região do ceco pilórico (Sajjadi e Carter, 2004). Excesso de proteína vegetal na dieta pode resultar em saturação dos transportadores no lúmen intestinal devido ao rápido influxo de peptídios e alto nível de aminoácidos livres, causando uma aceleração da oxidação desses aminoácidos e aumentando sua excreção endógena. Esses mecanismos podem levar a um balanço negativo do nitrogênio, refletindo no baixo crescimento celular (Zhang et al., 2002).

Na inclusão de ingredientes vegetais em dietas para organismos aquáticos, o cuidado com os fatores antinutricionais é imprescindível. Alguns desses fatores, tais como as lectinas e glicinina encontrado em soja integral, são capazes de se ligar extensivamente na superfície da borda em escova do intestino delgado de salmonídeos, causando reações patológicas (Francis et al, 2001).

Van Den Ingh et al. (1991) observaram efeitos deletérios na mucosa da parte distal do intestino delgado em salmões quando estes eram alimentados com farelo de soja cru. Os efeitos foram caracterizados pelo incremento de células caliciformes, marcando um decréscimo nos vacúolos absorptivos dos enterócitos e aumento da celuridade na lâmina própria, possivelmente causados pelos fatores antinutricionais presentes nesse ingrediente, como inibidores de proteases e lecitina. Iwashita et al. (2009), mostraram que as saponinas de soja em combinação com lectina causam histologia anormal na parte distal do intestino delgado em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*).

Chen et al. (2011), encontraram diferença para o teor de lipídios na carcaça de juvenis de falso abalote japonês (*Paralichthys olivaceus*) em dietas ricas em saponina de soja. De acordo com Twibell e Wilson (2004), peixes carnívoros juvenis são mais sensíveis às saponinas da soja que espécimes adultos.

Escaffre et al. (2007), experimentando a substituição de farinha de peixe por proteína concentrada de soja para trutas (*Oncorhynchus mykiss*), não observaram diferença na morfologia intestinal dos animais. Entretanto, o ganho de peso e o índice hepatossomático foram maiores para o grupo alimentado com proteína animal.

Apesar da diferença estatística encontrada em alguns parâmetros de desempenho testados, os dados coletados no presente estudo não demonstram objeção quanto à substituição completa da farinha de peixe por farelo de soja para de juvenis de pacamã (*L. alexandri*).

Abaixo estão expostas as tabelas com valores encontrados nesse estudo, referentes às variáveis GP médio(g), GP diário/animal(g), GP total(g) para os períodos de 0-20 dias e 21-50 dias (Tabela 5); consumo total(g) e consumo médio(g) (Tabela 6); eficiência proteica, índice hepatossomático e tamanho das vilosidades intestinais (VI/ μm) (Tabela 7).

Tabela 5. Ganho de peso total(g), ganho de peso médio/ animal(g) e ganho de peso diário/animal(g) de juvenis de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta

Variáveis	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
GP total(g) (0-20 dias)	P	77,10±46,67	100,75±73,75	137,45±37,55	158,35±81,95	170,00±37,90
	M	276,65±35,99	247,45±61,45	276,65±38,54	286,64±143,06	261,60±10,89
	G	375,22±8,99	275,44±140,29	300,87±127,75	336,06±7,97	311,13±123,43
GP médio/animal(g) (0-20 dias)	P	11,01±6,67 ^B	14,39±10,54 ^{AB}	19,64±5,36 ^{AB}	22,62±11,71 ^{AB}	24,29±5,41 ^{AB}
	M	38,28±5,14 ^{AB}	35,35±8,78 ^{AB}	39,52±5,51 ^{AB}	40,95±20,44 ^{AB}	37,37±1,56 ^{AB}
	G	62,54±1,50 ^A	45,91±23,38 ^{AB}	45,91±21,29 ^{AB}	56,01±1,33 ^{AB}	51,85±20,57 ^{AB}
GP diário/animal(g) (0-20 dias)	P	0,08±0,05 ^B	0,10±0,08 ^{AB}	0,14±0,04 ^{AB}	0,16±0,08 ^{AB}	0,15±0,01 ^{AB}
	M	0,27±0,04 ^{AB}	0,25±0,06 ^{AB}	0,28±0,04 ^{AB}	0,29±0,15 ^{AB}	0,27±0,01 ^{AB}
	G	0,52±0,01 ^A	0,49±0,04 ^{AB}	0,42±0,18 ^{AB}	0,47±0,01 ^{AB}	0,43±0,17 ^{AB}
GP total(g) (21-50 dias)	P	220,55±77,85	286,85±197,78	378,90±13,29	298,70±74,10	340,80±2,55
	M	410,40±80,47	435,25±102,04	441,00±79,62	455,95±45,47	443,05±39,39
	G	421,00±15,70	251,95±312,89	410,40±68,80	506,45±26,38	472,55±3,32
GP médio/animal(g) (21-50 dias)	P	31,51±11,12	40,98±28,25	54,13±1,90	42,67±10,59	48,69±0,36
	M	58,63±11,50	62,18±14,58	63,00±11,37	65,14±6,50	63,29±5,63
	G	70,17±2,62	41,99±52,15	68,34±11,47	84,41±4,40	78,76±0,55
GP diário/animal(g) (21-50 dias)	P	0,16±0,05	0,20±0,14	0,27±0,01	0,21±0,05	0,17±0,10
	M	0,42±0,06	0,44±0,07	0,45±0,06	0,47±0,03	0,45±0,03
	G	0,58±0,02	0,64±0,01	0,57±0,07	0,70±0,03	0,66±0,01

Médias seguidas por letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 6. Consumo total(g) e Consumo médio/animal(g) de juvenis de pacamã alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja

Variáveis	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
Consumo total(g)	P	613,50±135,15 ^C	622,80±89,69 ^C	708,20±16,82 ^{ABC}	747,40±86,70 ^{ABC}	667,91±45,24 ^{BC}
	M	914,88±28,78 ^{ABC}	868,64±59,59 ^{ABC}	836,07±56,64 ^{ABC}	880,23±103,7 ^{ABC}	859,71±3,68 ^{ABC}
	G	1021,44±86,73 ^A	982,41±73,55 ^{AB}	839,80±61,42 ^{ABC}	946,88±6,10 ^{AB}	926,51±151,79 ^{ABC}
Consumo médio/animal(g)	P	87,64±19,31 ^E	88,97±12,81 ^E	101,17±2,40 ^{DE}	106,77±12,39 ^{CDE}	95,42±6,46 ^{DE}
	M	130,70±4,11 ^{ABCDE}	124,09±8,51 ^{ABCDE}	119,44±8,09 ^{BCDE}	125,75±14,81 ^{ABCDE}	122,82±0,53 ^{ABCDE}
	G	170,24±14,46 ^A	163,73±12,26 ^{AB}	139,97±10,24 ^{ABCD}	157,81±1,02 ^{AB}	154,42±25,30 ^{ABC}

Médias seguidas por letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 7. Eficiência proteica (EP), índice hepatossomático (IHS) e tamanho das vilosidades intestinais (VI - µm) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta

Variáveis	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
EP	P	7,55±3,16	9,76±3,12	13,05±1,29	11,48±0,20	12,87±1,02
	M	17,21±1,13	17,19±1,02	18,14±1,04	18,66±4,74	17,75±1,27
	G	20,20±0,17	13,28±11,41	17,97±1,49	21,17±0,46	19,74±3,19
IHS	P	1,28±0,37 ^{AB}	1,18±0,12 ^{ABC}	1,27±0,22 ^{AB}	1,05±0,13 ^{ABC}	1,32±0,33 ^{AB}
	M	1,15±0,21 ^{ABC}	1,14±0,14 ^{ABC}	1,09±0,20 ^{ABC}	1,22±0,16 ^{ABC}	1,36±0,16 ^A
	G	1,01±0,19 ^{BC}	0,92±0,14 ^C	1,00±0,08 ^{BC}	0,99±0,17 ^{BC}	1,16±0,08 ^{ABC}
VI (µm)	P	520,13±105,58	454,71±211,70	502,48±225,35	525,63±223,93	589,86±86,71
	M	505,46±220,84	517,38±221,61	374,33±314,03	590,25±258,03	472,58±295,33
	G	573,54±256,20	428,88±282,27	420,08±351,63	528,92±243,59	740,87±225,94

Médias seguidas de letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P>0,05).

Informações sobre a composição da carcaça dos animais servem para a criação de modelos alimentares objetivando a melhoria no desempenho animal. Na composição da carcaça, a variável teor de matéria seca% apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre as categorias P e G para animais que receberam a dieta 1 e entre as categorias M e G para animais que receberam a dieta 5. A categoria G apresentou maior nível de acúmulo de água na carcaça para ambos os casos. Em relação às variáveis proteína bruta% e matéria mineral%, apenas se diferenciaram estatisticamente ($P>0,05$) animais da categoria G do tratamento que recebeu a dieta 5. Animais da categoria G e M alimentados com a dieta 3 (50% de substituição de farinha de peixe por farelo de soja) apresentaram valores mais altos para teor extrato etéreo%, bem como os animais da categoria M alimentados com as dieta 1.

Menores valores para todos os parâmetros são encontrados para a categoria G que recebeu a dieta 5, dando destaque ao teor de proteína bruta%, muito inferior às demais categorias e tratamentos. Os animais eram bastante diferentes quanto ao tamanho, podendo apresentar diferenças na velocidade e capacidade do metabolismo na deposição de matéria na carcaça. Esses resultados estão explícitos na Tabela 8.

Tabela 8. Teores médios de matéria seca (MS em %), proteína bruta (PB em %), extrato etéreo (EE em %) e matéria mineral (MM em %) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta

Variáveis	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
MS	P	27,58±1,84 ^{AB}	29,82±1,49 ^A	29,11±1,04 ^A	27,76±1,61 ^{AB}	27,51±1,32 ^{AB}
	M	27,49±2,62 ^{AB}	28,24±1,34 ^A	28,47±2,13 ^A	27,18±1,16 ^{AB}	27,89±1,51 ^A
	G	19,15±3,65 ^C	28,02±1,38 ^A	28,05±0,65 ^A	27,94±2,65 ^A	21,06±13,33 ^{BC}
PB	P	62,74±7,03 ^A	58,45±2,02 ^A	56,49±4,15 ^A	56,66±2,64 ^A	55,93±1,84 ^A
	M	56,42±1,55 ^A	59,38±1,90 ^A	56,54±2,48 ^A	56,25±2,19 ^A	52,38±7,89 ^{AB}
	G	58,24±2,28 ^A	55,07±5,73 ^A	56,65±1,32 ^A	57,86±1,18 ^A	40,60±25,11 ^B
EE	P	30,55±1,73 ^{AB}	20,08±3,00 ^{AB}	32,62±2,09 ^A	29,28±2,73 ^{AB}	28,33±2,04 ^{AB}
	M	32,48±2,11 ^A	29,58±3,14 ^{AB}	34,24±3,53 ^A	27,40±3,34 ^{AB}	28,75±1,50 ^{AB}
	G	31,67±7,76 ^A	33,89±1,26 ^A	33,26±2,20 ^A	26,54±0,94 ^{AB}	23,09±14,29 ^B
MM	P	9,08±1,44 ^A	10,12±0,87 ^A	9,72±0,91 ^A	9,28±0,40 ^A	8,31±0,83 ^{AB}
	M	8,74±0,90 ^A	9,60±0,71 ^A	8,85±0,93 ^A	9,37±0,98 ^A	8,08±0,55 ^{AB}
	G	8,09±0,68 ^{AB}	8,73±1,10 ^A	8,90±0,60 ^A	9,06±0,57 ^A	6,11±3,88 ^B

Médias seguidas de letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Relatórios sobre efeitos da proteína vegetal na dieta sobre a composição corporal dos peixes carnívoros são controversos. O crescimento do animal engloba hiperplasia, armazenamento e mobilização das reservas de energia; todos esses fenômenos podem envolver alterações na composição corporal, incluindo grandes perdas líquidas (Jobling, 2002).

Shearer (1994) concluiu que para peixes, a hiperplasia muscular é determinada pelo peso, estágio de vida, e espécie.

Johansen et al. (2002), relatam menor depósito de gordura na carcaça de salmonídeos e aumento no consumo de ração para animais alimentados com ingredientes de baixa qualidade. O aumento no consumo é uma consequência da tentativa dos animais em suprir as necessidades de manutenção. Biswas et al. (2009), afirmam que maiores valores para índice hepatossomático podem ser atribuídos à maior retenção de lípidos na carcaça dos peixes.

Quinton et al. (2007), trabalhando com european whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) alimentados com dieta contendo proteína vegetal em substituição a animal observaram aumento no crescimento nos animais que recebiam dietas com ingredientes vegetais e animais na proporção de 1:1. Os autores não encontraram diferenças na composição da carcaça entre os animais testados.

Kader et al. (2012), não encontrou diferença na composição da carcaça de red sea bream, (*Pagrus major*), testados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja. Song et al., (2014) também não encontrou diferença na composição corporal de juvenis de linguado (*Platichthys stellatus*), testando diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por proteína hidrolisada de soja.

Bicudo et al. (2012), estudando o desempenho de juvenis de cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por glúten de milho, observaram menor deposição de proteína e lipídios na carcaça à medida que o nível de glúten de milho aumentava. Os autores afirmam que essa menor deposição está associada ao teor de lisina reduzido nessas dietas, uma vez que a influência deste aminoácido na síntese de proteína está bem estabelecida.

Imanpoor e Bagheri (2011), observaram diferença no conteúdo de proteína bruta e cinzas presentes na carcaça de esturjão persa (*Acipenser persicus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de soja em substituição à farinha de peixe.

Pratoomyot et al. (2010), substituindo farinha de peixe por diferentes fontes de proteína vegetal não encontrou diferença estatística para deposição lipídica e teor de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa na carcaça de salmão do atlântico (*Salmo salar* L.). No entanto, os autores relatam a possibilidade de efeitos metabólicos derivados da inclusão de proteínas vegetais podem causar uma oxidação diferencial das gorduras e aumentar a retenção de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa. Bell et al. (2004), relatam que quando esses ácidos graxos são fornecidos em baixas concentrações, eles tendem a ser preferencialmente depositados no tecido.

Os dados obtidos nesta pesquisa demonstram um menor desempenho no acúmulo de matéria na carcaça de pacamãs (*L. alexandri*) pertencentes à categoria G do tratamento que recebeu a dieta 5. Entretanto os animais das outras categorias que também receberam essa dieta obtiveram resultados similares aos demais. Uma hipótese para tal fato é que animais de maior porte não conseguem aproveitar com eficácia dietas com alto teor de proteína vegetal por possuírem maior dificuldade na adaptação metabólica do trato gastrointestinal.

A utilização da hematologia como um parâmetro de avaliação da resposta orgânica dos peixes em estudos envolvendo a nutrição tem sido amplamente utilizada. Essa ferramenta permite importantes inferências sobre as condições de higidez dos peixes sem a necessidade do sacrifício dos animais (Guimarães, 2009). Além disso, a concentração de metabólitos plasmáticos reflete ajustes bioquímicos para alterações na composição nutricional da dieta (Vieira et al., 2005).

Valores de referência dos parâmetros hematológicos normais em peixes teleósteos não estão estabelecidos para a maioria das espécies, o que dificulta seu uso como indicador da saúde ou estresse em condições experimentais (Tavares-Dias e Moraes, 2007).

Não há relações claras entre o nível de substituição da farinha de peixe por proteínas alternativas na dieta e a deterioração dos parâmetros hematológicos em peixes cultivados (Imanpoor e Bagheri, 2011). Os principais efeitos de altas concentrações de proteína na dieta são o aumento na excreção de nitrogênio e gliconeogênese (Vieira et al., 2005).

Na presente pesquisa, apenas o hematócrito não apresentou diferença estatística ($P > 0,05$) para os animais testados. A glicemia apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre a categoria M do tratamento alimentado com a dieta 1 (mais elevada), e a categoria G do tratamento alimentado com a dieta 5.

Sabe-se que os valores de hematócrito estão ligados ao número de eritrócitos presentes no sangue. Em monogástricos os eritrócitos são importantes para o transporte de aminoácidos provenientes do fígado, sendo que a concentração de alguns aminoácidos como aspartato, glutamato, glicina, histidina e lisina, são consideravelmente menores no plasma que no interior dos eritrócitos (Seal e Parker, 2000).

Segundo Reddy e Leatherland (1998), o hematócrito pode ser um indicativo de resposta ao estresse, porém o seu uso precisa ser validado para determinadas espécies de peixes antes da sua aplicação generalizada como medida de diagnóstico. Os dados publicados sobre o efeito da concentração de soja na dieta influenciando valores de hematócrito nem sempre são coerentes. No entanto, parece que a redução significativa desse parâmetro hematológico acompanha uma redução no crescimento (Kikuc, 1999).

Imanpoor e Bagheri (2011) acharam maiores valores de hematócrito para esturjão-persa (*Acipenser persicus*) alimentados com farinha de peixe, diminuindo gradativamente à medida que se aumentava a inclusão de soja na dieta.

Tavares-Dias et al. (2009), estudando a hematologia de teleósteos brasileiros, encontraram valores de hematócrito para pirarucu (*Arapaima gigas*) variando entre 20 - 46% e para surubim híbrido (*P. fasciatum* x *P. corruncans*) 25 - 41%. Para surubim híbrido, os autores relatam ainda o valor de Proteína Plasmática Total, variando entre 4,1 - 6,8 (g/dL). Ambas as espécies são tropicais, carnívoras e de água doce, assim como o pacamã (*L. alexandri*), podendo servir de parâmetro para a avaliação dessas variáveis.

Nesta pesquisa, os níveis de hematócrito variaram de $21,38 \pm 3,46$ % (categoria M alimentada com dieta 5) a $26,50 \pm 6,48$ % (categoria P alimentada com a dieta 4) não apresentando diferença significativa ($P > 0,05$), como dito anteriormente. Tomando como base os valores relatados por Tavares-Dias et al. (2009), podemos afirmar que não houve efeitos da dieta sobre essa variável.

O nível de glicose no sangue é usado na piscicultura como um eficiente indicador de estresse, uma vez que a glicose é a principal fonte de energia utilizada pelos peixes para resistir a condições desfavoráveis. A hiperglicemia relacionada com o estresse é relatada em vários teleósteos (Brandão et al., 2005). Fatores de stress podem resultar, entre outras alterações, no estímulo para a liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) por células cromafins, que por sua vez estimulam liberação de glicose hepática através da glicogenólise (Barcellos et al., 2000). Também há evidências do envolvimento de catecolaminas na mobilização de ácidos graxos livres, fonte importante de energia para peixes, depois dos aminoácidos. (Van Der Boon et al., 1991).

Alta concentração de proteína bruta nas dietas impõe uma redução do carboidrato total e, conseqüentemente, dos níveis de açúcar nas mesmas. A gliconeogênese em peixes possui um importante papel na geração de energia a partir de aminoácidos, pois a dieta natural desses animais apresenta poucas fontes de carboidrato, sendo esta a principal via de síntese de novo de glicose em peixes carnívoros. Essa afirmação também é válida para peixes herbívoros como a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), onde o aumento da glicemia se dá junto com o incremento de lisina na dieta (Wang et al., 2005).

De acordo com Hemre et al. (2002), os níveis de carboidratos na dieta de peixe variam de tolerável a ideal. Um nível tolerável não deve prejudicar o crescimento ou resultar em aumento da mortalidade, enquanto que níveis ideais são definidos como aqueles que resultam em oxidação completa da glicose para produzir energia, poupando proteínas. Segundo os autores, peixes tropicais conseguem utilizar maiores níveis de carboidratos dietéticos se comparados com peixes de clima temperado ou marinhos.

Souza et al. (2010), analisando o perfil glicêmico de pacamã (*L. alexandri*) em um período de 24 horas, encontrou valores entre 13,67 mg/dL (12 horas após aplicação de glicose) e 244,00 mg/dL (30 minutos após a aplicação de glicose). De acordo com os autores, a curva glicêmica desta espécie apresentou maiores níveis entre 30 e 60 minutos, demonstrando uma rápida absorção do intermediário metabólico.

Neste estudo, os animais foram submetidos a um jejum de oito horas, sendo cada tratamento alimentado com uma hora de diferença (em ordem crescente de substituição). A constante movimentação na sala experimental pode ter causado interferência na alimentação dos animais, explicando os menores valores glicêmicos encontrados nos animais que receberam maior nível de farelo de soja. Tomando como base os estudos realizados por Souza et al. (2010), os animais do presente estudo apresentaram valores dentro da faixa normal da espécie.

Zhou et al. (2007), sugeriram que as alterações nos parâmetros hematológicos em juvenis de bijupirá (*Rachycentron Canadum*) alimentados com dietas isoprotéicas, porém deficientes em lisina, seriam resultado do estresse nutricional sofrido pelos peixes e não da deficiência de um aminoácido específico.

As proteínas plasmáticas são responsáveis por funções vitais como a realização de metabólitos, defesa humoral e coagulação (Tavares-Dias et al., 2009). Existe uma íntima relação entre a proteína plasmática total e metabolismo proteico com o status nutricional e proteína tecidual (Coles, 1984).

Há um equilíbrio osmótico entre os compartimentos intracelulares e extracelulares. Assim, qualquer tensão que induza um desequilíbrio pode ocasionar um aumento da proteína total plasmática (McDonald e Milligan, 1992).

Para proteína plasmática total houve diferença significativa ($P>0,05$). Os animais que receberam dieta 5 foram os que apresentaram maiores valores para variável, juntamente com as categorias G e M, que receberam dieta 3 e 4, respectivamente. O menor valor encontrado foi para categoria M testada com a dieta 1 ($3,78 \pm 0,51$ g/dL) e o maior valor foi encontrado na categoria P testada com a dieta 5 ($5,28 \pm 0,55$ g/dL). Como essa variável não apresentou distribuição normal, foi realizado o teste estatístico de Kruskal Wallis ($P>0,05$).

Segundo Kaneko (1997), animais geralmente apresentam elevação da proteína plasmática total em função da diminuição da albumina e aumento da concentração de globulinas com a idade. Barcellos et al. (2003), afirmam que a elevação da proteína total e diminuição nos valores glicêmicos, proporcionalmente ao aumento da PB da dieta, sugere possível mobilização de proteína como substrato para gliconeogênese hepática.

Zhou, et al. (2007); observaram redução na concentração de proteína plasmática total em animais de diversas espécie que receberam dietas deficientes em lisina.

Os dados obtidos por esta pesquisa demonstram capacidade do *L. Alexandri* em metabolizar proteínas de origem vegetal, tendo em vista o maior nível de proteína sérica total nos animais que receberam a dieta onde houve completa substituição de farinha de peixe por farelo de soja. Todas as categorias e tratamentos apresentaram resultados semelhantes aos encontrados por Tavares-Dias et al. (2009) para híbrido de surubim (*P. fasciatum* x *P. corruncans*) em ambiente natural, como citado anteriormente.

Os mecanismos para explicar a influência do aporte de aminoácidos dietéticos sobre os parâmetros hematológicos em peixes não estão claros, devendo ser alvo de estudos futuros (Melo et al., 2009).

Nas tabelas abaixo (Tabela 9 e Tabela 10) estão expressos os valores das variáveis hematológicas glicose (mg/dL), hematócrito (%) e proteína total (g/dL).

Tabela 9. Valores das variáveis hematológicas glicose (mg/dL) e hematócrito (%) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta

Variáveis	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
Glicose	P	33,66±29,72 ^{AB}	45,63±21,57 ^{AB}	38,63±13,56 ^{AB}	30,25±13,01 ^{AB}	26,63±17,56 ^{AB}
	M	67,00±36,91 ^A	58,00±27,21 ^{AB}	33,13±19,62 ^{AB}	35,13±12,33 ^{AB}	32,50±13,31 ^{AB}
	G	57,75±29,32 ^{AB}	52,13±33,49 ^{AB}	52,50±22,72 ^{AB}	34,63±8,16 ^{AB}	24,88±10,09 ^B
Hematócrito	P	23,25±7,30	24,38±3,74	23,00±7,73	26,50±6,48	23,00±3,66
	M	23,75±5,34	24,88±3,56	26,38±6,30	24,38±2,77	21,38±3,46
	G	22,63±3,16	24,13±5,50	23,75±3,69	25,25±4,86	22,13±3,18

Médias seguidas de letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Tabela 10. Valores da variável sanguínea proteína total (g/dL) de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta

Variável	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
Proteína	P	3,93±0,24 ^A	4,13±0,30 ^A	4,23±0,25 ^A	4,10±0,15 ^A	5,28±0,55 ^B
	M	3,78±0,51 ^A	4,13±0,21 ^{AB}	4,00±0,95 ^{AB}	4,43±0,43 ^B	4,78±0,74 ^B
Total	G	4,03±0,23 ^{AB}	3,80±0,44 ^A	4,25±0,21 ^B	4,03±0,20 ^{AB}	4,38±0,52 ^B

Médias seguidas de letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Kruskal Wallis ($P > 0,05$).

As determinações de atividades enzimáticas contribuem para estabelecer situações específicas de vias metabólicas sobre o aproveitamento dos nutrientes das dietas. Com esses dados, é possível verificar situações metabólicas indesejáveis, tais como a utilização de proteína para obtenção de energia (Melo, 2004). O metabolismo de proteínas está intrinsecamente ligado ao fígado (Kumar et al., 2010). As enzimas ALT e AST, envolvidas no catabolismo de aminoácidos, podem ser utilizadas como indicadores da função hepática (Gaylord et al., 2006).

ALT é uma enzima lisossomal presente nas células de vários tecidos, principalmente em células do fígado e dos ossos (osteoblastos) que têm participação na mineralização do esqueleto, além de executar atividades de transporte através da membrana. O aumento das concentrações de ALT no sangue pode ser resultado de um aumento na atividade dos osteoblastos e de colastase. Tal aumento também pode indicar alguma doença crônica. A AST também não é uma enzima específica do fígado, podendo estar presente em células musculares, dos rins e também nas brânquias. É comumente utilizada para avaliar o estado do fígado, pois doenças hepatocelulares podem resultar num aumento de AST no sangue (Hegazi et al., 2010).

Lenhardt et al. (1992), estudando o efeito da sazonalidade sobre os parâmetros bioquímicos do soro plasmático de uma população natural de pique (*Esox lucius*), encontrou intervalos para AST variando entre 252,0 - 583,8 UI/mL e ALT variando entre 39,5 - 91,8 UI/mL. Já Song et al. (2014), substituindo farinha de peixe por proteína de soja hidrolisada para linguado (*Platichthys stellatus*) encontraram valores de ALT variando de 20,65-15,25 UI/mL e de AST 49,05-36,60 UI/mL. De acordo com os autores, as dietas com baixo nível de inclusão de proteína de soja hidrolisada reduziu significativamente a atividades dessas enzimas, enquanto dietas com níveis moderados de inclusão desse ingrediente não teve efeitos significativos sobre as atividades enzimáticas em peixes.

Sá et al. (2008), esclareceram que a atividade dessas enzimas só é afetada quando há deficiência de proteína na dieta.

Os valores obtidos nesta pesquisa demonstram um nível muito maior dessas enzimas no plasma sanguíneo de pacamã (*L. alexandri*) alimentados com a dieta 5, formulada com substituição completa a farinha de peixe por farelo de soja. Correlacionando esses dados com os obtidos para proteína plasmática total, podemos dizer que esse fato pode ter ocorrido devido à origem vegetal dos aminoácidos na dieta, que

encontram maior dificuldade em ser metabolizados, necessitando de um aporte enzimático maior para conseguir degradá-los e assim suprir as necessidades dos animais.

A tabela 11 mostra os valores encontrados para as enzimas Aspartato transaminase (AST) e Alanina transaminase (ALT).

Tabela 11 Atividade de aspartato transaminase (AST, em UI/mL) e alanina transaminase (ALT, em UI/mL) em amostras sanguíneas de juvenis de pacamã alimentados com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja na dieta

Variáveis	Categorias	Níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de soja				
		0%	25%	50%	75%	100%
AST*	P	5,21±4,79 ^B	6,85±7,72 ^B	2,96±2,72 ^B	7,73±5,67 ^{AB}	20,79±32,01 ^{AB}
	M	10,83±8,63 ^{AB}	10,70±12,67 ^{AB}	2,60±2,17 ^B	7,30±5,78 ^{AB}	31,44±27,52 ^{AB}
	G	13,58±20,69 ^{AB}	6,88±6,71 ^B	10,35±6,34 ^{AB}	4,76±2,52 ^B	53,21±43,05 ^A
ALT*	P	1,31±1,83 ^D	3,75±4,77 ^{BCD}	1,51±2,50 ^D	2,64±2,86 ^{BCD}	22,81±31,71 ^{ABC}
	M	5,22±6,70 ^{BCD}	2,50±2,80 ^{CD}	0,34±0,64 ^D	3,35±4,52 ^{BCD}	29,93±36,45 ^{AB}
	G	3,76±5,10 ^{BCD}	2,52±3,50 ^{CD}	6,33±6,58 ^{ABCD}	1,45±2,07 ^D	33,31±27,55 ^A

Médias seguidas de letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P>0,05).

*Médias transformadas por log10.

Metón et al. (1999) verificaram que dietas com alta concentração de proteína e baixa concentração de carboidratos levam a um aumento na atividade das enzimas ALT e AST. Segundo esses autores, isso denota um eficiente uso dos aminoácidos da dieta para o crescimento e como substrato para gliconeogênese. Ademais, Pelletier et al. (1994), observaram uma correlação entre as atividades glicolíticas, sinalizadas pelas atividades de fosfofrutoquinase e piruvato quinase com a taxa de crescimento muscular em bacalhau do atlântico (*Gadus morhua*). Os autores afirmam que as enzimas implicadas no metabolismo de aminoácidos alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST) e glutamato desidrogenase têm sua atividade aumentada quando a taxa de crescimento é elevada. Sánchez-Muros et al. (1998), associaram a alta atividade da ALT ao aumento da gliconeogênese no jejum.

Li et al., (2012) relataram uma diminuição da atividade das enzimas AST e ALT no fígado quando foram fornecidas dietas com incremento de farelo de soja para juvenis de robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*). Esse resultado coincide com os encontrados por com Lin e Luo, (2011) para tilápia do nilo (*O. niloticus*) e tilápia aurea (*O. aureus*); Hansen et al. (2007), para bacalhau do atlântico (*Gadus morhua L.*). De acordo com Trenzado et al. (2006), essa diminuição pode ser indicativa de uma metabolização protéica insuficiente para aumentar o nível de aminoácidos no plasma e, conseqüentemente, a atividade dessas enzimas.

6. CONCLUSÃO

Neste experimento não houve evidências de que uma substituição parcial ou completa de farinha de peixe por farelo de soja afete de forma negativa o desempenho e a saúde de juvenis de pacamã (*L. alexandri*), dentro de um período de 69 dias, demonstrando que esses animais são capazes de metabolizar satisfatoriamente proteínas de origem vegetal.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio financeiro concedido a este trabalho e ao Laboratório de Aquacultura da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) pela estrutura utilizada para a realização dessa pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, M. C. C.; PERET, A. C. Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco River in Três Marias, MG, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.64, p.195-202, 2004.

AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18 ed. 4 rev. Gaithersburg: MD, USA, 2011. 1505p.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E. et al. Atividade amilolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.43-48, 2003.

BARCELLOS, L. J. G.; SOUZA, S. M. G.; WOEHT, V. M. Estresse em peixes: fisiologia da resposta ao estresse, causas e consequências (revisão). *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 99-111, 2000.

BARCELLOS, L. J. G.; KREUTZ, L. C.; RODRIGUES, L. B. et al. Haematological and biochemical characteristics of male jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy e Gaimard Pimelodidae): changes after acute stress. *Aquaculture Research*, v. 34, p. 1465-1469, 2003.

BELL, J. G.; HENDERSON, R. J.; TOCHER, D. R.; SARGENT, J. R. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil; modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids*, v. 39, p. 223–232, 2004.

BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. *Aquaculture Research*, v.40, p.486-495, 2012.

BISWAS, B. K.; JI, S. C.; BISWAS, A. K. et al. Dietary protein and lipid requirements for the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* juvenile. *Aquaculture*, v. 288, p. 114–119, 2009.

BOLLIET, V.; CHEEWASEDTHAM, C.; HOULIHAN, D. et al. Effect of feeding time on digestibility, growth performance and protein metabolism in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: interactions with dietary fat levels. *Aquatic Living Resources*, v.13, p.107-113, 2000.

BOYD, C. E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1990. 482p.

BRANDÃO, F.R.; Gomes L. C.; Chagas, E. C. et al. Densidade de estocagem de matrinxã (*Brycon amazonicus*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.3, p. 299-303, 2005.

BRITSKI, H. A.; J. C. GARAVELLO. Two new southeastern Brazilian genera of Hypoptopomatinae and a redescription of *Pseudotocinclus* Nichols, 1919 (*Ostariophysa*, *Loricariidae*). In: *Papéis Avulsos de Zoologia*, 1984. V.35: p. 225-241.

BUTOLO, J. E. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. 1.ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430p.

CARDOSO, E. L.; CHIARINI-GARCIA, H.; FERREIRA, R. M. A.; POLI, C .R. Morphological changes in the gills of *Lophiosilurus alexandri* exposed to un-ionized ammonia. *Journal of Fish Biology*, v.49, p.778-787, 1996.

CHEN, W.; AI, Q.; MAI, K. et al. Effects of dietary soybean saponins on feed intake, growth performance, digestibility and intestinal structure in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, v. 318, p. 95-100, 2011.

COLES, S. L. Colonization of Hawaiian reef corals on new and denuded substrata in the vicinity of a Hawaiian power station. *Coral Reefs*, v. 3, p. 123–130, 1984.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y. et al. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.68-87, 2010.

DE FRANCESCO, M.; PARISI, G.; MEDALE, F. et al. Effect of long term feeding with a plant protein mixture based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v. 263, p. 413-429, 2004.

DENG, J.; MAI, K.; AI, Q. et al. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, v. 258, p. 503-513, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54780/1/SDC244.pdf>; e <https://www.embrapa.br/semiario/pesquisa-e-desenvolvimento>. Acesso em: 25 jun. 2014.

EL-SAYDY, D. M. S. D.; GABER, M. M. A. Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.33, p.297-306, 2002.

ESCAFFRE, A. M.; KAUSHIK, S.; MAMBRINI, M. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with soy protein concentrate. *Aquaculture*, v.273, p.127–138, 2007.

ESPE, M.; LEMME, A.; PETRI, A. et al. Can Atlantic salmon grow on diets devoid of fish meal?. *Aquaculture*, v.255, p.255-262, 2006.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. Rome: FAO, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm>. Acesso em: 02 set. 2014.

FERNANDES, R.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Pesque-pague: negócio ou fonte de dispersão de espécies exóticas?. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.25, p.115-120, 2003.

FERNANDES, T. F.; ELEFThERIOU, A.; ACKERFORS, H. et al. The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, v.17, p.181-193, 2001.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, v.199, p.197-227, 2001.

GAYLORD, T. G.; TEAGUE, A. M.; BARROWS, F. T. Taurine supplementation of all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society*, v.37, n.4, p. 509–517, 2006.

GOEDE, R. W.; BARTON, B. A. Organismic indices and an autopsy-based assessment as indicators of health and condition in fish. In: American Fisheries Society Symposium, v.8. 1990. *Biological indicators of stress in fish*. p.93-108.

GUIMARÃES, I. G. *Vitamina A em dietas para Tilápia do Nilo*. 2009. 92f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

HANSEN, A. C.; ROSENLUND, G.; KARLSEN, Ø. et al. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I- Effects on growth and protein retention. *Aquaculture*, v.272, p.599–611, 2007.

HEGAZI, M. M.; ATTIA, Z. I.; HEGAZI, M. A. M.; HASANEIN, S. S . Metabolic consequences of chronic sublethal ammonia exposure at cellular and subcellular levels in Nile tilapia brain. *Aquaculture*, v. 299, p. 149–156, 2010.

HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, v. 8, p. 175-194, 2002.

HEMRE, G. I.; KARLSEN, Ø.; MANGOR-JENSEN, A.; ROSENLUND, G. Digestibility of dry matter, protein, starch and lipid by cod, *Gadus morhua*: comparison of sampling methods. *Aquaculture*, v. 225, p. 225–232, 2003.

HOAR, W. S.; RANDALL, D. J. (Ed.). *Fish Physiology*. Volume VI: Environmental Relations and Behavior. New York and London: Academic Press, 1971. 559p.

IBAMA *Estatística da pesca 2007*. Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 151p. Disponível em : http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7S6OorRX1_IJ:www.ibama.gov.br/phocadownload/category/40%3Fdownload%3D4156%253Aestatistica-pesqueira+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em 15 ago. 2014.

IFFO - International Fishmeal and Fish Oil Organisation. *The Facts, Trends and IFFO's Responsible Supply Standard*, 2011: Disponível em: http://www.iffonet/system/files/FMFOF2011_0.pdf. Acesso em: 02 set. 2014.

IMANPOOR, M. R.; BAGHERI, T. Effects of replacing fish meal by soybean meal along with supplementing phosphorus and magnesium in diet on growth performance of Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Fish Physiology and Biochemistry*. v. 38, p. 521-528, 2011.

IMRE, I.; BOISCALAR, D. Age effects on diel activity patterns of juvenile Atlantic salmon: parr are more nocturnal than young-of-the-year. *Journal of Fish Biology*, v.64, p.1731-1736, 2004.

IWASHITA, Y.; SUZUKI, N.; MATSUNARI, H. et al. Influence of soya saponin, soya lectin, and cholytaurine supplemented to a casein-based semipurified diet on intestinal morphology and biliary bile status in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, v. 75, n. 5, p. 1307–1315, 2009.

JACKSON, A. Fishmeal and Fish Oil and its role in Sustainable Aquaculture. *International Aquafeed*, 2012. v. 15, n.1, p.18-21.

JOBLING, M. Environmental factors and rates of development and growth. In: HART, P.J.B.; REYNOLDS, J.D. (Eds). *Handbook of fish biology and fisheries: Fish biology* Blackwell, USA, 2002. p.97-122.

JOHANSEN, R.; RANHEIM, T.; HANSEN, M. K. et al. Pathological changes in juvenile Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* persistently infected with nodavirus. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 50, p. 161–169, 2002.

KADER, A.; BULBUL, M.; KOSHIO, S. et al. Effect of complete replacement of fishmeal by dehulled soybean meal with crude attractants supplementation in diets for red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, v.350–353, p.109–116, 2012.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Eds.). *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5 ed. New York: Academic Press, 1997, 923p.

KHAN, M. A.; JAFRI, A. K.; CHADHA, N. K.; USMANI, N. Growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing oilseed meals: partial or total replacement of fish meal with soybean meal. *Aquaculture Nutrition*, v.9, p. 391-396, 2003.

KISSIL, G. W.; LUPATSCH, I.; HIGGS D. A.; HARDY, R. W. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fishmeal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture Research*. v.31, p.595-601, 2000.

KUMAR, V.; MAKKAR, H. P. S.; AMSELGRUBER, W.; BECKER, K. Physiological, haematological and histopathological responses in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings fed with differently detoxified *Jatropha curcas* Kernel meal. *Food and Chemical Toxicology*, v.48, p.2063–2072, 2010.

KUZ'MINA, V. Classical and modern concepts in fish digestion. In: CYRINO, J.E.P.; BUREAU, D.P.; KAPOOR, B.G. (Eds.) *Feeding and digestive functions of fishes*. Nova Hampshire: Science Publishers, 2008. p.85-154.

LENHARDT, M. Seasonal changes in some blood chemistry parameters and in relative liver and gonad weights of pike (*Esox lucius* L.) from the River Danube. *Journal of Fish Biology*, v. 40, n. 5, p. 709-718, 1992.

LINS, L. V.; MACHADO A. B. M.; COSTA C. M.; HERRMAN, G. *Roteiro Metodológico para Elaboração de Listas Vermelhas de Espécies Ameaçadas de Extinção*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1997. 55p.

LIN, S.; LUO, L. Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Animal Feed Science and Technology*, v. 168, p. 80-87, 2011.

LOPÉZ-VÁSQUEZ, K. *Variação circadiana da atividade das enzimas digestivas amilase, maltase, protease e lipase em juvenis de tambaqui (Colossoma macropomum Cuvier), 1818*. 2001. 66f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

LUNGER, A. N; MCLEAN, E.; CRAIG, S. R. The effects of organic protein supplementation upon growth, feed conversion and texture quality parameters of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, v.264, p. 342–352, 2007.

MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y. et al. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, v.146, p.109-119, 1996.

MCDONALD, D. G.; MILLIGAN, C. L. Chemical properties of the blood. In: HOAR, W. S.; RANDALL, D. J.; FARREL, A. P (Eds) *Fish Physiology*. San Diego: Academic Press, 1992. v. XII.B, p.55-134.

MCGOOGAN, B. B.; GATLIN III, D. M. Dietary manipulations affecting growth, digestive enzyme activity and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus* II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding levels. *Aquaculture*. v. 182, p.271-285, 2000.

MCGOOGAN, B. B.; GATLIN, D. M. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture*, v.182, p.271- 285,2003.

MELO, J. F. B. *Digestão e metabolismo de Jundiá Rhamdia quelen submetido a diferentes regimes alimentares*. 2004. 80f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MELO, J. F. B.; LUNDSTEDT, L. M.; METÓN, I.; BAANANTE, I. V.; MORAES, G. Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, v.145, p.181–187, 2009.

METÓN, I.; MEDIAVILLA, D.; CASEARAS, A. et al. Effect of diet composition on ration size on key enzyme activities of glycolysis-gluconeogenesis, the pentose phosphate pathway and amino acid metabolism in liver of gilthead sea bream (*Sparus aurata*)., *British Journal of Nutrition*, v.82, p.223-232, 1999.

MEURER, F.; OLIVEIRA, S. T. L.; DOS SANTOS, L. et al. Níveis de oferta de alimento vivo para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). *Revista brasileira de ciências agrárias*, v. 7, n. 24, p.360-364, 2010.

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - 2011*. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura. 60p. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf. Acesso em: 17 ago. 2014.

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

OPSTVEDT, J.; AKSNES, A.; HOPE, B.; PIKE, I. H. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. *Aquaculture*, v. 221, p. 365-379, 2003.

PEDREIRA, M. M.; SANTOS, J. C. E.; SAMPAIO, E. V. et al. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p.1144-1150, 2008.

PELLETIER, D.; DUTIL, J.D.; BLIER, P.; GUDERLEY, H. Relation between growth rate and metabolic organization of white muscle, liver and digestive tract in cod, *Gadus morhua*. *Journal of Comparative Physiology Part B*, v.164, p.179-190, 1994.

PHUMEE, P.; WEI, W. Y.; RAMACHANDRAN, S.; HASHIM, R. Evaluation of soybean meal in the formulated diets for juvenile *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). *Aquaculture Nutrition*, v.17, p. 214–222, 2011.

PRATOOMYOT, J.; BENDIKSEN, E. Å.; BELL, J. G.; TOCHER, D. R. Effects of increasing replacement of dietary fishmeal with plant protein sources on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, v.305, p.124–132, 2010.

QUINTON, C. D.; KAUSE, A.; KOSKELA, J.; RITOLA, O. Breeding salmonids for feed efficiency in current fishmeal and future plant-based diet environments. *Genetics Selection Evolution*, v. 39, p. 431-446, 2007.

REDDY, P. K.; LEATHERLAND, J. F. Stress Physiology. In: LEATHERLAND, J.F.; WOO, P. T. K. (Eds) *Fish diseases and disorders*. Oxford, UK: CABI Publishing, 1998. v. 2, p. 279-301.

REFSTIE, S.; KORSØEN, Ø. J.; STOREBAKKEN, T. et al. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*, v.190, p.49–63, 2000.

ROPPA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2007 a 2015. In: engormix.com: pecuária de corte: artigos técnicos, 2009. Disponível em: <http://pt.ergomix.com/MA-pecuaria-corte/artigos/perspectivas-producao-mundial-carne_140.htm>. Acesso em: 15 ago. 2014.

SÁ, R.; POUSÃO-FERREIRA, P.; OLIVA-TELES, A. Dietary protein requirement of white sea bream (*Diplodus sargus*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, v.14, p.309-317, 2008.

SAJJADI, M.; CARTER, C. G. Dietary phytase supplementation and the utilisation of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a canola-meal-based diet. *Aquaculture*, v.240, p.417 – 431, 2004.

SALZE, G.; MCLEAN, E.; BATTLE, P. R. et al. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, v.298, p.294-299, 2010.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; GÁRCIA-REJÓN, L.; GÁRCIA-SALGUERO, L., et al. A. Long-term nutrition effects on the primary liver and kidney metabolism in rainbow trout. Adaptive response to starvation and high-protein, carbohydrate-free diet on glutamate dehydrogenase and alanine aminotransferase kinetics. *Biochemistry e Cell Biology*. v. 30, p. 55-63, 1998.

SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; NUÑER A. P. O. et al. Padrões reprodutivos de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO H. P.; GODINHO A. L. (Eds). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 229-274.

SEAL, C. J.; PARKER, D. S. Inter-organ amino acid flux. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Farm animal metabolism and nutrition*. Edinburgh: CAB International, 2000. c. 3, p. 49-63.

SHEARER, K. D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, v. 119, p. 63-88, 1994.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L. et al. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, v.35, p.421-463, 2012.

SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. A framework for the study of macronutrient intake in fish. *Aquaculture Research*, v.32, p.421-432. 2001.

SONG, Z.; LI, H.; WANG, J. et al. Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle composition of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture*, v. 426-427, p. 96-104, 2014.

SOUZA, C. R.; CAMPECHE, D. F. B.; QUEIROZ, A. C. S. et al. Perfil glicêmico do pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) no período de 24 horas. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, n. 3, 2010, Petrolina. *Palestras...* PETROLINA: UNIVASF, Petrolina, 2010.

TACON, A. G. J. Salmon aquaculture dialogue: Status of information on salmon aquaculture feed and the environment. *International Aquafeed*, v.8, p.22-37, 2005.

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

TACON, A. G. J.; HASAN, M. R.; METIAN, M. (2011). *Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans* -Trends and prospects. In: FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER. Rome: FAO, 2011. p.564.

TAKAGI S. T.; HOSOKAWA H.; SHIMENO S.; UKAWA M. Utilization of poultry by-product meal in a diet for red sea bream *Pagrus major*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, v.66, p.428–438, 2000.

TAKAGI, J.; ERICKSON, H. P.; SPRINGER, T. A. C-terminal opening mimics “inside-out” activation of integrin $\alpha 5\beta 1$. *Nature Structural e Molecular Biology*, v. 8, p.412–416, 2001.

TANTIKITTI, C.; SANGPONG, W.; CHIAVAREESAJJA, S. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, v.248, p.41-50, 2005.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Haematological and biochemical reference intervals for farmed channel catfish. *Journal of Fish Biology*, v. 71, p. 383-388, 2007.

TAVARES-DIAS, M.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L. et al. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. In: SARAN-NETO, A.; MARIANO, W. S.; POZZOBON-SORIA, S. F. *Tópicos Especiais em Saúde e Criação Animal*. 1. ed. São Carlos: Pedro e João Editores, 2009. c. 3, p. 43-80.

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 alimentos. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, p. 305-309, 2006.

TRAVASSOS, H. Nótula sobre o pacamã, *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876. *Atas Soc. Biol. Rio de Janeiro*, v.4, n.3, p.1-2, 1959.

TRENZADO C. E.; MORALES A. E.; HIGUERA M. Physiological effects of crowding in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, selected for low and high stress responsiveness. *Aquaculture*, v.258, p.583–593, 2006.

TWIBELL, R. G.; WILSON, R. P. Preliminary evidence that cholesterol improves growth and feed intake of soybean mealbased diets in aquaria studies with juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, v. 236, p. 539–546, 2004.

URBINATI, E. C., CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M. et al. (Eds.) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2004. p.171-193.

VAN DEN INGH, T. S. G. A. M.; KROGDAHL, Å.; OLLI, J. J. et al. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*): a morphological study. *Aquaculture*, v.94, p.297–305, 1991.

VIEIRA, V. P.; INOUE L. A.; MORAES G. Metabolic responses of matrinxa (*Brycon cephalus*) to dietary protein level. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A*, v. 140, n. 3, p. 337-342, 2005.

VILHELMSSON, O.T.; MARTIN, S.A.M.; MEDALE, F. et al. Dietary plant-protein substitution affects hepatic metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, v.92, p.71-80, 2004

WANG, S.; LIU, Y-J.; TIAN, L-X. et al. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture*, v. 249, p. 419-429, 2005.

ZHANG, Y. C.; LI, D. F.; FAN, S. J. et al. Effects of casein and protein-free diets on endogenous amino acid losses in pigs. *Journal of Animal Science*, v. 15, n. 11, p. 1634–1638, 2002.

ZHOU, Q-C.; WU, Z-H.; CHI, S-Y.; YANG, Q-H. Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, v. 273, n. 4, p. 634-640, 2007.

ZWEIG, R. D.; MORTON, J. D.; STEWART, M. M. *Source water quality for aquaculture*. Washington: Word Bank, 1999. 62 p.